



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



"Índice de producción de huevos, reclutamiento reproductor y distribución de la biomasa de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* en el frente costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México"

Tesis que para obtener el grado de

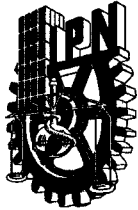
**MAESTRO EN CIENCIAS
con Especialidad en Manejo de Recursos Marinos**

Presenta

EDGAR ALCÁNTARA RAZO

**Departamento de Pesquerías y Biología Marina
Director de Tesis: Dr. Daniel Lluch Belda**

La Paz, B.C.S. Abril del 2005



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 11:00 horas del día 30 del mes de Junio del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"INDICE DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS, RECLUTAMIENTO REPRODUCTOR Y DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA DE CAMARÓN AZUL (*Litopenaeus stylirostris*) EN EL FRENTE COSTERO DE AGIABAMPO, SONORA-SINALOA, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

ALCANTARA
Apellido paterno

RAZO
materno

EDGAR
nombre(s)

Con registro:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 9 | 3 | 0 | 6 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. DANIEL LLUCH BELDA

PRESIDENTE

DR. AGUSTIN HERNANDEZ HERRERA

SECRETARIO

MC. JOAQUIN ARVIZU MARTINEZ

SEGUNDO VOCAL

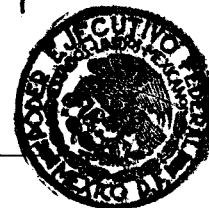
DR. SALVADOR EMILIO LLUCH COTA

TERCER VOCAL

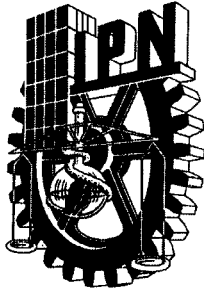
DR. EUGENIO ALBERTO ARAGON NORIEGA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 02 del mes Agosto del año 2004, el (la) que suscribe EDGAR ALCANTARA RAZO alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B930667 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. DANIEL LLUCH BELDA y cede los derechos del trabajo titulado: **"INDICE DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS, RECLUTAMIENTO REPRODUCTOR Y DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA DE CAMARZÓN AZUL (*Litopenaeus stylirostris*) EN EL FRENTE COSTERO DE AGIABAMPO, SONORA-SINALOA, MÉXICO"** al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: earazo04@cibnor.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


EDGAR ALCANTARA RAZO
nombre y firma

*“Es más fácil dividir o
desintegrar un átomo
que cambiar una idea
previa o un prejuicio”*

Albert Einstein

Dedicatoria:

A Silvia

Amiga, Confidente, Esposa y Madre

Gracias por tu amor, apoyo y empeño para culminar esta etapa en mi vida, estoy seguro que de no haber estado a mi lado no lo hubiera logrado, tus palabras de aliento siempre han resonado en mi cuando las he necesitado.

A mis Hijas Ana Silvia y Estefanía

Mis otras mujeres en mi vida, razón de mi existir y motivo constante de lucha por superarme, sin Ustedes nada tiene sentido.

A mi Madre

Pilar central en nuestra familia, mujer llena de vitalidad y fortaleza para ser siempre guía de sus hijos, gracias por enseñarme a amar y ver que siempre hay motivos en la vida por los cuales luchar.

A mi Padre

Hombre del que no solo me siento orgulloso sino al que admiro, amigo y mejor maestro de quien he recibido siempre las mejores enseñanzas.

A mis Hermanos

Como agradecer el contar con ustedes, Oscar, Gaby, Vero y Moni, la vida no hubiera sido la misma sin su amor y apoyo incondicional, enojos, peleas, tardes enteras de juegos, parrandas, con ustedes aprendí a disfrutar hasta de los más mínimo y exprimirle a la vida cada minuto, gracias.

A mis Abuelitos

Hubo un hombre en la tierra que me dio todo su amor, pero que desde el cielo vela siempre mis pasos y por ello jamás ha partido pues vive en mi corazón, para ti "Buelito" Tiburcio[†]. Mi "Buelita" Antonia, chiquita pero con un enorme corazón para dar a sus nietos, incansable y siempre atenta de todos nosotros. A mi abuelito Antonio y Tía Lolita, gracias por los momentos agradables que hemos vivido. A mi abuelita Consuelo, siempre hay un momento de reflexión y nosotros lo hemos tenido.

A mis Tías y Tíos Bertha, Celia, Pily, Miguel, nunca han estado lejos de mi mente y mi corazón, gracias por todo su cariño y aliento. De igual manera a mis tíos Hilda, Pepín por su ánimo, Cachito, Chacha, Luis, Toña, Chata.

A mis Primas y Primos Yari, Tany, Liz, Mely, Johan, Toño, son desde siempre parte de mi; Gina, Lilí, Erika, Luis, Pepe, Jesús, Hermes, Mario.

A mis Sobrinitos David "Gohito", Gaelito, Jaimito de Jesús, bebés aún pero puros de corazón y a toda la demás familia, gracias también.

A mi familia que se encuentra en La Paz, mi suegra Ma. del Pilar, quien siempre me ha apoyado como a un hijo, mis cuñados Jaime, Joel y Martha quienes también tienen parte importante en esta meta por todo el afecto e interés en mi superación, a la Familia Cota Núñez gracias por su apoyo y estima.

Agradecimientos:

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la existencia y rodearme de todo lo bello de la vida.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. por darme todo el apoyo a lo largo del tiempo que he sido parte de la Institución y a través de sus proyectos de recursos propios 908-1G y 914-1

Al Dr. Daniel Lluch Belda, Director de la tesis quien tuvo una enorme paciencia y confianza conmigo y al que le he aprendido mucho, gracias por dedicarnos tiempo desde que lo conocí.

Al Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega, Codirector del trabajo, quien dirigió los proyectos (908-1G y 914-1) de los cuales se desprende esta propuesta académica y quien ha resultado ser no solo investigador y tutor sino amigo.

A los Doctores Salvador Emilio Lluch Cota y Agustín Hernández Herrera quienes enriquecieron de manera indudable con sus comentarios y críticas este trabajo y finalmente al Maestro en Ciencias Joaquín Arvizu Martínez por sus consejos.

A todo el grupo de pesquerías del CIBNOR, antiguo departamento de Fluctuaciones, Doctores Sergio Hernández Vázquez, Daniel Bernardo Lluch Cota, César Augusto Salinas Zavala, Germán Ponce Díaz por iniciar este ideal en la investigación de todos nosotros; a la Sra. Eulalia Meza por todas sus atenciones.

A la Unidad Guaymas del CIBNOR, iniciando por su Coordinadora la Dra. Juana López Martínez, al Laboratorio de Pesquerías Rufino, Eloisa, Jesús por las experiencias y apoyo como grupo; a Sara y David por sus consejos y estar siempre conmigo; Cuquita, Gustavo, Luis, Andrés; al Dr. Jorge Chávez por brindarme siempre su apoyo y amistad, y a todo el demás personal gracias.

Al Instituto Nacional de la Pesca, mediante convenio CIBNOR-INP 2001-2003. CIBNOR Unidad Guaymas, en su proyecto Evaluación de la distribución y abundancia de las especies de camarón en aguas protegidas y en el frente costero de la Bahía de Agiabampo Sinaloa-Sonora, del cual se obtuvieron los datos para el desarrollo del presente trabajo.

A la S.C.P.P. Sylvia Ramírez en Agiabampo, por todo el apoyo logístico y disponibilidad absoluta para el trabajo en campo, a todos ellos, hombres de mar, gracias.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por continuar mi formación dentro del campo de las ciencias marinas y recibir siempre la mano y

conocimientos de todos los maestros involucrados en este proceso. Además por brindarme la beca PIFI.

Dentro de esta Institución, CICIMAR, hay muchas personas que siempre me han ayudado pero quiero agradecer especialmente al C.P. Humberto Ceseña Amador, su siempre plena disposición para sacar adelante cualquier trámite.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme la beca-crédito registro: 85935 para poder realizar mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur, la "Uni", a quien no había podido agradecer públicamente la formación que en ella recibí pero que ahora tengo esa oportunidad y a todos los maestros que hicieron posible esto, gracias de corazón.

A la Generación "GAIA" amigos para siempre, Paty, Silvia, Chava, Pablo, Chucho, Pedro, Armando, José Luis, Marcelo; a Juan Pedro y Carolina quienes siempre han estado al pie del cañón empujando para lograr esta meta.

Recibí enorme apoyo en la realización del presente trabajo de muchos de ellos, no tengo palabras para darles las gracias, Juan Pedro, Salvador, Pablo, Jesús.

Como poder olvidar todos los gratos momentos y desvelos con Tere, Liliana, Daniel y todos "los enanos", gracias por recibirme en sus familias y hacerme sentir parte de ellas.

Y todos los que escapan en este momento a mi memoria una disculpa pero tienen mi agradecimiento.

ÍNDICE

| | Página |
|---|---------------|
| GLOSARIO..... | IV |
| RELACIÓN DE TABLAS..... | VII |
| RELACIÓN DE FIGURAS..... | VIII |
| RELACIÓN DE ANEXOS..... | XI |
| RESUMEN..... | XII |
| ABSTRACT..... | XIV |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Generalidades..... | 1 |
| 1.2 La pesquería: historia e importancia..... | 3 |
| 1.3 Aspectos biológicos..... | 8 |
| 1.4 Sistemática y taxonomía..... | 8 |
| 1.5 Distribución..... | 10 |
| 1.6 Fecundidad..... | 12 |
| 1.7 Talla de primera madurez..... | 13 |
| 2. ANTECEDENTES..... | 13 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 17 |
| 4. OBJETIVO..... | 18 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 19 |
| 5.1 Área de estudio..... | 19 |
| 5.1.1 Localización..... | 19 |
| 5.1.2 Características fisiográficas..... | 19 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.1.3 | Clima..... | 21 |
| 5.1.4 | Batimetría..... | 21 |
| 5.1.5 | Hidrodinámica..... | 22 |
| 5.1.6 | Sedimentos..... | 24 |
| 5.1.7 | Temperatura del mar..... | 24 |
| 5.2 | Desarrollo del muestreo..... | 29 |
| 5.2.1 | Muestreo biológico..... | 31 |
| 5.3 | Análisis..... | 32 |
| 5.3.1 | Proporción de sexos..... | 32 |
| 5.3.2 | Relaciones biométricas..... | 33 |
| 5.3.3 | Índice de producción de huevos..... | 33 |
| 5.3.4 | Talla de primera madurez..... | 36 |
| 5.3.5 | Distribución del muestreo en diferentes dominios y categorías..... | 38 |
| 5.3.6 | Estimación de biomasa y su distribución temporal por estrato..... | 38 |
| 6. | RESULTADOS..... | 39 |
| 6.1 | Índice de producción de huevos..... | 41 |
| 6.2 | Talla de primera madurez..... | 44 |
| 6.3 | Caracterización de la distribución del muestreo en diferentes dominios y categorías..... | 45 |
| 6.4 | Estimación de biomasa y su distribución temporal por estrato..... | 48 |
| 7. | ANÁLISIS..... | 49 |

| | |
|-------------------------|----|
| 8. CONCLUSIONES..... | 58 |
| 9. RECOMENDACIONES..... | 59 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA..... | 61 |
| 11. ANEXO ÚNICO..... | 71 |

GLOSARIO

Área barrida: se refiere al área calculada efectiva de arrastre, que se define como el producto de la longitud del sector por el ancho de la red “sector de barrido efectivo”

Braza: unidad de medida de profundidad que equivale a 1.852 metros.

CPUE: Captura por Unidad de Esfuerzo, referida en toneladas por embarcación.

Diagrama evolutivo: Tipo de gráfica que representa, mediante isolíneas, los valores de una variable, su localización respecto a otra (eje y) y sus cambios en el tiempo (eje x).

Escala morfocromática: referencia que utiliza características macro y microscópicas para definir los estadios de madurez en función a la forma, textura y color de la gónada.

Estrato: Intervalo referido a una profundidad P_i .

Fecundidad: capacidad de producción de huevos; número total de huevos que contiene una gónada madura próxima a desovar.

IPH: se refiere al índice de producción de huevos que es calculado a partir de la combinación de los resultados madurez, la abundancia y las tallas de los organismos, cada uno de éstos por intervalo de clase considerando además la fecundidad diferencial que existe por talla.

Kriging: método de interpolación geoestadístico que genera mapas a partir de datos irregularmente espaciados.

L₅₀: representa el reclutamiento reproductivo al 50% de las hembras maduras en la población.

Madurez: se refiere a la condición de un organismo de una determinada edad o talla para reproducirse. La información sobre madurez, en forma de porcentaje de madurez por edad o talla, se usa con frecuencia para calcular el potencial reproductor.

Petasma: estructura presente en los machos de los camarones peneidos que es empleada durante la cópula para incertar el espermatóforo.

Reclutamiento reproductor: en el presente trabajo es considerado como los organismos que se reclutan al proceso reproductivo, ver L₅₀.

Télico: estructura presente en las hembras de los camarones peneidos donde se incuba el espermatóforo.

RELACIÓN DE TABLAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabla I Escala morfocromática para determinación de la madurez gonadal de hembras de camarón azul <i>L. stylirostris</i> (adaptada de García-Gómez 1976). | 72 |
| Tabla II Número de hembras maduras e inmaduras encontradas durante todo el periodo de muestreo (enero-diciembre de 2002) en Agiabampo, Sonora-Sinaloa. | 73 |

RELACIÓN DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1 Esquema del camarón azul <i>L. Stylirostris</i> | 12 |
| Figura 2 Localización de la zona de estudio | 20 |
| Figura 3 Resultantes de la marea en la zona de estudio | 23 |
| Figura 4 Ciclo anual de temperatura en la zona de estudio a partir de mediciones en superficie con termómetros de mercurio y equipo de monitoreo autónomo en fondo, y su relación estadística | 26 |
| Figura 5 Ciclo anual de temperatura a partir de datos satelitales y comparación con registros de temperatura superficiales <i>in situ</i> | 27 |
| Figura 6 Ciclo anual de temperatura superficial en el área de estudio a partir de datos satelitales | 28 |
| Figura 7 Distribución espacial del muestreo | 30 |
| Figura 8 Composición de la muestra la distribución de tallas (en los tres casos) y estadios de madurez (últimos dos paneles), panel superior ambos sexos; panel intermedio machos y panel inferior hembras | 40 |
| Figura 9 Relación peso-longitud del camarón azul calculada con los datos generados durante el muestreo | 41 |
| Figura 10 Distribución anual de hembras maduras por madurez, abundancia, talla e índice de producción de huevos | 43 |
| Figura 11 Curva anual de producción acumulada de huevos | 44 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 12 | Curva para la estimación de la edad de primera madurez | 45 |
| Figura 13 | Distribución de la abundancia a lo largo del año por estrato de profundidad para las categorías de muestra total, machos, hembras y hembras maduras | 46 |
| Figura 14 | Distribución de la talla media de la muestra a lo largo del año por estrato de profundidad para las categorías de machos y hembras | 47 |
| Figura 15 | Distribución de la biomasa estimada (muestra) a lo largo del año por estrato de profundidad | 48 |
| Figura 16 | Integración de resultados. El panel superior muestra a la izquierda la figura 11 y a la derecha la figura 12. Se indica mediante la línea punteada horizontal el punto de 0.5 correspondiente a la mitad de la producción total anual de huevos (izquierda) y el 50% de hembras maduras en la curva de primera madurez (derecha). Los paneles intermedio e inferior izquierdos (diagramas evolutivos) muestran en contornos sombreados la biomasa (reproducción de la figura 15) y sobrepuesta la isolínea correspondiente a la distribución de las hembras por encima del L50 estimada, como lo indica la flecha, a partir de la edad de primera madurez, las regiones sombreadas indican la temporada de veda propuesta para cada uno de los dos escenarios de manejo, el que actualmente se utiliza (panel inferior) y el alternativo que se desprende de los análisis. Las gráficas de pastel en los paneles derechos indican la proporción de la biomasa total anual disponible durante los periodos de pesca para cada uno | 56 |

de los escenarios y las gráficas de barras la talla promedio de los individuos que se presentan durante esos periodos.

RELACIÓN DE ANEXOS

| | Página |
|---|---------------|
| Anexo I Formato de bitácora de muestreo en campo | 74 |
| Anexo II Formato de muestreo biológico | 75 |

RESUMEN

En términos económicos la pesquería más importante del país es la del camarón. Como una estrategia para proteger el recurso se establecen anualmente periodos de veda; la determinación exacta la realizan dependencias oficiales de gobierno y las evaluaciones generalmente se basan en factores propios del sistema de pesca (e.g. CPUE), o en el estado de la población medido de manera instantánea (e.g. presencia de hembras maduras), y pocas veces en características biológicas de las especies. Otro factor a considerar es que las especies objetivo principales del recurso camarón pertenecen a especies diferentes de los géneros *Litopenaeus* y *Farfantepenaeus*, pero todas están sujetas al mismo periodo de veda. Utilizando como caso de estudio la pesquería del Sistema Lagunar Agiabampo (SLA), realizado mediante embarcaciones menores y sustentada en una población de camarón azul (*L. stylirostris*), en este trabajo se analiza la solidez del sistema actual de vedas mediante un análisis espacio-temporal que incorpora los siguientes criterios biológicos: fecundidad, estructura de tallas, abundancia, capacidad reproductiva de la población y talla de primera madurez. Todos ellos son integrados con la finalidad de identificar periodos y profundidades que promuevan tanto la sustentabilidad del recurso, como mayores beneficios económicos para los usuarios. Para ello se realizaron 10 muestreos mensuales durante el año 2002 en la zona adyacente al SLA, utilizando una red de arrastre (chango) jalada mediante una embarcación menor (23 pies de eslora). En el campo se registró la profundidad del lance, la temperatura superficial del mar y la captura total. Una muestra de la captura se llevó al laboratorio y de cada organismo se registró longitud total, peso total, sexo y estadio de madurez (escala morfocromática). Sobre la base de la información anterior se deduce que la distribución de frecuencia de tallas poblacional muestra una sola moda centrada entre las clases 160mm-175mm, pero al segregar por sexos y madurez se observa que los machos adultos que son en su gran mayoría maduros se distribuyen predominantemente en la parte central, mientras las hembras inmaduras representan a las tallas pequeñas y las maduras a las grandes. La relación peso-longitud es definida por la ecuación

$W = 7E-6L^{3.03}$, ($r^2 = 0.96$, $P > 0.05$, $n = 501$). El 50% del potencial reproductivo efectivo de la población se alcanza integrando el índice de producción de huevos (IPH) durante los meses de abril y mayo. De manera general se reconocen en la distribución espacio-temporal dos zonas de gran concentración de organismos, una entre 4 y 6 brazas de profundidad durante los meses de abril y mayo, y otra de menor magnitud a mayor profundidad de las 8 brazas alrededor del mes de julio. Las mayores tallas, se registran a lo largo del año entre las 4 y 6 brazas. Las mayores biomásas en los meses de abril a julio (94% del total anual). Actualmente el periodo de veda oficial comprende de abril a agosto-septiembre, de acuerdo con los resultados de los meses en los que se registra la mayor actividad reproductiva, pero es también en esta época donde inciden tallas mayores a la establecida como de primera madurez (L_{50}) por lo cual el esfuerzo de captura en época de pesca se encuentra sesgado hacia organismos inmaduros y de tallas pequeñas, lo que se contrapone con las estrategias tradicionales de proteger a la porción poblacional que aún no se reproduce. Sobre esa base se propone un periodo alternativo de vedas con duración de septiembre a mayo, permitiéndose la extracción del recurso únicamente de junio a agosto. El periodo alternativo incluye tanto los meses de crecimiento de los organismos, como aquellos meses de alta actividad reproductiva, de tal forma se permite que una mayor proporción de la población alcance la madurez sexual (ya que no se están capturando durante su fase de crecimiento) y se asegura la producción del 50% o más del total anual de huevos; adicionalmente, se estaría propiciando que durante la breve temporada de pesca se capturen principalmente organismos que sobrepasan la L_{50} . En términos relativos el esfuerzo debe bajar, pero los rendimientos económicos aumentarían ya que de manera potencial se tendría acceso a 4 veces más biomasa que la que actualmente se contempla y las tallas de pesca se incrementarían alrededor de 1 a 2 categorías comerciales.

ABSTRACT

Economically, shrimp is the main Mexican fishery. Official closures are established annually aiming to protect populations and potential yields; criteria for closures are settled by governmental agencies. Stock assessment is based on fishery-dependent data and instantaneous sampling efforts (occurrence of mature females), and just occasionally on biological data. There are several concurrent target species belonging to different genera (*Litopenaeus* and *Farfantepenaeus*) and they all are affected by the same closure period. Using shrimp fishery (blue shrimp *L. stylirostris*) in Agiabampo Lagoon System (ALS) as a case study, performed by small vessels, this work compares the current spatio-temporal closure system, including fecundity, population size structure, abundance, reproductive potential and size at first maturity. These indicators are integrated in order to identify those periods and depths that may promote sustained yields and benefits. To accomplish this, 10 monthly sampling campaigns during 2002 were made along the outer margin of ALS, using a trawling net pulled by a 23 feet long vessel. Field and physicochemical data were also collected. Laboratory analyses consisted in classical morphometric measurements, sex and maturity determination (morphochromatic). Population size frequency distribution showed is unimodal, centered in 160mm-175mm. Adult males dominate the middle section of the distribution, while immature and mature females represent the left and right sides of the distribution, respectively. Length(L)-weight(W) relationship is defined by $W = 7E-6L^{3.03}$ ($r^2 = 0.96$, $P > 0.05$, $n = 501$). Half of the population's reproductive potential, as denoted by the eggs production index (EPI), is reached in April and May. Regarding the spatio-temporal distribution, two sections of high abundance (number of individuals) are relatively clear, one between 4 and 6 fathoms during April and May, and a slightly less abundant one at 8 fathoms during July. Higher female and male sizes are restricted all year round between 4 and 6 fathoms. Larger biomasses occur during April-July (94% of the total annual). Current closure season comprises from April to August-September, which is the main reproductive period (sizes $> L_{50}$); thus, fishing is affecting immature and small size organisms. This is

incoherent with traditional management strategies, where immature stock is preferentially protected. Keeping this in mind, an alternative closure season is proposed, from September to May (fishing season from June to August), thus allowing an extensive population growth and reproductive activity, such that a higher portion of the stock reaches sexual maturity and at least 50% of total annual egg production is accounted. Moreover, during this shortened closure season, catch composition would be mainly comprised by individuals $>L_{50}$. Comparatively, fishing effort would decrease, but economic benefits augment since there would be 4 times as high biomass (and potential yields) than current levels, and catch length structure slanted towards higher sizes, representing an almost 1 to 2 commercial categories increment.

1. INTRODUCCIÓN

El recurso camarón, ha contado con un manejo pesquero a la fecha, en el Pacífico Mexicano, el cual ha sido basado principalmente en indicadores poblacionales, obtenidos de datos independientes de la flota comercial y de capturas, en cuyo manejo ha prevalecido como medida principal de regulación la veda temporal. Esta regulación busca favorecer el proceso reproductivo de las especies, garantizando la continuidad de la pesquería y de las poblaciones a niveles rentables tomando en cuenta los puntos de vista biológico y económico (INP 2001).

En este estudio, se utiliza para describir el ciclo reproductivo del camarón azul *Litopenaeus stylirostris*, un nuevo índice, que incluye indicadores tales como abundancia, fecundidad y estructura de tallas. Trabajos anteriores utilizan un índice que solo incluye el porcentaje de hembras maduras, mientras que el presente estudio emplea además, el porcentaje de hembras maduras a partir del número de hembras totales.

1.1 Generalidades

México cuenta con una gran riqueza de recursos renovables. En especial los recursos pesqueros sostienen un sector socio-económico importante pero se distribuyen de manera heterogénea a lo largo de casi 10,000 km de litoral

(Hernández 1988). Particularmente la pesca en el noroeste del país, aporta entre un 50% y 65% a la captura total nacional.

A lo largo del tiempo las pesquerías han sido clasificadas de acuerdo a su volumen de captura y al valor de la producción. De esta forma las consideradas como importantes a causa de su volumen, o pesquerías masivas, son pesquerías como la de los pelágicos menores (sardina, anchoveta, macarela). Por otra parte, dentro del segundo tipo, uno de los recursos más importantes en el aspecto económico es el camarón, cuya pesquería se divide en dos regiones, la del Pacífico mexicano (incluyendo el Golfo de California) y la del Golfo de México y Caribe; a su vez cuenta con dos componentes de acuerdo a la forma de extracción, la primera de ellas se refiere a la pesquería industrial, la cual se realiza mediante embarcaciones mayores (barcos de mediano calado) conocidas como arrastreros que capturan el recurso en altamar; y la segunda que es la forma artesanal por medio de embarcaciones menores (generalmente de menos de 25 pies de eslora) que operan en zonas más costeras, bahías y esteros. Es así que la pesquería de camarón se ha consolidado en términos monetarios como la más importante del país (Polanco 1988).

En México, la pesca de camarón se compone principalmente, de especies pertenecientes a la familia *Penaeidae* (Gracia 1992). No obstante sabemos que el término camarón *per se*, incluye varias especies de diferentes familias.

De acuerdo a las regiones anteriormente mencionadas, en donde el camarón es explotado comercialmente, las principales especies objetivo pertenecen a los géneros *Litopenaeus* (*L. stylirostris*, camarón azul y *L. vannamei*, camarón blanco para el océano Pacífico y *L. setiferus*, camarón blanco, para el Golfo de México) y *Farfantepenaeus* (*F. californiensis*, camarón café y *F. brevisrostris*, camarón rojo o cristal para el océano Pacífico y *F. aztecus*, camarón café y *F. duorarum*, camarón rosado para el Golfo de México) (Aragón-Noriega 2000).

1.2 La pesquería: historia e importancia

Históricamente se considera que representa una de las actividades pesqueras más importantes de nuestro país, que se remonta al año de 1921 cuando se realizan los primeros embarques de camarón enhielado del puerto de Topolobampo, Sinaloa, hacia los Estados Unidos de Norteamérica (Hernández 1988).

Durante la siguiente década comenzaron a operar en el Pacífico mexicano, incluyendo el Golfo de California, embarcaciones de bandera japonesa que ubicaron las principales áreas de pesca del crustáceo (Magallón-Barajas 1987; López-Martínez 2000) mismo tipo que, salvo ligeras modificaciones, se mantienen en la actualidad (López-Martínez *et al.* 2000). Durante ese periodo, México incorporó a la pesquería alrededor de 17 barcos sardineros de Baja California modificados como arrastreros, hecho que se reconoce como el inicio de la pesquería de altamar por parte de la flota mexicana.

La pesquería de camarón de altamar del Pacífico mexicano alcanzó gran auge a partir de los años 1950s, sobre todo en la zona noroeste y particularmente en el Golfo de California. Su flota, considerada como una de las más importantes (tanto por el número de barcos como de empleos generados) permitió un rápido incremento en los volúmenes de captura, al menos hasta los años 1960s; seguido por una fuerte caída hasta principios de los 1970s, con signos de recuperación en los años siguientes (Magallón-Barajas 1987; López-Martínez 2000; López-Martínez *et al.* 2000).

Analizando la flota de arrastreros desde los 1950-80s, se observa un crecimiento constante en el número de embarcaciones, lo que como consecuencia originó un descenso de hasta de 30 toneladas por barco en los niveles de captura por unidad de esfuerzo. Adicionalmente, aplicando modelos de producción se han obtenido datos importantes, ya que se presentan fluctuaciones importantes en las capturas que al parecer son independientes del nivel de esfuerzo pesquero aplicado (Magallón-Barajas 1987).

Para el año de 1985, el registro de embarcaciones en el país alcanzó la cifra de 3,472 embarcaciones mayores, de las cuales 2,554 correspondieron a barcos camaroneros (73% aproximadamente); de éstos, 1,544 operaban en el litoral del Océano Pacífico, representando el 60.45% de la flota camaronera, lo que arrojó cifras extraordinarias de que un 87% de los pescadores registrados en este litoral se dedicaban a la pesca del camarón (Hernández 1988).

Posteriormente, para el año 2000 el número de embarcaciones mayores en el país se incrementó hasta alcanzar 3,566 embarcaciones, lo que significó, comparativamente al periodo de 1985, un aumento del 2.7% contando el litoral del Pacífico ahora con 2014 embarcaciones que representan el 56.48% del total en el país; hablando de embarcaciones exclusivamente camaroneras para este litoral, los estados de Sonora y Sinaloa aportan el 30.54 y 37.79% respectivamente, (SAGARPA 2001).

En el Pacífico mexicano, las capturas históricas de camarón de altamar han llegado a niveles de 25,000 toneladas para 1980 (Lluch-Belda *et al.* 1991), considerando a las principales especies de camarón explotadas en el litoral con un registro máximo de 27,000 toneladas para 1962 y un mínimo para 1953 de 7,000 toneladas aproximadamente.

Sonora y Sinaloa son de especial relevancia para la federación en cuanto a la pesca de camarón; conforman las entidades que han figurado entre los primeros lugares en el ámbito nacional en lo referente a los volúmenes de captura de algunas de las principales especies marinas explotadas, incluido camarón. En los últimos años, Sonora ha ocupado el primer lugar en producción pesquera de camarón en el país.

En el contexto mundial, diversas han sido las causas de las variaciones en el porcentaje de participación de México en la captura, pero las principales se refieren al aumento en el número de países que concurren al mercado y al incremento, en

muchos de los casos, en la producción de algunos de los países considerados como principales exportadores de camarón. Más aún, hoy día el gran aumento en los volúmenes de camarón en varios países es obtenido mediante la producción acuícola.

Es por ello que México ha ocupado diferentes lugares en las estadísticas de pesca mundiales, por ejemplo se reporta que para 1987 ocupó el décimo séptimo lugar en producción pesquera, y el octavo en el renglón de camarón. Así tenemos que durante el periodo que comprende 1983-1987, las exportaciones de este recurso generaron divisas de alrededor de los dos mil millones de dólares, siendo Estados Unidos el mercado más importante (Belsasso 1987). Cabe señalar que del consumo que tiene dicho país, tan sólo el 33% es soportado por la pesca local y el 67% restante es vía importación, de la cual México ha alcanzado desde el 18 hasta el 33% de participación en el volumen relativo de importación de los Estados Unidos. En 1995, FAO reporta que México ocupa el vigésimo octavo lugar como exportador mundial de productos pesqueros con 190,000 toneladas que representaron más de 713 millones de dólares y el vigésimo sexto sitio en el rubro económico.

Es necesario mencionar que desde 1939 surge en nuestro país un enfoque dirigido a la explotación-conservación del recurso, se implementan las primeras medidas de manejo de la pesquería que consistían en vedas espaciales (geográficas) y temporales (un periodo) (Rodríguez de la Cruz 1976). En referencia a las vedas espaciales, el objetivo con el que fueron creadas

contempla el resguardar determinados sitios, considerados como “productores-exportadores” de nuevos organismos, con el objetivo de sostener las poblaciones de las demás áreas de pesca, tal es el caso del Delta del Río Colorado, el Canal del Infiernillo y el sistema lagunar de Agiabampo (Magallón-Barajas 1987; López-Martínez 2000). Las segundas fueron concebidas persiguiendo dos objetivos, el primero proteger el camarón durante sus primeras etapas de su ciclo de vida (estadios desde postlarva hasta juveniles) dentro de bahías y lagunas costeras; y el segundo, para proteger los periodos de reproducción masiva característicos de este tipo de especies (Rodríguez de la Cruz 1976), los cuales se llevan a cabo en altamar.

El periodo actual que se establece como periodo oficial de veda en la pesquería de camarón comprende los meses de abril a agosto-septiembre (Aragón-Noriega 2000; López-Martínez 2000). La determinación de las fechas exactas se realiza mediante muestreos biológicos efectuados por las dependencias oficiales de gobierno donde se monitorea el desove masivo y en el crecimiento e intensidad del reclutamiento de organismos adultos a las diferentes zonas de pesca.

No hay que perder de vista que se trata de una pesquería multiespecífica, donde todas las especies de interés comercial se rigen por el mismo periodo, el cual normalmente se define cada temporada. La temporada inicia a mediados de septiembre o principios de octubre hasta finales de marzo o principios de abril de año siguiente.

1.3 Aspectos biológicos

Las poblaciones de camarón en el Pacífico mexicano se caracterizan por presentar reclutamientos múltiples y variables a lo largo del año, al igual que sucede con muchas otras especies tropicales (Lluch-Belda *et al.* 1991). Por lo mismo, es difícil analizar la pesquería utilizando modelos analíticos tradicionales, los cuales están basados en especies de larga vida y reclutamientos continuos, o bien, anuales discretos.

Debido a la distribución presentan los camarones Peneidos, se encuentran sujetos a variaciones ambientales muy importantes y a factores antropogénicos, tanto del medio marino como continental. Las variaciones de estos factores pueden tener distintas periodicidades, desde los ciclos diurnos y mareales; ciclos estacionales (ciclos anuales) e interanuales (el fenómeno de El Niño-La Niña), hasta variaciones de menor frecuencia (e.g. cambios decadales) (Gulland y Rothschild 1984).

1.4 Sistemática y taxonomía

El género *Penaeus* ha tenido cambios a lo largo del tiempo, se ha dividido en varios subgéneros y posteriormente algunos de esos subgéneros se han elevado a nivel de género. En 1969, Pérez-Farfante divide el género *Penaeus* en cuatro subgéneros: *Fenneropenaeus*, *Litopenaeus*, *Melicertus* y *Penaeus*. Burukovsky (1972) propone un nuevo subgénero *Farfantepenaeus* y clasifica a algunas

especies de *Melicertus* dentro de este subgénero. Debido a la importancia de las estructuras reproductivas externas e internas, Pérez-Farfante y Kensley (1997) elevan cinco subgéneros de *Penaeus* a un nivel genérico: *Farfantepenaeus*, *Fenneropenaeus*, *Litopenaeus*, *Marsupenaeus* y *Melicertus*, argumentando que la estructura del télico (abierto o cerrado) juega un papel muy importante para el éxito evolutivo.

Los camarones constituyen un grupo de crustáceos que alcanzan tallas muy diversas, desde unos milímetros hasta aproximadamente 35cm de longitud. El cuerpo de los camarones es casi siempre comprimido lateralmente, con el rostro generalmente comprimido y dentado, y el abdomen largo (más largo que el cefalotórax o cabeza). La mayor parte de las especies son bentónicas y en la fase adulta viven sobre fondos muy variados.

Jerarquía taxonómica conocida de la especie de interés (*L. stylirostris*, Fig. 1) (ITIS Report ⁽¹⁾):

| | |
|---------------------|---------------------------------|
| Phylum | Arthropoda |
| Subphylum | Crustacea |
| Clase | Malacostraca |
| Subclase | Eumalacostraca |
| Superorden | Eucaria |
| Orden | Decapoda |
| Suborden | Dendrobranchiata |
| Superfamilia | Penaeoidea |
| Familia | Penaeidae |
| Género | <i>Litopenaeus</i> |
| Especie | <i>Litopenaeus stylirostris</i> |

1.5 Distribución

La especie *L. stylirostris* (Stimpson 1871) habita en los fondos de sedimento limoso-arcilloso de la plataforma continental. Debido a ello es que la explotación del recurso se lleva a cabo sobre las poblaciones distribuidas en sedimentos blandos con gran contenido de partículas y materia orgánica en suspensión (Aragón-Noriega 2000).

1 Integrated Taxonomic Information System, National Museum of Natural History, Washington, D.C. (<http://www.itis.usda.gov/>)

La especie se encuentra distribuida de manera heterogénea en el Océano Pacífico, desde Punta Abreojos, Baja California, México hasta la provincia de Tumbes, Perú. Es considerada como la segunda especie de mayor abundancia en la porción central y norte del Golfo de California. Es la especie dominante en las lagunas, estuarios y bahías ubicadas en el norte de Mazatlán hasta el Alto Golfo de California. De igual manera se considera la especie más abundante en el litoral oeste de la península de Baja California Sur.

La abundancia espacial de la especie comienza a descender desde el norte de Mazatlán, a la altura del Río San Lorenzo, hasta la frontera con Guatemala. Generalmente, se le asocia a los estuarios, y en altamar habita profundidades que van de los 27m hasta los 47m (Rodríguez de la Cruz 1981).

Su distribución batimétrica está asociada a la reproducción, de tal forma que se tiene un rango que va desde los 8 hasta los 47m de profundidad. La especie *L. vannamei* se concentra en las partes más someras y *F. brevirostris* en lo más profundo; *L. stylirostris* y *F. californiensis* ocupan estratos intermedios.

De estas dos últimas especies se reporta que conforme el grado de madurez se incrementa, se inicia una separación por profundidad, pasando ahora el camarón azul a ocupar estratos más someros y, por el contrario, el camarón café se mueve a los estratos más profundos (Magallón-Barajas y Jaquemin 1976).

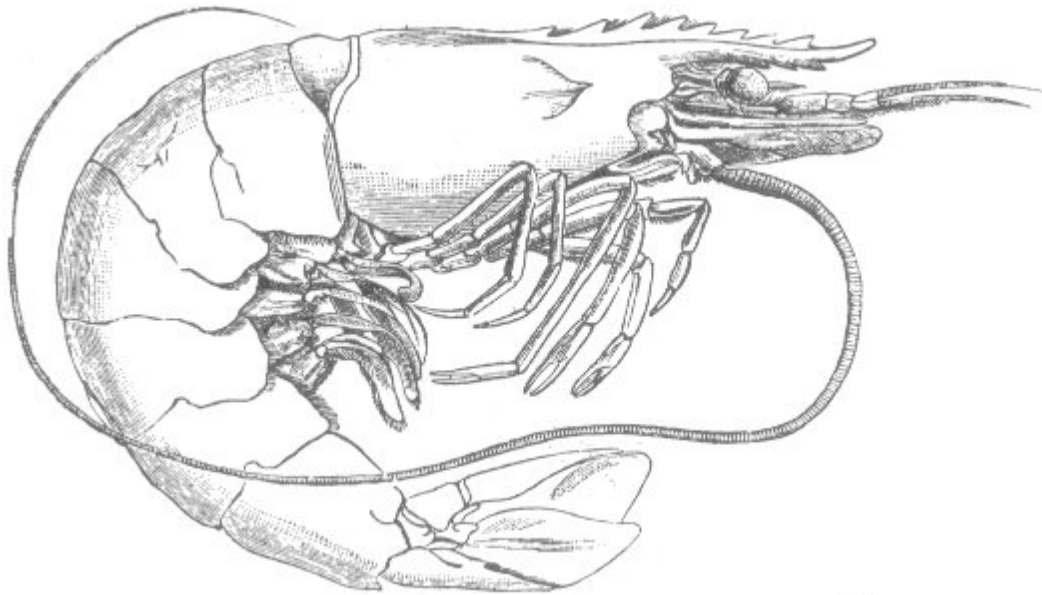


Figura 1. Esquema del camarón azul *L. stylirostris*

1.6 Fecundidad

La fecundidad se refiere al número de huevos que es capaz de producir una hembra, dicha fecundidad varía en relación a la talla del organismo. García-Gómez (1976) reportó que la condición de fecundidad es una función cúbica de la longitud; sin embargo, no debe asumirse que el 100% de los huevos producirán larvas. Rodríguez-Marín y Reprieto-García (1982) determinan que el número promedio de nauplios que una hembra silvestre puede llegar a producir bajo condiciones de laboratorio alcanza los 400,000.

1.7 Talla de primera madurez

La longitud media de primera reproducción o longitud media de madurez sexual, se puede definir como la longitud a la cual el 50% de todos los individuos están sexualmente maduros (King 1995). Para obtener la talla que representa el 50% de hembras maduras se ha empleado comúnmente una ecuación logística que relaciona la longitud de los organismos con la proporción o frecuencia relativa de madurez a cierta talla (King 1995; Leal-Gaxiola 1999; Roa *et al.* 1999).

2. ANTECEDENTES

Los datos que se utilizan para definir el modelo logístico varían en la literatura. Por ejemplo, Leal Gaxiola (1999) obtiene un modelo logístico considerando únicamente las hembras maduras y presentan los datos en forma acumulada con respecto a la longitud. Sin embargo, resulta lógico pensar que a una misma talla no todas las hembras se encuentran maduras. King (1995) menciona que se deben considerar todas las hembras de una misma talla (maduras e inmaduras) para obtener una proporción de hembras maduras y obtener el modelo logístico al relacionar esta proporción contra la talla.

Acorde a lo anterior, la mayoría de los estudios sobre aspectos reproductivos de las especies de camarón se basan sólo en el porcentaje de hembras maduras (Mathews 1981; López-Martínez *et al.* 1999; 2005; Leal-Gaxiola 1999; Leal-Gaxiola *et al.* 2001). De tal forma que tomando en cuenta sólo este porcentaje,

se ha definido el periodo reproductivo de camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) como continuo a lo largo del año (Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1995), pero con dos máximos (Mathews 1981; Leal-Gaxiola *et al.* 2001).

De igual manera, para el camarón azul se han llevado a cabo estudios basados en porcentajes de hembras maduras únicamente para la determinación de la L₅₀ (López-Martínez *et al.* 2005), en los cuales también se ha definido el periodo reproductivo para dicha especie (*Litopenaeus stylirostris*) como discreto con un máximo que comprende de abril a agosto.

García (1985) menciona que este método, en el que se emplea sólo hembras maduras, puede considerarse como un método sesgado de la reproducción de la población y debiera ser combinado con otros indicadores como los de abundancia de los adultos y fecundidad a cierta talla y estructura de tallas de las hembras maduras para cada mes del año.

Específicamente y a la fecha, estudios enmarcados al área de estudio comprendida por el Sistema Lagunar Agiabampo (SLA) y mar adyacente, generalmente han sido enfocados a organismos de tipo planctónico. Por ejemplo Licea-Durán (1971; 1974) determinó la composición de grupos y especies de diatomeas en la laguna de Agiabampo, denotando las características que presentan y los factores que afectan su distribución; Signoret de Brailovsky (1975), determinó la presencia de un ctenóforo y su comportamiento estacional y distribución en relación a factores ambientales; Zamora-Sánchez (1974) y

Zamora-Sánchez y Gómez-Aguirre (1985) reportaron una nueva especie de copépodo estableciendo sus relaciones morfológicas y ecológicas con otras especies del grupo; Rivero-Beltrán (1971) y Gómez-Aguirre y Rivero-Beltrán (1987) determinan la variación estacional de un quetognato y su relación a algunos de los factores del ambiente como contribución al conocimiento de la especie.

Por otra parte Ortega *et al.* (1986) realizaron un listado florístico inicial de la vegetación sumergida en el sistema lagunar. Toledano (1977) lleva a cabo un estudio acerca de la fauna malacológica (micromoluscos) contemplando aspectos taxonómicos y la relación con parámetros ambientales y Ayala-Castañares *et al.* (1990), realizaron un extenso trabajo sobre la morfosedimentología de la laguna de Agiabampo, contemplando, todos los aspectos sobre morfología, batimetría, sedimentos y geología.

Estudios con un enfoque más global pero enmarcando el área de Agiabampo, proponen la regionalización del Golfo de California en base a la concentración de pigmentos fotosintéticos, determinando que la región del mar adyacente al SLA y el propio sistema lagunar, aún cuando geográficamente se ubican en lo que definieron como la región central, que comprende desde el sur de las grandes islas hasta latitud de la Bahía de la Paz, extendiéndose como una franja delgada a lo largo de la costa de Sinaloa hasta los 22° Lat N., presentan un patrón de concentración pigmentaria como el de la región norte, en donde

reportan los valores más elevados del golfo (Arias-Aréchiga 1998; Lluch-Cota y Arias-Aréchiga 2000).

Recientemente se han tenido estudios enfocados directamente al grupo de camarones peneidos entre los cuales figuran el de Aguirre-Osorio y Romero-Sedano (2002), quienes abordan la caracterización del ciclo de vida del camarón café en la Bahía de Agiabampo, aportando importantes notas sobre la cuestión del papel ecológico de la especie y su tiempo de permanencia en las lagunas costeras; Alvarado-Romero (2002) llevó a cabo un estudio de factibilidad comparando el desempeño de dos tipos de arte de pesca; Manzano-Sarabia (2003) determinó la distribución y abundancia del camarón café en el SLA, mencionando aspectos relevantes acerca del papel ecológico de la especie.

De igual manera, en estudios paralelos a los del camarón en el SLA, se realizaron nuevas determinaciones de la batimetría por Urias-Laborín *et al.* (2002), resaltando la geometría, topografía y circulación. Burrola-Sánchez *et al.* (2002), llevó a cabo un estudio de simulación de la circulación por marea y viento en el Estero Agiabampo, resaltando aquella que es inducida por un campo de viento local, espacialmente constante pero variable en tiempo, que pueda servir como base para identificar zonas de retención y exclusión de camarones peneidos.

3. JUSTIFICACIÓN

La mayoría de las medidas de manejo y evaluaciones del recurso se han basado en factores propios del sistema de pesca como la CPUE, o sobre el estado de la población (por ejemplo, presencia de hembras maduras medido de manera instantánea), y pocas veces en características biológicas de la especie. En este sentido, se considera importante ampliar el enfoque incorporando otros criterios que puedan proveer mayor certidumbre en las evaluaciones y manejo de la pesquería. El presente trabajo aborda estos criterios adicionales para el caso del camarón azul (*L. stylirostris*), incorporando parámetros como la fecundidad y las diferentes formas en que puede ser representada, la estructura de tallas, la abundancia, la capacidad reproductiva de la población (índice de producción de huevos) y la talla de primera madurez. Adicionalmente, se incluye un análisis espacial y temporal de la distribución de los diferentes componentes de la población y una integración que permite asociar todas estas observaciones en la identificación de periodos y profundidades óptimas de captura para promover el uso sostenido del recurso.

4. OBJETIVO

Identificar época y zona de captura óptima de camarón azul (*L. stylirostris*) en el mar adyacente al Sistema Lagunar Agiabampo, Son, Sin., mediante la incorporación de criterios biológicos, para explorar esquemas alternativos de manejo.

Objetivos específicos

4.1 Identificar el periodo del año de captura óptima de camarón azul (*L. stylirostris*) en el mar adyacente del sistema lagunar Agiabampo, determinado por el potencial reproductivo de la población (índice de producción de huevos).

4.2 Determinar la talla de primera madurez del camarón azul (*L. stylirostris*) en el área adyacente a la Bahía de Agiabampo.

4.3 Caracterizar la distribución temporal de las tallas, abundancias, estadios de madurez y biomasa del camarón azul en el mar adyacente del sistema lagunar Agiabampo.

4.4 Integrar la localización de la época de captura óptima de camarón azul (*L. stylirostris*) en el mar adyacente del sistema lagunar Agiabampo, Sonora-Sinaloa, con los resultados de potencial reproductivo y talla de primera madurez.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

5.1.1 Localización

El SLA se encuentra en la porción oriental del Golfo de California, limitado por las coordenadas 26°05', 26°30' de Lat. N y 109°05' y 109°20' de Long. W (Ayala-Castañares *et al.* 1990). El frente costero del mar adyacente que fue utilizado en el presente estudio queda comprendido entre las coordenadas 26.1° y 26.5° de Lat. N y 109.25° y 109.4° Long. W, correspondiendo a la porción sur de Sonora y norte de Sinaloa (Fig. 2).

5.1.2 Características fisiográficas

Sephard (1937) define la costa como de carácter primario por la formación de los procesos de sedimentación terrígena de los sistemas fluviales del Mayo, Sonora, y del Fuerte, Sinaloa, los cuales han formado importantes planicies aluviales.

El SLA cubre cuenta con un área aproximada de 184km² formado por tres subsistemas o cuencas someras interconectadas. El primero de ellos, el Estero de Bacorehuis ocupa el 49% del área total, el segundo, la Bahía de Jitzámuri corresponde al 45% y el 6% restante es el tercer subsistema, el Estero Bamocha (Manzano-Sarabia 2003). El SLA cuenta con una sola boca de comunicación

permanente con el mar (Golfo de California) con una longitud de 2km aproximadamente, formada por dos barreras arenosas (Ayala-Castañares *et al.* 1990; Burrola-Sánchez *et al.* 2002).

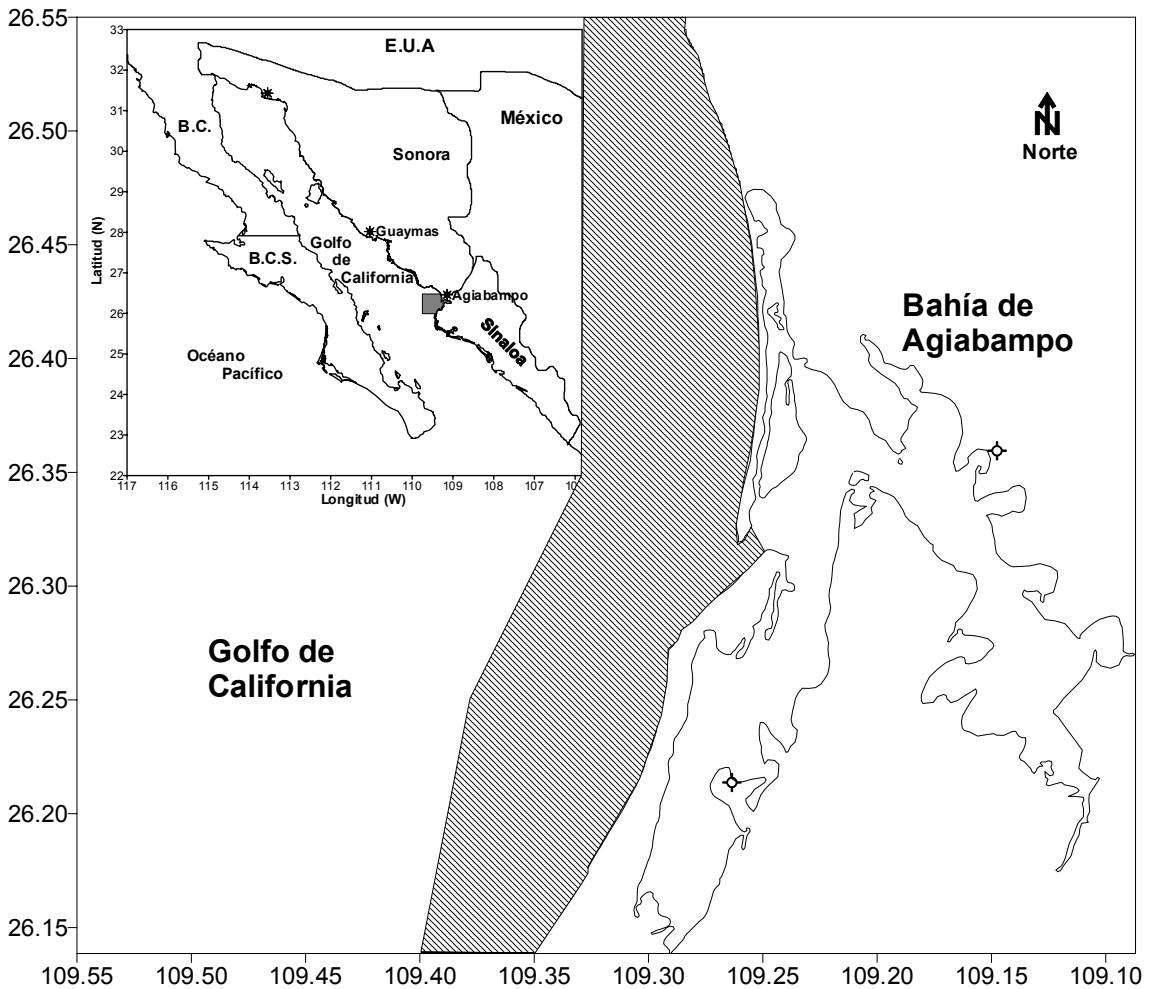


Figura 2. Localización de la zona de estudio, el sombreado representa el área accesible a la pesquería artesanal

5.1.3 Clima

El clima que caracteriza a la región es considerado semiárido, con una precipitación media anual del orden de los 300mm, una temperatura anual de 30°C, con máximas en verano de 35°C y mínimas de 10°C en invierno (Ayala-Castañares *et al.* 1990). La evaporación en la zona (2,300mm anuales) excede a la precipitación, tales condiciones y la carencia de afluentes continentales, le confieren un carácter de estuario negativo o antiestuarino (Gómez-Aguirre y Rivero-Beltrán 1987). La temperatura superficial del mar (TSM) media anual se encuentra entre los 24°C y 26°C (Manzano-Sarabia 2003) (que coincide con lo encontrado con los datos de TSM de satélite obtenidos para el área y el periodo de estudio (24.4°C)).

5.1.4 Batimetría

En general el SLA es somero, con profundidades promedio de 1.0m para la Bahía de Bamocha, 2.0m para el Estero Jitzámuri y 5.0m para el Estero de Bacorehuis (Ayala-Castañares *et al.* 1990). Recientemente se llevó a cabo recientemente un estudio batimétrico del SLA (Urias-Laborín *et al.* 2002), basado en coordenadas y correcciones por transductor y marea, determinando una batimetría irregular dominada por un sistema de bajos y canales de sección transversal estrecha y profunda que alimentan al estero Bamocha en el norte, el estero Bacorehuis al este y a la Bahía Jitzámuri al sur, cuyas áreas más someras corresponden a la cabeza de los tres subsistemas. De igual manera se

identificaron zonas de menos de 1.0m de profundidad, hasta los 16.0m cercanos a la boca del sistema y cuyo canal de comunicación hacia el mar adyacente presenta profundidades de hasta 20.0m.⁽²⁾

5.1.5 Hidrodinámica

Como otro de los objetivos del estudio que dio origen al presente trabajo de tesis, se desarrolló de manera paralela un estudio de la hidrodinámica del SLA, sin embargo dada la dificultad de llevar a cabo una campaña de medición de elevación del nivel del mar y velocidad de corrientes para la calibración y verificación adecuada de un modelo numérico, se optó por presentar una solución a corto plazo de la estimación de la circulación en función de observaciones de viento en la línea de costa del Estero Agiabampo. A partir de la serie de tiempo de elevación, se detectaron los cuatro principales armónicos para el área de estudio (Burrola-Sánchez *et al.* 2002). La figura 3 muestra un comparativo de la amplitud y fase con respecto a la marea de equilibrio del Meridiano de Greenwich. La marea se considera de tipo mixto con predominancia del tipo semidiurno.

Burrola-Sánchez *et al.* (2002) también determinaron que la componente de mayor energía corresponde a la banda de frecuencias semidiurnas con 40.8%

2 Existen otros estudios batimétricos complementarios no publicados realizados por los mismos autores que ratifican y complementan la información.

seguido por la banda de frecuencias diurnas con 28.9%, mientras que las bandas de alta (viento y oleaje local) y baja frecuencia (componentes de marea mayores a un día) representan un 16.6% y 13.5%, respectivamente, y las velocidades que pueden llegar a alcanzarse en la boca del sistema son del orden de hasta 0.42 m/s, mientras que las máximas y promedios, referidas a todo el sistema, son de 1.14 y 0.03 m/s respectivamente, las cuales son corrientes residuales (promedio temporal).

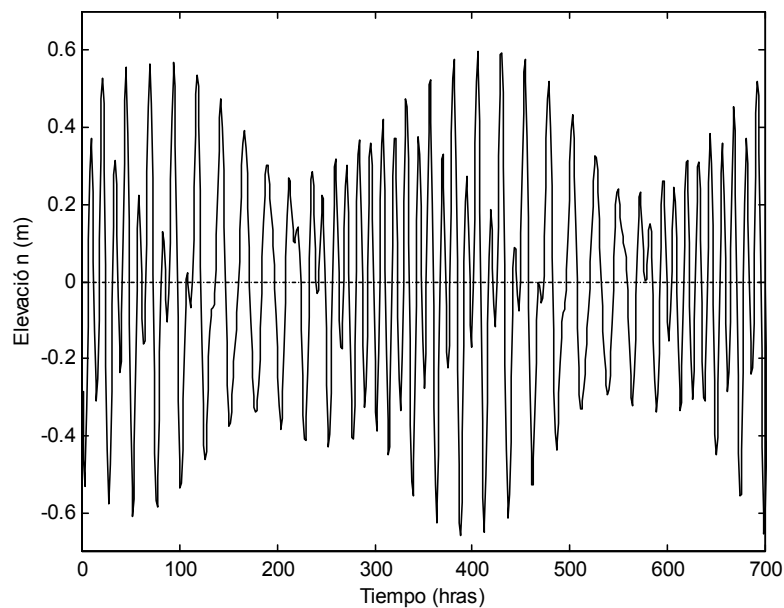


Figura 3. Resultantes de la marea en la zona de estudio

5.1.6 Sedimentos

Ayala-Castañares *et al.* (1990) identifican como grupo de sedimentos dominante al arenoso. Su distribución comprende casi la totalidad del sistema, salvo pequeñas áreas con sedimentos de otro tipo de textura. De igual manera es considerado como el principal componente que forma las playas interiores, ganchos y barreras, identificándosele en los sistemas de dunas y en los cordones litorales que forman las barreras litorales.

5.1.7 Temperatura del mar

No existen descripciones formales de la dinámica de la temperatura superficial del mar para la zona de estudio. Dado que se trata de uno de los parámetros de mayor importancia para muchos procesos biológicos, se incluye en el presente trabajo un análisis complementario de la temperatura como parte de la descripción de la zona. Para este fin, se utilizaron tres fuentes de información: a) un año de datos registrados con termómetros de mercurio de -20 a 50°C en la boca de la laguna; b) siete meses con datos registrados mediante equipo de monitoreo autónomo, Hydrolab Recorder, colocado en fondo; y c) datos de temperatura derivados de imágenes de satélite provenientes del programa CoastWatch de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA; <http://coastwatch.noaa.gov/>). La fuente primaria de los datos es el AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), por sus siglas en inglés de los satélites climáticos de órbita polar de la serie NOAA, este sensor mide la

radiancia en cinco bandas o canales con resolución de 1.1km del nadir. Los datos representan un promedio mensual durante un año de la temperatura superficial del mar tomadas por el satélite NOAA-16. Se determinó la factibilidad de utilizar información en superficie (generalmente más accesible) como indicador de la dinámica en fondo mediante una regresión lineal simple entre los registros *in situ* de temperatura en fondo y los registros en superficie (Fig. 4). El resultado muestra que existe una fuerte relación entre ambas fuentes de información ($r^2=0.98$) al menos durante el periodo analizado (Fig. 4). Más aún, dado que los datos derivados de satélite son la única fuente de información histórica disponible para evaluar el comportamiento interanual de la temperatura en la zona de estudio, se realizó una comparación entre los valores promedio mensuales de las imágenes y las mediciones *in situ* (Fig. 5). Los resultados indican que es posible utilizar la información satelital como un indicador de la dinámica de la temperatura en la zona de estudio. La figura 6 muestra la evolución anual de la distribución espacial de la temperatura en la zona. Cabe resaltar que, al igual que para otras regiones costeras del Golfo de California, los niveles de variabilidad a lo largo del año son importantes (de hasta 14°C) en comparación con otras zonas costeras. Lavín *et al.*, (2003) ofrecen una descripción más completa de la evolución anual y la variabilidad interanual de la temperatura para todo el Golfo de California.

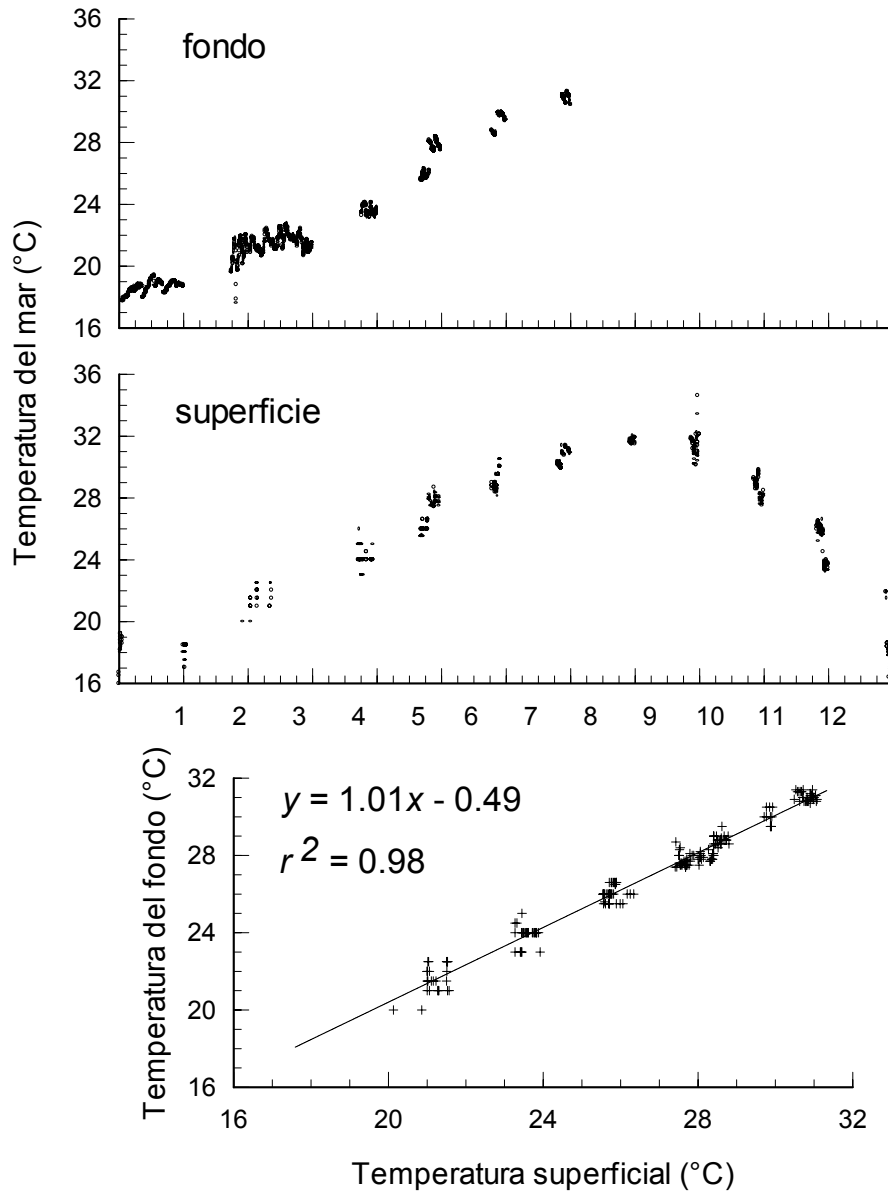


Figura 4. Ciclo anual de temperatura en la zona de estudio a partir de mediciones en superficie con termómetros de mercurio y equipo de monitoreo autónomo en fondo, y su relación estadística

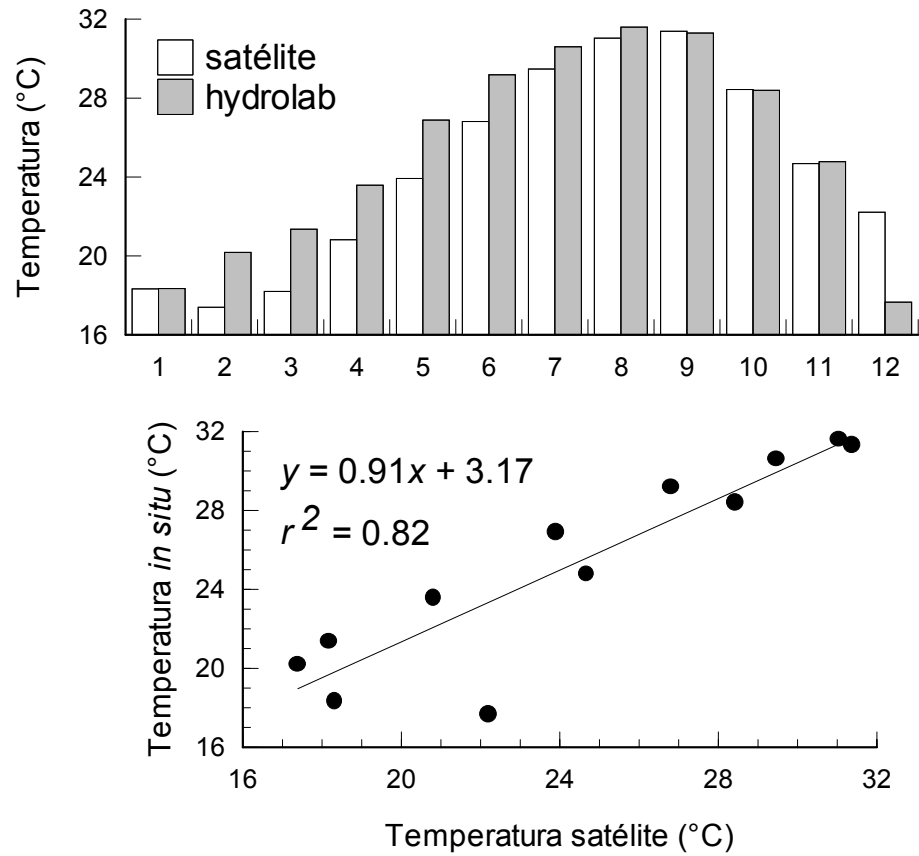


Figura 5. Ciclo anual de temperatura a partir de datos satelitales y comparación con registros de temperatura superficiales *in situ*

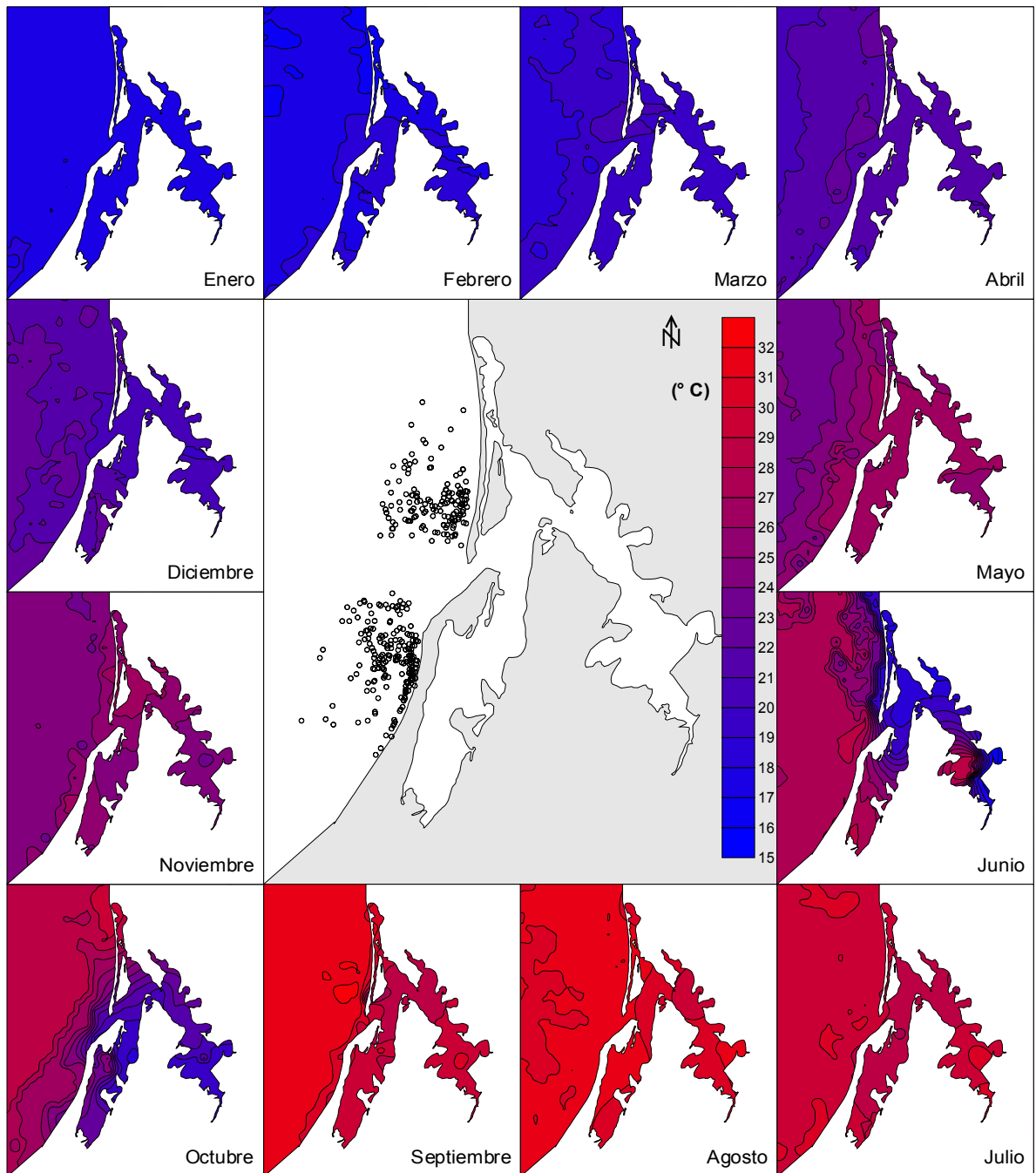


Figura 6. Ciclo anual de temperatura superficial en el área de estudio a partir de datos satelitales

5.2 Desarrollo del muestreo

El presente estudio se derivó del proyecto conjunto entre el Instituto Nacional de la Pesca (INP) y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) “Evaluación de la migración y reclutamiento de las poblaciones de camarón en aguas protegidas y en el frente costero de Sinaloa y Sonora”.

Los muestreos se realizaron cada mes durante el año 2002 exceptuando los meses de septiembre (por razones de apertura de la temporada de pesca 2002-2003) y diciembre (debido a temporada en que la producción es baja y paran las operaciones de pesca en los primeros días del mes). Las salidas se programaron tomando en cuenta dos días antes y después de los días de luna llena, haciendo un total de cinco días por mes. Se utilizaron embarcaciones menores de 23 pies de eslora, con motor fuera de borda y las muestras se obtenían mediante una red de arrastre conocida como “chango”.

La zona de muestreo se restringió al frente costero del mar adyacente al SLA, tanto al norte como al sur considerando como centro la boca del sistema. Para el muestreo se emplearon cuatro embarcaciones, dos que muestreaban hacia cada dirección (1N, 2N, 1S y 2S). Las embarcaciones barrían el área de manera simultánea, realizando dos líneas de arrastre a distintas profundidades (estratos): embarcaciones 1N y 1S de 1 a 5 brazas y embarcaciones 2N y 2S de 5 a 10 brazas (Fig. 7).

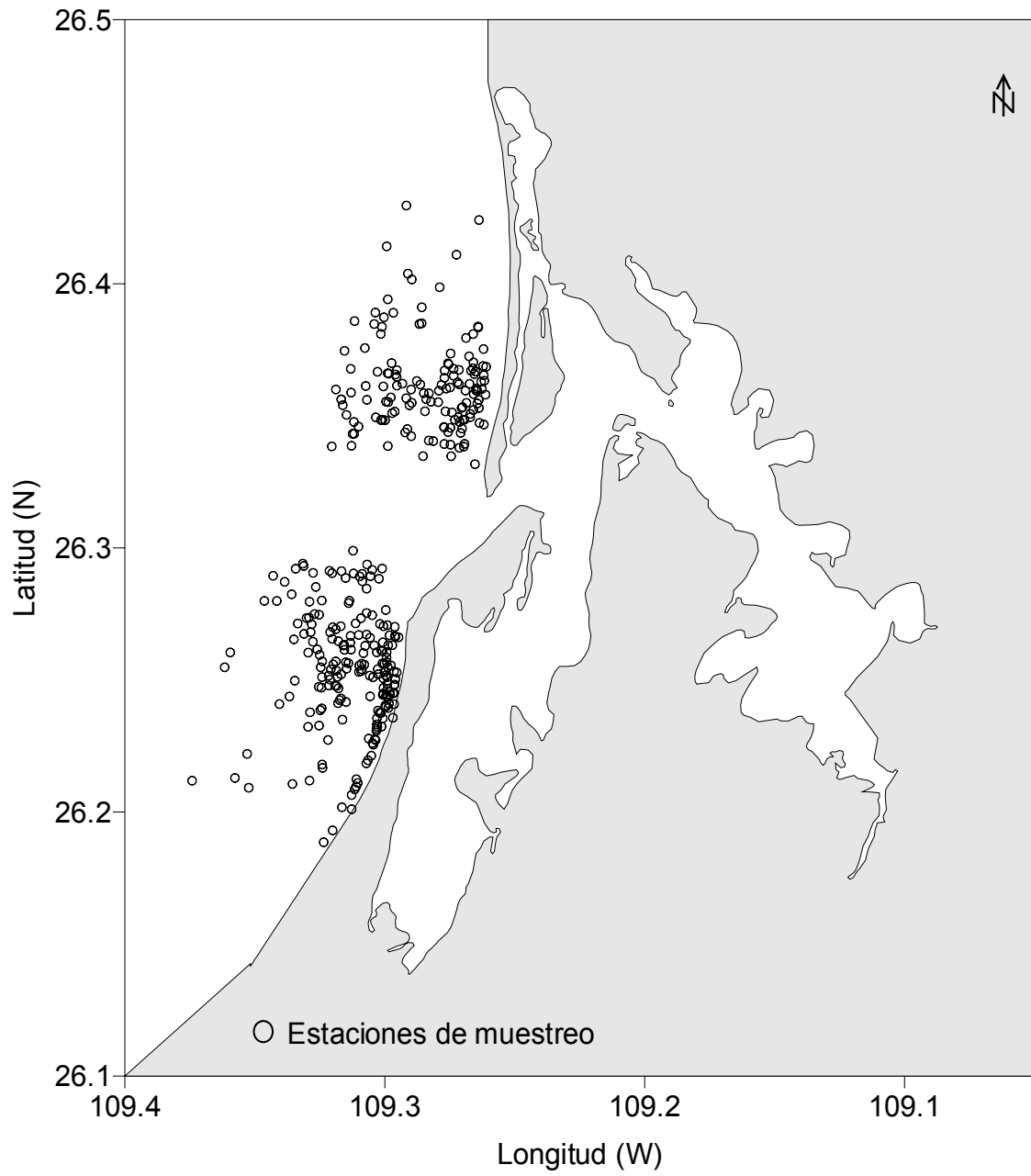


Figura 7. Distribución espacial del muestreo

Cada embarcación contaba con dos pescadores y un técnico encargado de registrar la operación de pesca en bitácoras previamente diseñadas (Anexo 1). En las bitácoras se precisa la hora de inicio y de finalización del lance, el cual era realizado durante un lapso de 15 minutos a una velocidad promedio de 2 nudos aproximadamente; se contó además con un geoposicionador Garmin modelo 12 XL para registrar la posición inicial y final. Con estos datos se calculó el área barrida (Sparre y Venema 1995). Asimismo se registró la profundidad del lance, la TSM y la captura total.

5.2.1 Muestreo biológico

Las muestras obtenidas en cada arrastre fueron separadas de manera individual en bolsas, etiquetadas y conservadas en hielo para su posterior análisis. Una vez transportadas las muestras al laboratorio, se les realizó un muestreo biológico y los datos se vaciaron en sus bitácoras correspondientes (Anexo 2); el trabajo de gabinete consistió en realizar la biometría de cada uno de los organismos tomando las medidas de longitud total (Lt), peso total (Wt), longitud de cola (longitud del camarón descabezado, Lc), peso de cola (Wc), especie, sexo y estadio de madurez, determinado de acuerdo a la escala morfocromática (García-Gómez 1976, Tabla 1); también se registraba la fecha, sitio de pesca, profundidad, técnico y arte de pesca empleado. A partir de las mediciones del muestreo biológico, se obtuvieron las distribuciones mensuales de frecuencia de tallas en función de la profundidad, sexo y estadio de madurez.

5.3 Análisis

5.3.1 Proporción de sexos

La proporción de sexos fue determinada en función al número total de hembras y machos capturados durante el periodo de muestreo. También se obtuvieron las frecuencias por categoría comercial y sus respectivos porcentajes de acuerdo al estadio de madurez.

Para determinar esto último, se obtuvo la frecuencia de madurez a lo largo del año la cual se calculó como la fracción de hembras maduras con respecto al total de hembras por mes, expresada en porcentaje como se muestra en la siguiente ecuación:

$$X_i = \frac{H_m}{H_t} (100)$$

donde:

X_i = Porcentaje de hembras maduras en el mes i

H_m = Número de hembras maduras en el mes i

H_t = Número total de hembras en el mes i .

5.3.2 Relaciones biométricas

A partir del total de individuos capturados, se determinaron las relaciones biométricas Lt-Wt divididas por sexo y para sexos combinados. Las relaciones biométricas se obtuvieron con la siguiente ecuación:

$$Wt=aLt^b$$

donde:

Wt = peso total

a = ordenada al origen

Lt = longitud total

b = pendiente

5.3.3 Índice de producción de huevos

Para la obtención del índice fue necesario contar con otros factores anteriores para la ponderación final del mismo, de esta manera se calculó el área barrida promedio por lance mediante el método propuesto por Sparre y Venema (1995), para posteriormente realizar el cálculo de la abundancia relativa por mes (organismos/Ha) para lo cual se utilizó:

$$A=(c/a)\cdot h$$

donde:

A = número de organismos/Ha

c = captura por cada arrastre, considerando solo las hembras maduras, expresado en número de organismos

a = área total muestreada, que es el producto de la abertura del arte de pesca y la distancia recorrida

h = 10,000 (factor de conversión empleado para transformar metros cuadrados a hectáreas).

La distancia recorrida se calculó por medio de la siguiente ecuación:

$$d=v \cdot t$$

donde:

d = distancia recorrida en metros

v = velocidad de arrastre (2 nudos= $0.51 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

t = tiempo de arrastre en minutos

El patrón estacional de abundancia relativa se obtuvo a partir del producto entre la frecuencia de tallas y la abundancia promedio mensuales, mediante la siguiente expresión:

$$At = ft(A)$$

donde:

At = Abundancia relativa

ft = frecuencia de ocurrencia de hembras a una talla determinada

A = Abundancia promedio mensual (organismos/Ha)

Finalmente, el índice de producción de huevos (IPH), para cada mes, se derivó a partir de la ponderación entre la abundancia promedio mensual y la fecundidad por tallas, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{IPH} = F(\text{At})$$

donde:

F = fecundidad por tallas obtenida de la función: $F = 0.0007L_t^{3.9439}$ (García-Gómez 1976).

De acuerdo a lo anterior, el IPH nos expresará el potencial reproductivo de una población de una manera más confiable que sobre la base de indicadores de manera aislada (e.g. madurez, abundancia y talla).

En nuestro caso de estudio, la figura 10 muestra los indicadores que se integraron en el IPH: la frecuencia de hembras maduras (panel superior), abundancia promedio de hembras maduras (segundo panel) y talla promedio mensual de las hembras maduras (tercer panel), cada uno de los cuales de manera aislada hubieran generado información diferente, e incluso contradictoria.

5.3.4 Talla de primera madurez

La escala morfocromática descrita en García-Gómez (1976; Tabla I) considera cuatro estadios: I inmaduro, II madurez en desarrollo, III madurez avanzada y IV desovada. La talla de primera madurez se determinó de acuerdo al siguiente protocolo metodológico:

- 1) Se agruparon los organismos inmaduros (estadios I y II) y maduros (estadios III y IV) en intervalos de longitud total de 5mm desde 50 hasta 250mm. En la Tabla II solo se presentan los intervalos de clase del 100 al 225 que es donde existen datos.
- 2) Del número total de organismos (maduros e inmaduros) de cada talla se obtuvo la proporción de los maduros en cada talla (Tabla II).
- 3) La proporción de hembras maduras en cada talla es dividida por la mayor proporción de hembras maduras encontrada en todas las tallas (Tabla II). Esto con el objetivo de representar la proporción de la población reproductiva en cada talla; asumiendo que la mayor proporción de hembras maduras en cierta talla representa el porcentaje de la población que se encuentra madura.

- 4) Finalmente se obtiene una relación entre la longitud total contra las proporciones ajustadas de cada talla y usando el modelo descrito por King (1995):

$$P = \frac{1}{1 + e^{-r(L-L_m)}} \dots\dots\dots (1)$$

de la que se obtiene

$$\ln\left(\frac{1-P}{P}\right) = rL_m - rL$$

donde:

P = proporción de hembras maduras

r = pendiente de la curva

L_m = longitud de primera madurez o longitud a la cual corresponde el 50% de las hembras ovígeras

Posteriormente se graficó $\ln\left(\frac{1-P}{P}\right)$ contra Lt.

Los parámetros se obtuvieron mediante una regresión lineal simple, considerando que:

$$r = -b \text{ y } L_m = a/r.$$

Sustituyendo los valores de r y L_m en la ecuación 1 se calculó la proporción de hembras maduras para cada talla y se restaron de las proporciones observadas. Aplicando el criterio de mínimos cuadrados a los residuos se volvió a calcular el valor de L_m por medio de iteraciones (aproximaciones sucesivas por el método de Newton) (solver; Excel-Microsoft Office®).

5.3.5 Caracterización de la distribución del muestreo en diferentes dominios y categorías

Se realizaron diferentes acomodos de la base de datos para caracterizar la distribución de las muestras en diferentes dominios y categorías. En todos los casos, las matrices de datos fueron sometidas a interpolación y representadas como isolíneas (kriging; Surfer-Golden Graphics®). En el caso de la distribución temporal de la abundancia por estrato de profundidad se consideraron las categorías de total de muestra, machos, hembras y hembras maduras, y en el caso de la distribución temporal de tallas (talla promedio) por estrato de profundidad únicamente machos y hembras.

5.3.6 Estimación de biomasa y su distribución temporal por estrato

Para observar la distribución de la biomasa en tiempo y estrato de profundidad se generó una matriz a partir de la información de talla promedio y número de organismos. La talla promedio se transformó a valores de peso sobre la base de la ecuación de peso-longitud (Fig. 9) y posteriormente se multiplicó por el

número de organismos en cada coordenada de mes y estrato de profundidad. De manera similar a la descrita en el rubro anterior, la matriz fue interpolada y representada como isolíneas.

6. RESULTADOS

La distribución de tallas de la población (Fig. 8) muestra una sola moda centrada entre las clases 160mm-175mm, con un pulso menos importante en las tallas más pequeñas, cerca de los 125mm. Al fraccionar la distribución por sexos y madurez, pueden observarse algunas diferencias con respecto al total. Los machos adultos dominan la sección central de la distribución y están prácticamente ausentes en la primera mitad de las clases más pequeñas (hasta los 155mm) y en la sección final. En contraste, las hembras inmaduras son las que representan mayormente a los individuos de menores tallas y las maduras a los más grandes. La estructura de tallas de hembras sugiere dos posibles distribuciones, una en la que predominan las menores tallas que corresponde a las inmaduras y la otra correspondiente a las maduras, que predomina en la rama izquierda de la distribución. La representatividad de machos inmaduros en las muestras es despreciable.

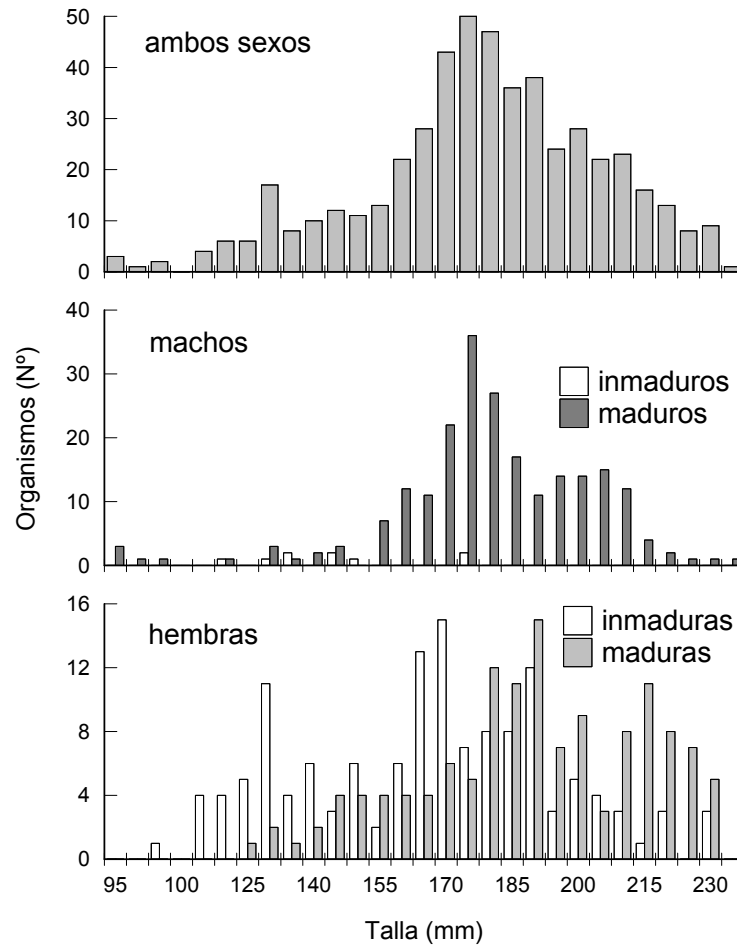


Figura 8. Composición de la muestra la distribución de tallas (en los tres casos) y estadios de madurez (últimos dos paneles), panel superior ambos sexos; panel intermedio machos y panel inferior hembras

La figura 9 muestra el ajuste del modelo potencial aplicado al total de las observaciones peso-talla. El resultado es significativo al 95% de confianza, con un coeficiente de determinación de 0.96.

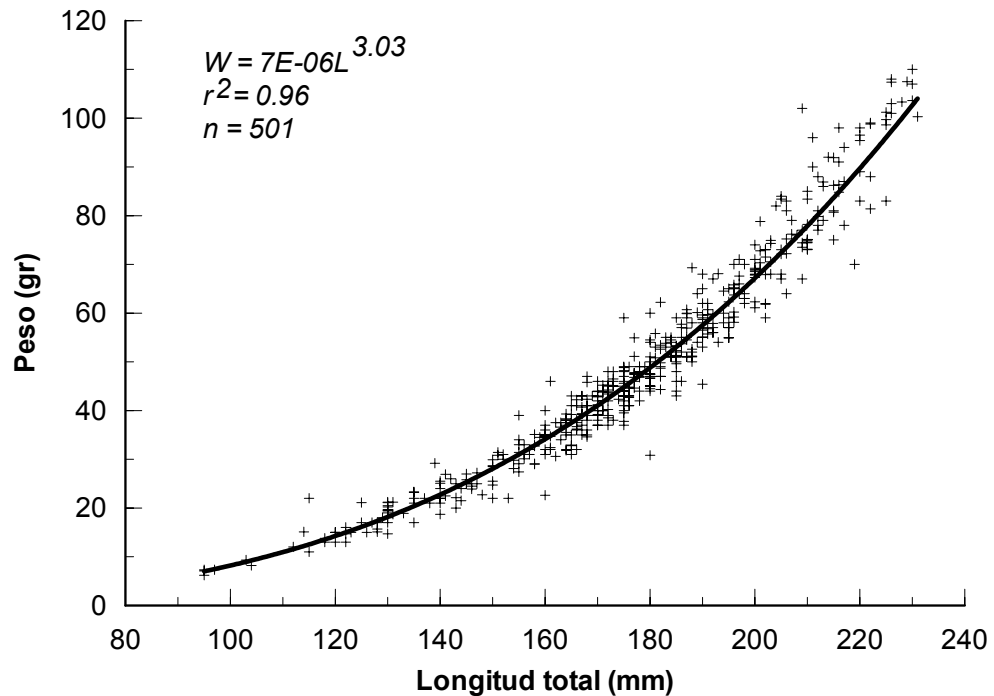


Figura 9. Relación peso-longitud del camarón azul calculada con los datos generados durante el muestreo

6.1 Índice de producción de huevos

La figura 10 muestra la evolución en el tiempo del IPH y los patrones estacionales de talla, abundancia y madurez de donde se calcula. Considérese, por ejemplo el valor del índice durante los meses de abril y octubre. En abril, se observa una abundancia cercana a la media anual, pero constituida principalmente por tallas grandes, cuya fecundidad promedio es relativamente alta. Ponderando ambas medidas, se obtiene un valor alto de IPH. Por el contrario, en el mes de octubre, a pesar de presentar los valores más altos de abundancia y madurez, el índice es menor que el de abril porque la alta

abundancia está representada sobre todo por tallas pequeñas, por consiguiente de fecundidad relativa menor.

El porcentaje acumulado de producción de huevos (Fig. 11) muestra que el 50% del potencial reproductivo efectivo de la población se alcanza integrando el IPH durante los meses de abril y mayo; y hacia final del primer semestre después de que comienza la veda, se alcanza el 75% de la producción anual de huevos.

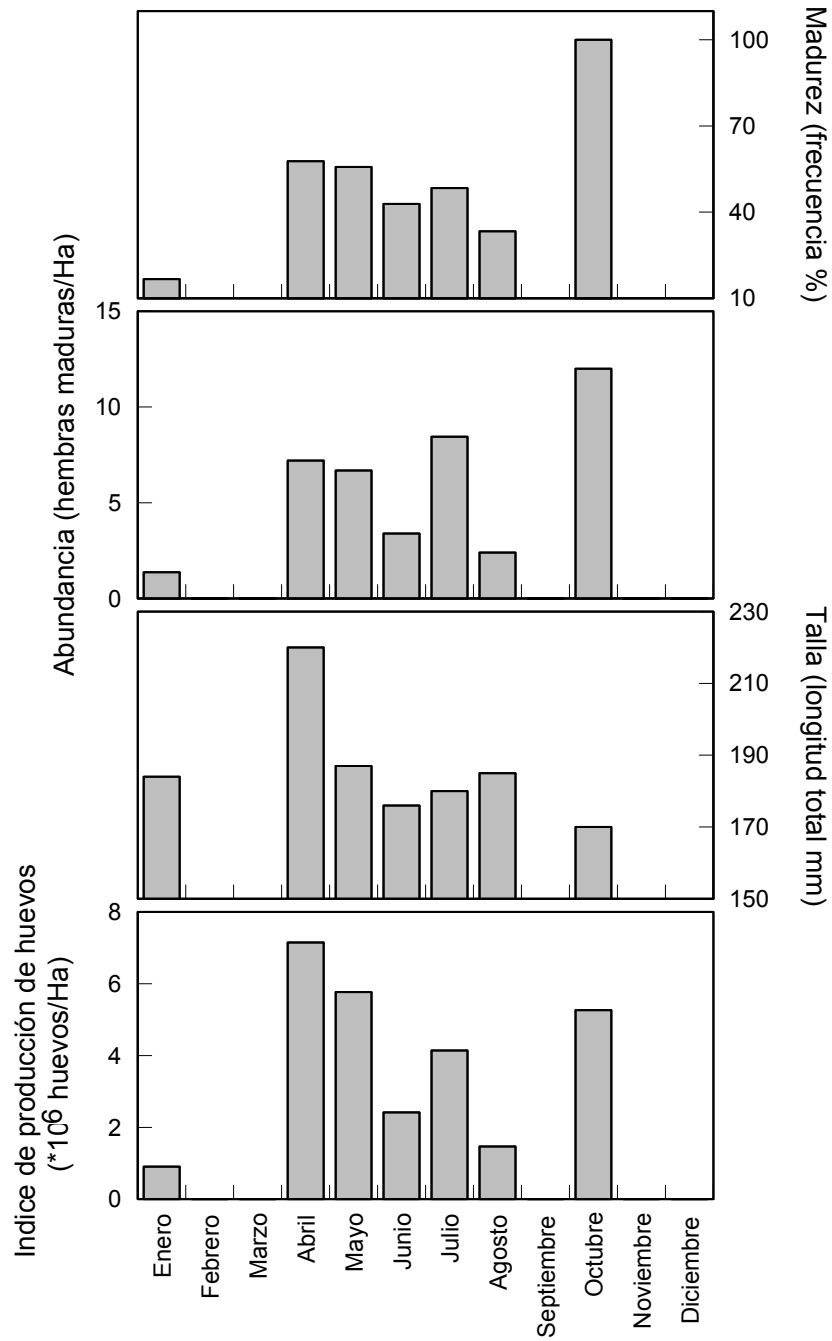


Figura 10. Distribución anual de hembras maduras por madurez, abundancia, talla e índice de producción de huevos

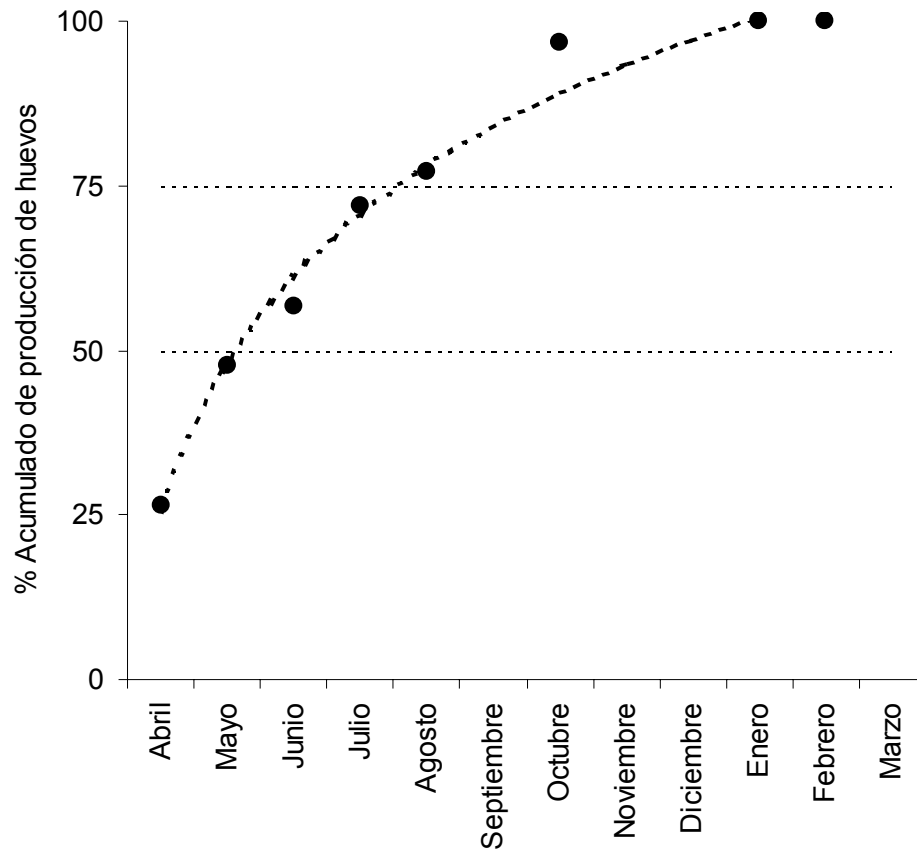


Figura 11. Curva anual de producción acumulada de huevos

6.2 Talla de primera madurez

A partir del modelo logístico propuesto por King (1995) ajustado a la proporción del total de hembras en función de la talla, se obtiene la L_{50} (164mm) que comúnmente es utilizada para determinar la talla mínima permisible para la pesca (Fig. 12). Biológicamente, L_{50} representa el 50% del potencial reproductivo total de la población.

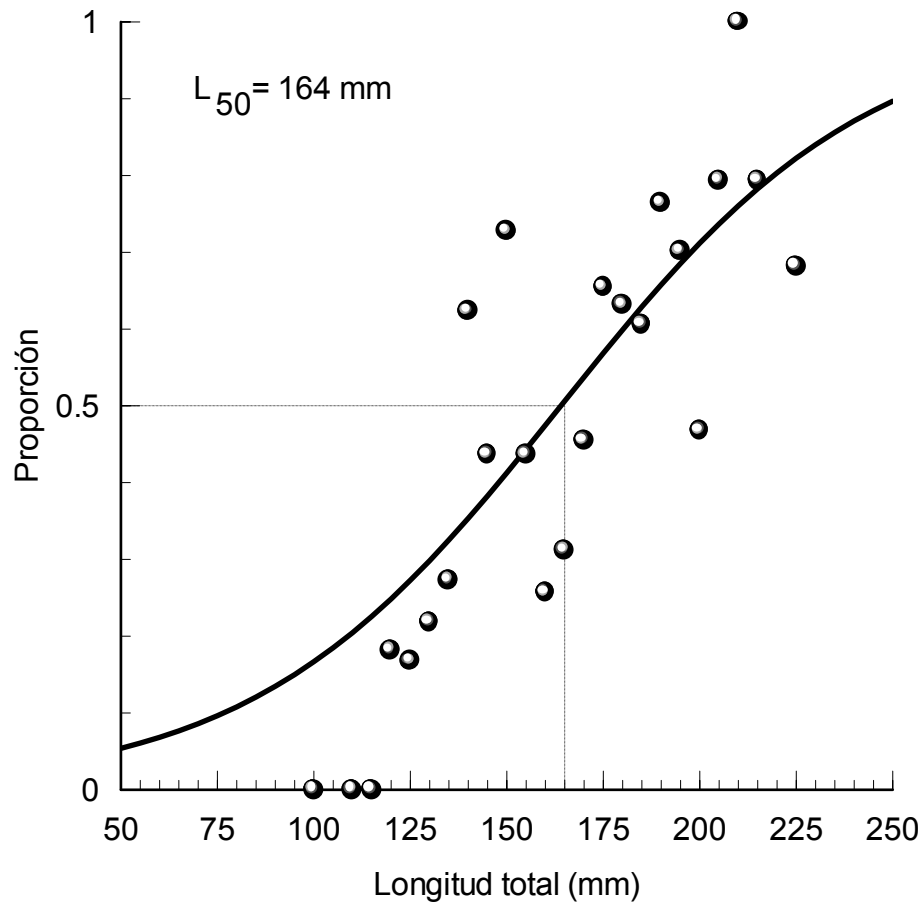


Figura 12. Curva para la estimación de la edad de primera madurez

6.3 Caracterización de la distribución del muestreo en diferentes dominios y categorías

La distribución de la abundancia por estrato de profundidad a lo largo del año se muestra en la figura 13 como isóneas de número de organismos. Se reconocen dos zonas de mayor concentración de organismos, una entre 4 y 6 brazas de profundidad durante los meses de abril y mayo, y otra de menor magnitud después de las 8 brazas alrededor del mes de julio. Esta distribución es similar

para las cuatro categorías estudiadas (total de la muestra, machos, hembras y hembras maduras).

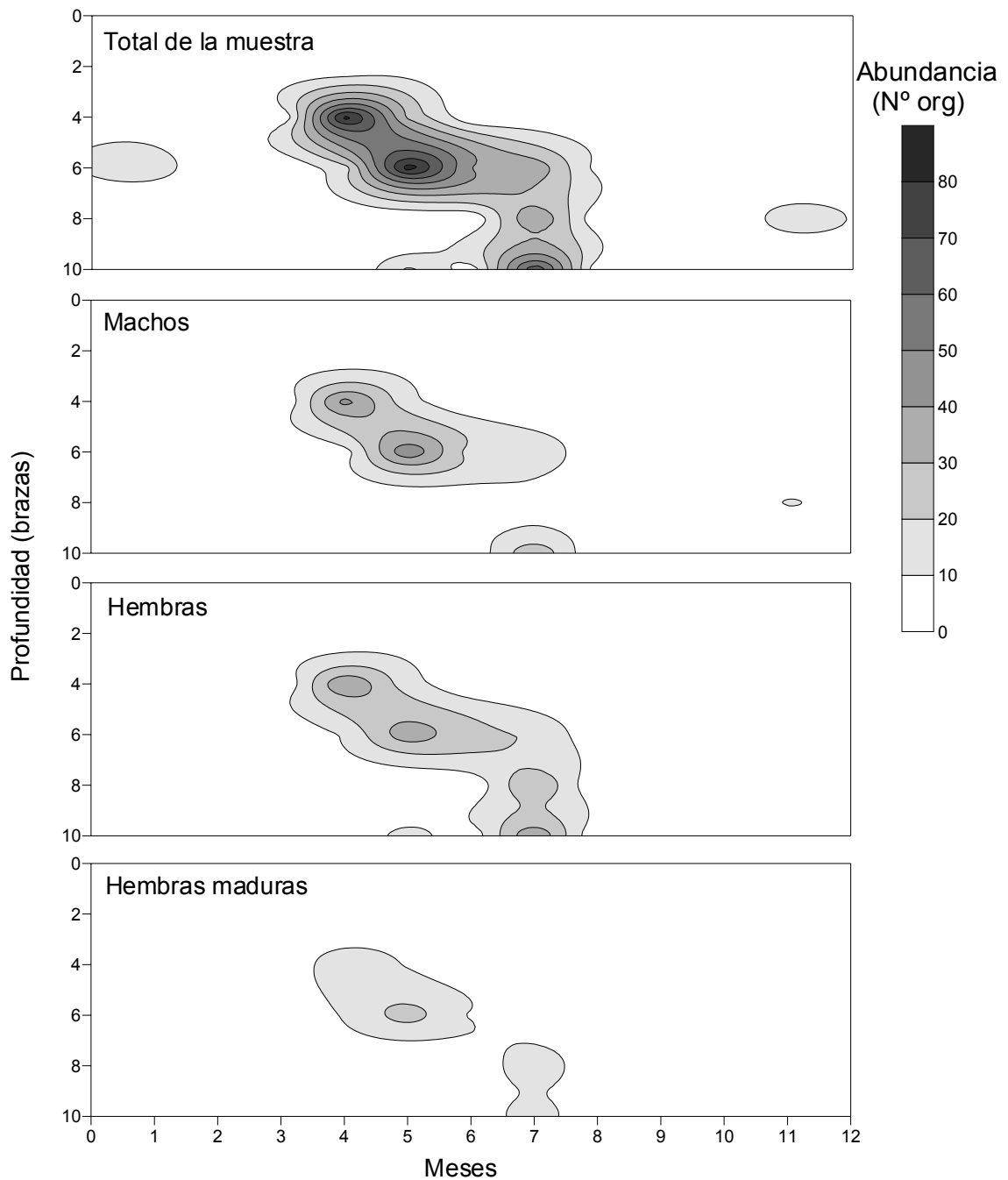


Figura 13. Distribución de la abundancia a lo largo del año por estrato de profundidad para las categorías de muestra total, machos, hembras y hembras maduras

En el caso de la distribución de la talla promedio de los organismos por estrato a lo largo del año (Fig. 14) se distingue, tanto para machos como para hembras, una distribución preferencial de las tallas mayores en el estrato de 4 a 6 brazas durante prácticamente todo el año y presencia de las mayores tallas principalmente en los meses de primavera (marzo a junio). Lo cual sugiere una tendencia de las tallas grandes a ocupar también profundidades mayores durante dicha época (primavera), y en el caso de las hembras a distribuirse preferencialmente hacia profundidades mayores durante el último cuarto del año.

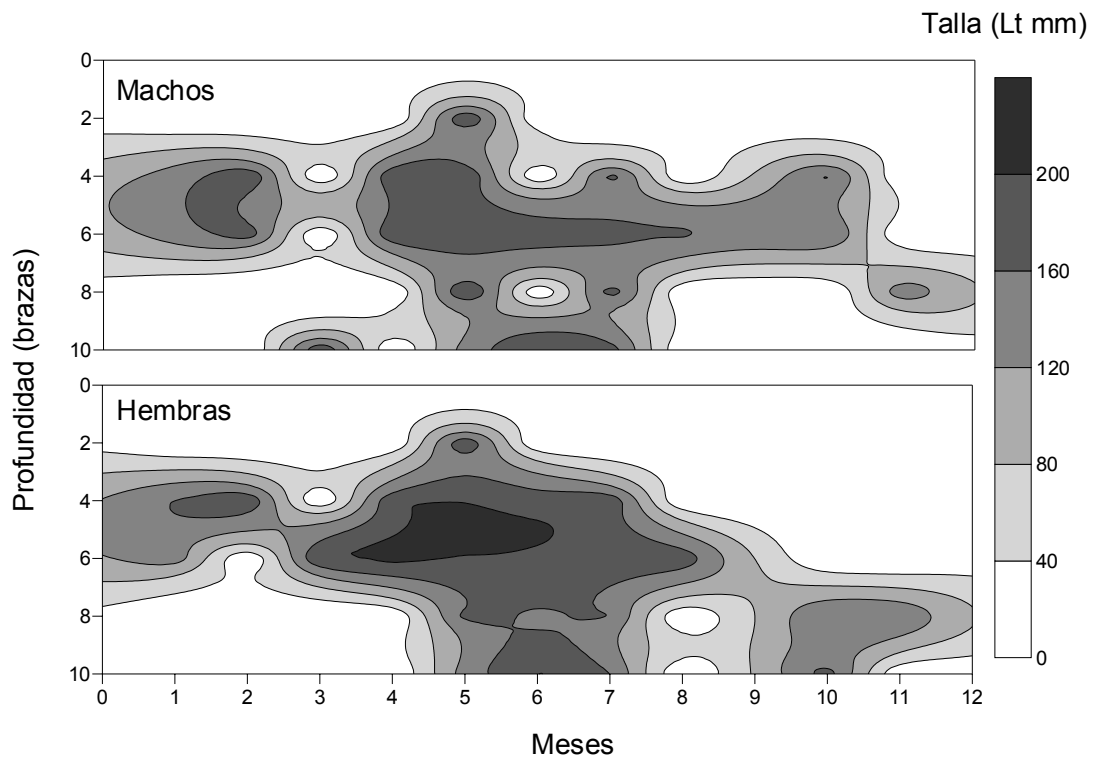


Figura 14. Distribución de la talla media de la muestra a lo largo del año por estrato de profundidad para las categorías de machos y hembras

6.4 Estimación de biomasa y su distribución temporal por estrato

La figura 15 muestra isolíneas de biomasa en tiempo y estratos estimada a partir de la información de abundancia de organismos y tallas promedio. Adicionalmente, como elementos para el análisis se estimó la proporción de biomasa que representa cada mes respecto del total de biomasa presente en el año de muestreo. Claramente las mayores biomásas se encuentran en los meses de abril a julio, 91% del total anual (agosto tan solo representa el 1%), cuando coinciden tanto las mayores tallas (Fig. 14) como el mayor número de organismos por unidad de área (Fig. 13), mientras que el resto del año, de septiembre a marzo, acumula únicamente el restante 8%.

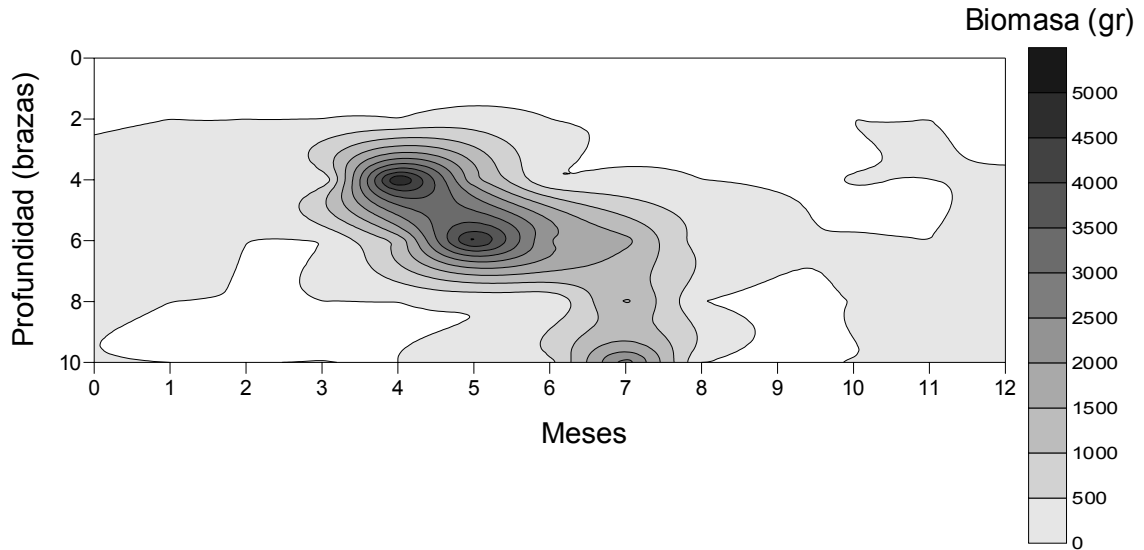


Figura 15. Distribución de la biomasa estimada (muestra) a lo largo del año por estrato de profundidad

7. ANÁLISIS

- Talla de primera madurez

El método original se basa en la curva acumulativa de la relación madurez-talla asumiendo una forma de “filo de navaja” (jackknife). El hecho de que se considere la edad o talla cuando 50% de los individuos cumplen un supuesto (edad de reclutamiento, selectividad, madurez etc.) puede ser un tanto arbitrario: se toma una muestra de la población de preferencia de todo el año y se encuentra la talla a la cual el 50% de las hembras están maduras. La talla de primera madurez se define como la longitud media a la cual el 50% de las hembras ha alcanzado la madurez. El cálculo que utiliza todas las hembras, maduras y no maduras tiene implícito el concepto de tiempo. Más aún, si todas las hembras maduraran simultáneamente entonces ambos métodos resultarían en estimaciones similares.

- Fuente de datos y método

La diferencia entre los métodos para la obtención de los datos es evidente. Considérese el procedimiento de King (1995) *versus* Leal Gaxiola (1999). Cuando se utilizan sólo las hembras maduras y se acumula su frecuencia relativa contra la longitud, se obtienen valores observados y calculados idénticos ($R^2 > 0.999$); ésto sugiere que no hay necesidad de ajustar ningún modelo, y que con solo tender la línea que cruza el 50% hacia el eje “x” puede obtenerse la

talla correspondiente. En cambio, cuando se consideran todas las hembras de una misma talla, existen diferencias significativas entre la proporción observada y la calculada, lo que genera la necesidad de utilizar una ecuación logística para el cálculo de la longitud de primera madurez.

La razón de esta diferencia radica en la interpretación del método que se utiliza. La ecuación logística se deriva de la misma ecuación propuesta para la determinación de la talla de primera captura (King 1995; Sparre y Venema 1995). Sin embargo Sparre y Venema (1995) no explican la forma o tratamiento que se le debe aplicar a los datos, y varios autores utilizan este procedimiento de la misma forma en la que se determina la talla de primera captura (Leal-Gaxiola 1999; Rábago-Quiroz 1999; López-Martínez *et al.* 2005). El criterio para determinar la talla de primera captura se basa en el modelo de “filo de navaja” (jackknife).

Estudios que muestran la utilización del porcentaje de hembras maduras respecto del total y sus aplicaciones e implicaciones puede verse en Roa *et al.* (1999) y Aragón-Noriega y Alcántara-Razo (2005). Adicionalmente, King (1995) aclara que la diferencia entre las ecuaciones para obtener talla de primera captura y talla de primera madurez, radica en los datos de entrada; éstos deben ser una proporción de hembras maduras en relación con las hembras totales de cada talla. Otros autores han seguido esta metodología para determinar la talla de primera madurez en crustáceos (Chul-Woong y Hartnoll 1999; Roa *et al.*

1999; Robertson y Butler 2003) y también para peces (Love y Brooks 1997; Love y Johnson 1999).

Como se mencionó anteriormente, García (1985) hace énfasis en que una determinación por el método que utiliza únicamente a las hembras maduras, puede considerarse como uno que presenta sesgo de la reproducción de la población, específicamente se refiere al que emplea un modelo logístico mediante una curva acumulada basada sólo en la proporción de hembras maduras a cada talla respecto del total de hembras maduras, sugiriendo que el 100% de las hembras lo están cosa que no es realidad, fijando por consiguiente la talla promedio (o edad) de primera madurez de organismos maduros en la población como el punto del 50% de la curva acumulada. Por ello debiera contemplarse el utilizarlo combinado con otros indicadores como los de abundancia de los adultos y fecundidad a cierta talla y estructura de tallas de las hembras maduras para cada mes del año y su proporción respecto del total.

De tal manera que el método alternativo que se sugiere conlleva de entrada, el no perder de vista los fundamentos biológicos como son el contemplar a las hembras maduras de la muestra por intervalo de talla y obtener su proporción respecto del total de hembras para cada uno de esos intervalos, ya que si contemplamos el hecho biológico de que están presentes en la población y que además son hembras que se espera que eventualmente maduren y entonces hembras potenciales para incorporarse al proceso reproductivo, deben por

fuerza ser consideradas dentro de su intervalo de talla y no ser descartadas y solo emplear un gran total de hembras maduras.

- Índice de producción de huevos

Comúnmente el potencial reproductivo de una población se establece sobre la base de indicadores de manera aislada (e.g. madurez, abundancia y talla). Sin embargo, diversos autores han llamado la atención hacia la importancia de integrar diferentes indicadores para disminuir la posibilidad de malinterpretar la información; tales como el IPH.

A manera de ejemplo, uno de los indicadores aislados más comunes es la frecuencia sólo de hembras maduras, en este caso, el uso de porcentajes puede enmascarar la cantidad real de hembras en proceso reproductivo, como se ilustra en la siguiente tabla bajo un caso hipotético:

| Caso hipotético | A | B | C | D |
|-----------------------------|----|-----|----|-----|
| Nº Total de hembras | 50 | 2 | 10 | 120 |
| Nº Total de hembras maduras | 5 | 2 | 5 | 60 |
| Frecuencia de Madurez (%) | 10 | 100 | 50 | 50 |

Por lo que tomar la información generada de manera aislada puede conllevar a interpretaciones erróneas y por consiguiente a malas decisiones, pues un 100% de hembras maduras con dos organismos comparado con un 50% de hembras

maduras con cinco organismos proporciona información que puede tener varias interpretaciones sino tenemos toda la información. Por ello en nuestro caso de estudio, la figura 10 muestra los indicadores que se integraron en el IPH: la frecuencia de hembras maduras (panel superior), abundancia promedio de hembras maduras (segundo panel) y talla promedio mensual de las hembras maduras (tercer panel), cada uno de los cuales de manera aislada hubieran generado información diferente, e incluso contradictoria.

- Esquema alternativo de manejo

Desde el punto de vista de eficiencia productiva y haciendo de lado los factores socioeconómicos y operativos de manejo, la información biológica del presente análisis permite explorar escenarios (vedas temporales) alternativos a los que actualmente rigen la pesquería (Fig. 16).

Hasta ahora, la pesquería es manejada mediante una veda temporal que generalmente abarca de finales de verano a principios de primavera. Las fechas en que se levanta la veda se deciden sobre la base de muestreos biológicos de la condición reproductiva de la población (Fig. 16, panel inferior).

De acuerdo a los datos del presente trabajo, el periodo correspondiente a la época de veda, coincide con la época de mayor actividad reproductiva (>75% de la producción anual acumulada de huevos, Fig. 11), con las mayores tallas y abundancias. Por otra parte, durante el periodo de captura, dominan las tallas

pequeñas (± 120 mm) y bajas biomásas; de hecho, la contribución en biomasa de la temporada de pesca (7 meses) es de alrededor del 8% con respecto a la anual.

La estrategia de manejo actual está diseñada para que los adultos se reproduzcan y se completen las clases de edad subsecuentes. Empero, el esfuerzo incide principalmente sobre individuos inmaduros y de tallas pequeñas, lo que se contrapone con las estrategias tradicionales de proteger justamente a la porción de la población que aún no se reproduce.

La talla de primera madurez, o L_{50} , representa la talla a la cual por lo menos el 50% de las hembras están maduras; en este sentido, si se pretendiera incidir sobre la fracción de la población que ya se ha reproducido, se debieran elegir tallas mayores a 164mm (Fig. 12). Como se aprecia en la figura 16 (isolínea continua, panel inferior izquierdo) dichas tallas coinciden con el periodo de veda del esquema actual de manejo.

El panel central de la figura 16 muestra un esquema alternativo de vedas basado únicamente en los datos biológicos recabados durante el presente estudio. Cabe reconocer que si bien este esquema considera una limitada ventana temporal y espacial, se basa en un muestreo intensivo y en aspectos fundamentales de dinámica poblacional.

En contraste con el esquema actual, la propuesta contempla una veda más prolongada, que abarca de septiembre a mayo y únicamente tres meses de captura, de junio a agosto. El periodo de veda, incluye tanto la época en que la mayor parte de la población presenta tallas pequeñas y bajas abundancias, como los dos primeros meses (abril-mayo) del periodo de altas abundancias, tallas grandes y máxima actividad reproductiva. Evitar la captura durante la primera de estas etapas, permite que los individuos que no se han reproducido alcancen la madurez sexual; mientras que durante la segunda, asegura que se produzca el 50% del total anual de huevos (Fig. 11), lo que cumple con algunos criterios para el manejo de pesquerías basados en puntos de referencia biológicos. Adicionalmente, el esquema permite que durante la época de pesca se capturen principalmente organismos de tallas mayores a la L_{50} .

Además de las ventajas aparentes del esquema en términos biológicos, se sugieren otras relacionadas con el rendimiento. Mientras que en el esquema actual se aplica esfuerzo durante 7 meses, el esquema alternativo que se propone contempla únicamente dos meses; la distribución mensual relativa de la biomasa indica que durante este periodo se tendría acceso al 35% del total anual, lo que representa 4 veces la biomasa acumulada del periodo de captura del esquema tradicional. Más aún, las tallas representativas de este periodo ($\pm 160\text{mm}$) se encuentran muy por encima de aquellas a las que tiene acceso actualmente la pesquería ($\pm 120\text{mm}$), lo que equivale a una diferencia de al menos 1 ó 2 categorías comerciales (16-20 vs. 21-25 colas por libra) con la consecuente diferencia de valor de mercado.

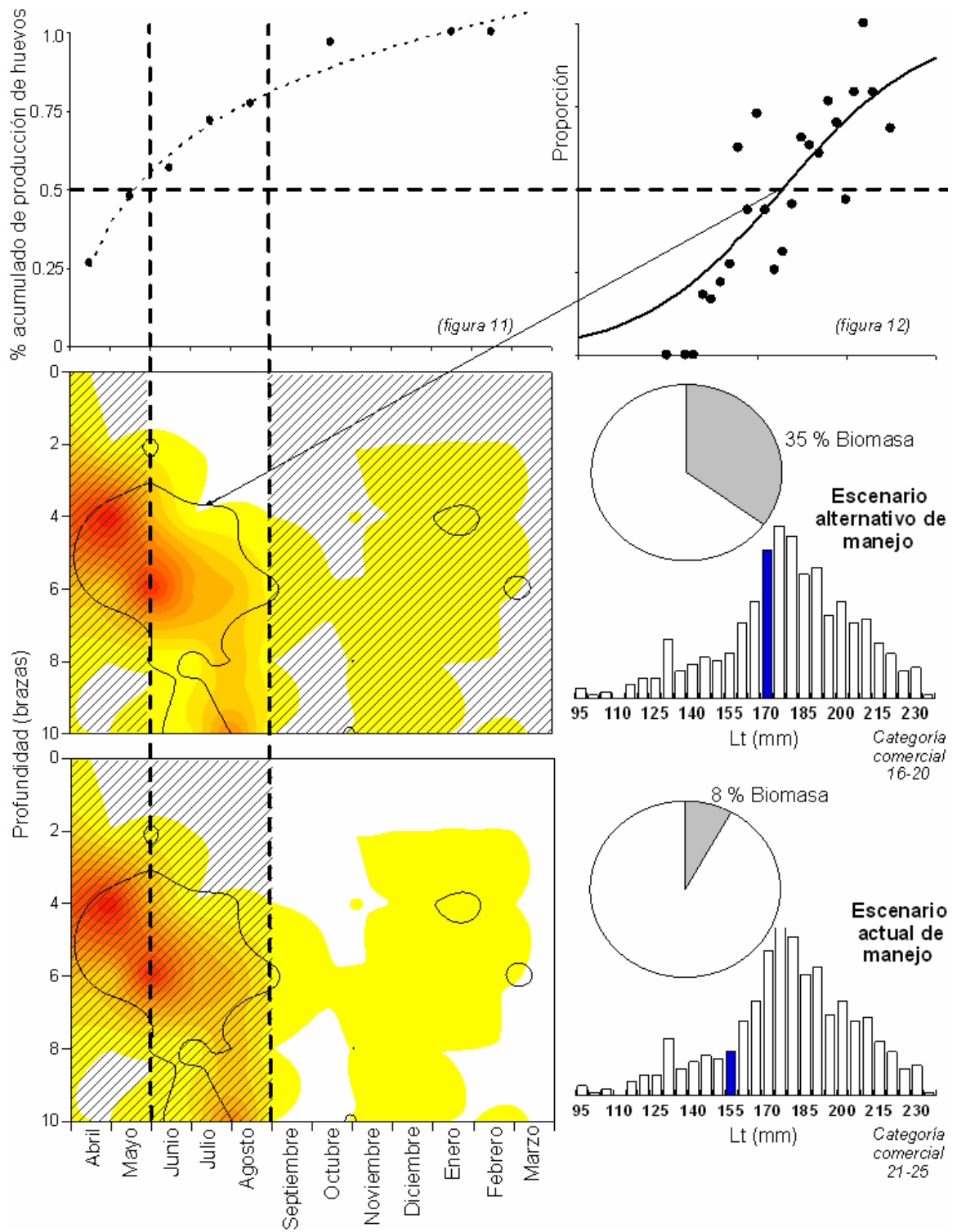


Figura 16. Integración de resultados. El panel superior muestra a la izquierda la figura 11 y a la derecha la figura 12. Se indica mediante la línea punteada horizontal el punto de 0.5 correspondiente a la mitad de la producción total anual de huevos (izquierda) y el 50% de hembras maduras en la curva de primera madurez (derecha). Los paneles intermedio e inferior izquierdos (diagramas evolutivos) muestran en contornos sombreados la biomasa (reproducción de la figura 15) y sobrepuesta la isolínea correspondiente a la distribución de las hembras por encima del L_{50} estimada, como lo indica la flecha, a partir de la edad de primera madurez, las regiones sombreadas indican la temporada de veda propuesta para cada uno de los dos escenarios de manejo, el que actualmente se utiliza (panel inferior) y el alternativo que se desprende de los análisis. Las gráficas de pastel en los paneles derechos indican la proporción de la biomasa total anual disponible durante los periodos de pesca para cada uno de los escenarios y las gráficas de barras la talla promedio de los individuos que se presentan durante esos periodos.

8. CONCLUSIONES

8.1 La tendencia del índice de producción de huevos indicó que en un periodo de dos meses (abril y mayo) se alcanza el 50% del total anual, lo que, de acuerdo a criterios para el manejo de pesquerías basados en puntos de referencia biológicos, indica que a partir de junio es posible extraer biomasa sin afectar el potencial reproductivo de la población.

8.2 A partir de la información de todas las hembras muestreadas, se determinó que la talla de primera madurez (L_{50}) se alcanza a los 164mm de longitud total.

8.3 Los datos indicaron mayor concentración de organismos, mayores tallas y biomasa entre las 4 y 6 brazas de profundidad y durante los meses de abril a agosto.

8.4 Se propone un esquema de vedas, alternativo al que actualmente rige la pesquería, basado en información biológica. El esquema consiste en una época de veda que abarca de septiembre a mayo y tres meses de captura, lo que permite 1) proteger la porción de la población que no se ha reproducido; 2) que se produzca el 50% de los huevos respecto del total anual; 3) incidir sobre las tallas por encima de la L_{50} ; 4) acceder a mayores biomásas y 5) potencialmente incrementar los rendimientos.

9. RECOMENDACIONES

Una de las principales limitaciones del presente trabajo es la ventana temporal y espacial del muestreo; se consideró una zona muy restringida y una sola temporada de pesca. Los resultados obtenidos ganarán validez a medida que el periodo de muestreo se extienda, para fines comparativos, por lo menos otro ciclo anual, y por consiguiente las conclusiones que se deriven, sobre todo aquellas relacionadas con el manejo de la pesquería, serán más robustas. De aumentar el periodo de muestreo, es recomendable que se contemple la comparación de escenarios alternativos entre dos o más temporadas sucedidas durante eventos climáticos anómalos (e.g. años El Niño-La Niña). Respecto al manejo de la información, se recomienda incorporar la estructura del error asociada a los datos mediante métodos de ajuste como la máxima verosimilitud o simulaciones de tipo Monte Carlo.

Dado que la parte medular del trabajo se fundamenta mayormente en variables de tipo biológico, su perspectiva es limitada. Si el objetivo final es ofrecer mejores esquemas de manejo, deben integrarse otros factores igualmente importantes como los socioeconómicos, operacionales, climáticos y efectos en el ecosistema. Adicionalmente, si se decidiera incorporar los resultados del presente estudio a los esquemas de manejo, sería necesario analizar sus limitantes y profundizarlos para adaptarlos a la realidad de la pesquería; es decir, por ejemplo, que si se considerara adecuado controlar la talla promedio de la captura, dedicando el esfuerzo a tallas mayores a la L_{50} , sería necesario

explorar modificaciones en la forma de operar de las artes de pesca de arrastre, o que al reconocer que se trata de una pesquería multiespecífica donde no todas las especies cumplen con los criterios biológicos aquí definidos, sería indispensable ampliar el estudio a otras zonas y especies.

10. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre-Osorio, J. y C. Romero-Sedano. 2002. Caracterización del ciclo de vida del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en la Bahía de Agiabampo Sonora-Sinaloa. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico del Mar, Guaymas, Sonora. 85 pp.

Alvarado-Romero, D. P. 2002. Comparación de la Captura de camarón con dos tipos de arte de pesca (suripera y chango) en aguas protegidas de la Bahía de Agiabampo, Sonora-Sinaloa. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico del Mar, Guaymas, Sonora. 63 pp.

Aragón-Noriega, E.A. 2000. Ecología del reclutamiento del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) en el Alto Golfo de California. Tesis de Doctorado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 117 pp.

Aragón-Noriega, E.A. and E. Alcántara-Razo. 2005. Influence of sea surface temperature on reproductive period and size at maturity of brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) in the Gulf of California. *Marine Biology*. 146(2): 373-379.

Arias-Aréchiga, J. P. 1998. Regionalización del Golfo de California: una propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. 57 pp.

Ayala-Castañares, A., M. Gutiérrez-Estrada y V. M. Malpica. 1990. Morfosedimentología de la Laguna Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, 17(2): 257-270.

Belsasso, G. 1987. Ocean Garden Products en la comercialización de los productos pesqueros, 1983-1987. Síntesis pesquera 1982-1987. SePESCA, México, 425 pp.

Burkenroad, H. D. 1981. The higher taxonomy in evolution of decapada (Crustacea). Trans. of San Diego Society of Natural History, 19(17): 251-268.

Burrola-Sánchez, M. S., D. Urias-Laborín y F. Dorado-Villanueva. 2002. Simulación de la circulación en el estero Agiabampo. Informe Técnico Interno. Laboratorio Especializado de Manejo Costero, CIBNOR, SC, Unidad Guaymas, Sonora, México.

Burukovsky, R. N. 1972. Nekotorye voprosy sistematiki i rasprostraneniya krevetok roda *Penaeus*. Rybokhozyaistvennyye issledovaniya v Atlanticheskom okeane. (Some problems of the systematics and distribution of shrimps of the genus *Penaeus*) Trudy AtlantNIRO, Kaliningrad, 2: 3-21.

Chul-Woong, O. and R. G. Hartnoll. 1999. Size at sexual maturity, reproductive output, and seasonal reproduction of *Philocheiras trispinosus* (Decapoda) in Port Erin Bay, Isle of Man. *Journal of Crustacean Biology*, 19(2): 252-259.

García, S. 1985. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited Penaeid shrimp populations. In: Rothlisberg, P.C.; Hill, B.J. and Staples, D.J. (Eds.). *Second Australian national prawn seminar*. NPS2, Cleveland, Australia, pp. 139-158.

García-Gómez, M. 1976. Fecundidad del camarón café *Penaeus stylirostris* en Puerto Peñasco y Guaymas, Sonora. *Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones S.I.C./Subsecretaria de Pesca*, Instituto Nacional de la Pesca, Tomo I. Guaymas, Sonora, México. pp. 131-139.

Gómez-Aguirre, S. y B. Rivero-Beltrán. 1987. Variación estacional de *Sagitta euneritica* (Chaetognata) en la Laguna de Agiabampo, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, serie Zoológica*, 58(2): 697-706.

Gracia, G. A. 1992. Explotación y Manejo del recurso Camarón. *Ciencia y Desarrollo*, 18(106): 83-95.

Gulland, J. A. y B. J. Rothschild (Eds.). 1984. *Penaeid shrimps – their biology and management*. Fishing News Books, Farhanm, Inglaterra. 308 pp.

Hernández, E. A. 1988. Camarón del Pacífico. Los Recursos Pesqueros del País. Instituto Nacional de la Pesca XXV aniversario. SEPESCA, México, pp. 303-312.

Instituto Nacional de la Pesca (INP). 2001. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. SAGARPA, México, 1111 pp.

King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books. Victoria, Australia. 338 pp.

Lavín, M. F., E. Palacios-Hernández, and C. Cabrera. 2003. Sea surface temperature anomalies in the Gulf of California. *Geofísica Internacional*, 42: 363-375.

Leal-Gaxiola, A. 1999. Análisis de la variabilidad interanual en el patrón reproductivo y talla de primera madurez sexual del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) en el litoral sonorense. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Sinaloa. 105 pp.

Leal-Gaxiola, A., J. López-Martínez, E.A. Chávez, S. Hernández-Vázquez and F. Méndez-Tenorio. 2001. Inter-annual variability of reproductive period of the brown shrimp, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) (Decapoda, Natantia). *Crustaceana*, 74: 839-851.

Licea-Durán, S. 1971. Sistemática, distribución y variación estacional de diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. 31 pp.

Licea-Duran, S. 1974. Sistemática y distribución de diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, 1(1): 99-157.

Lluch-Belda, D., S. Hernández, D. Lluch-Cota, C. Salinas, F. Magallón y F. de Lachica. 1991. Variación climática y oceanográfica global: sus efectos en el Noroeste mexicano. Ciencia y Desarrollo, 17(98): 79-88.

Lluch-Cota, S. E. y J. P. Arias-Aréchiga. 2000. Sobre la importancia de considerar la existencia de centros de actividad biológica para la regionalización del océano: el caso del Golfo de California. En: D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (Eds.), BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR, CICIMAR, CONACYT, La Paz, México, pp. 255-275.

López-Martínez, J., F. García-Domínguez, E. Alcántara-Razo y E.A. Chávez. 1999. Periodo reproductivo y talla de madurez masiva del camarón de roca *Sicyonia penicillata* (Decapoda: Sicyoniidae) en Bahía Kino, Sonora, México. Revista de Biología Tropical, 47(1-2): 109-117.

López-Martínez, J. 2000. Dinámica de la pesquería de camarón café (*Penaeus californiensis*) en el litoral sonorense y su relación con algunos parámetros océano-atmosféricos. Tesis de Doctorado, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina / Instituto Politécnico Nacional. 161 pp. + anexo

López-Martínez, J., E. Morales-Bojorques, F. Paredes-Mallón, D. Lluch-Belda y C. Cervantes. 2000. La pesquería de camarón de altamar en Sonora. En: D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (Eds.), BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR, CICIMAR, CONACYT, La Paz, México, pp. 301-312.

López-Martínez, J., C. Rábago-Quiroz, M.O. Nevárez-Martínez, A.R. García-Juárez, G. Rivera-Parra and J. Chávez-Villalba. 2005. Growth, reproduction and size at first maturity of blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) along the east coast of the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research, 71: 93-102.

Love, M. S. y A. Brooks. 1997. Size and age at first maturity of the California halibut, *Paralichthys californicus*, in the Southern California Bight. USA Fish Bulletin No. 174, pp. 167-174.

Love, M. S. y K. Johnson. 1999. Aspects of the life histories of grass rockfish, *Sebastes rastrelliger*, and brown rockfish, *S. auriculatus*, from southern California. Fishery Bulletin, 87: 100-109.

Magallón-Barajas, F. J. 1987. The pacific shrimp fisheries of México. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Reports, 28: 43-52.

Magallón-Barajas, F. J. y P. Jaquemin. 1976. Observaciones biológicas sobre tres especies comerciales de camarón en las costas de Sinaloa, México. Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones S.I.C./Subsecretaria de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, Tomo II. Guaymas, Sonora, México. pp. 1-27.

Manzano-Sarabia, M. M. 2003. Distribución y abundancia del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en el sistema lagunar de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. 76 pp.

Mathews, C.P. 1981. A review of the North American penaeid fisheries, with particular reference to México. Kuwait Bulletin of Marine Science, 2: 325-409.

Ortega, M. M., J. Ruiz y M. G. Oliva. 1986. La vegetación sumergida en la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa. Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica, 57: 59-108.

Pérez-Farfante, I. 1969. Western Atlantic shrimp of genus *Penaeus*. Fishery Bulletin, 67(3): 461-591.

Pérez-Farfante, I y B. Kensley. 1997. Penaeoid and Sergestoid and prawns of the World. Keys and diagnoses for the families and genera. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle. Tome 175 Zoologie. 233 pp.

Polanco, E. 1988. Situación Actual de las principales pesquerías mexicanas. Secretaria de Pesca, México. 478 pp.

Rábago-Quiroz, C. H. 1999. Crecimiento, patrón de reclutamiento y talla de primera madurez sexual del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1871), en el litoral sonorense. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Los Mochis, Sinaloa. 66 pp.

Rivero-Beltrán, C. 1971. Contribución al conocimiento de la ecología de *Sagitta euneritica*, Alvaríño 1961 (Chaetognata) de la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. 37 pp.

Roa, R., B. Ernst y F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. Fishery Bulletin, 95: 570-580.

Robertson, D. N. and M. J. Butler IV. 2003. Growth and size at maturity in the spotten spiny lobster *Panulirus guttatus*. Journal of Crustacean Biology, 23(2): 265-272.

Rodríguez de la Cruz, M. C. 1976. Distribución de los estados larvales y postlarvales de los géneros de la familia Penaeidae en la parte central y norte del Golfo de California. Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones S.I.C./Subsecretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, Tomo I. Guaymas, Sonora, México. pp. 316-350.

Rodríguez de la Cruz, M. C. 1981. Aspectos pesqueros del camarón de alta mar en el Pacífico mexicano. Ciencia Pesquera, 1(2): 1-19.

Rodríguez-Marín, M. C. y J. Reprieto-García. 1982. El cultivo de camarón azul *Penaeus stylirostris* (Stimpson). Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad de Sonora. Hermosillo, Son. 126 pp.

SAGARPA, 2001. Anuario estadístico de Pesca 2000. México.

Sephard, F. P. 1937. Revised classification of marine shorelines. Journal of Geology, 45: 602-624.

Signoret de Brailovsky, J. 1975. Plancton de lagunas costeras XIII. *Pleurobranchia bachei* Agassiz, de la Laguna de Agiabampo. Revista Latinoamericana de Microbiología, 17: 249-254.

Sparre, P. y S. C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca no306.1Rev., 440 pp.

Toledano, G. A. 1977. Estudio preliminar de la fauna malacológica de la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. 53 pp.

Urias-Laborín, D., F. Dorado-Villanueva y M. S. Burrola-Sánchez. 2002. Batimetría Estero Agiabampo y mar adyacente. Informe Técnico Interno. Laboratorio Especializado de Manejo Costero, CIBNOR, SC, Unidad Guaymas, Sonora, México.

Zamora-Sánchez, M. E. 1974. Estudio de las especies del género *Acartia* (Copepoda: Acarhiidae) de la zona estuárica de Agiabampo, Sonora: taxonomía, distribución y notas ecológicas. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. 57 pp.

Zamora-Sánchez, M. E. y S. Gómez-Aguirre. 1985. Una especie nueva del subgénero *Acanthacartia* Steuer 1915 (Copepoda: Acarhiidae), de la laguna costera de Agiabampo, Sonora, México. Anales del Instituto de Biología, UNAM, serie Zoológica, 56(2): 337-342.

Anexo único

Tabla I. Escala morfocromática para determinación de la madurez gonadal de hembras de camarón azul *L. stylirostris* (adaptada de García-Gómez 1976).

| Estadio | Coloración (gónada) | Características macro y microscópicas |
|-------------------------------|----------------------------|---|
| I. Inmadura | Transparente | Delgada, situada en la cavidad abdominal |
| II. Madurando (en desarrollo) | Blanca opaca | Gónada de mayor tamaño, diferenciación de la porción central y lóbulo anterior, óvulos de 0.17mm promedio |
| III. Madura | Anaranjada | Gónada totalmente desarrollada, ocupa toda la cavidad abdominal, se aprecia a través del exoesqueleto, con glóbulos denominados cuerpos periféricos, óvulos de 0.22-0.26mm promedio |
| IV. Desovada | Rosa tenue opaco | Gónada se torna flácida y delgada, los óvulos remanentes se tornan transparentes |

Tabla II. Número de hembras maduras e inmaduras encontradas durante todo el periodo de muestreo (enero-diciembre de 2002) en Agiabampo, Sonora-Sinaloa.

| Longitud Total (mm) | Organismos Totales | Hembras Inmaduras | Hembras Maduras | Proporción | Proporción ajustada |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| 100 | 1 | 1 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 105 | 0 | 0 | 0 | | |
| 110 | 4 | 4 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 115 | 4 | 4 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 120 | 6 | 5 | 1 | 0.17 | 0.18 |
| 125 | 13 | 11 | 2 | 0.15 | 0.17 |
| 130 | 5 | 4 | 1 | 0.20 | 0.22 |
| 135 | 8 | 6 | 2 | 0.25 | 0.27 |
| 140 | 7 | 3 | 4 | 0.57 | 0.62 |
| 145 | 10 | 6 | 4 | 0.40 | 0.44 |
| 150 | 6 | 2 | 4 | 0.67 | 0.73 |
| 155 | 10 | 6 | 4 | 0.40 | 0.44 |
| 160 | 17 | 13 | 4 | 0.24 | 0.26 |
| 165 | 21 | 15 | 6 | 0.29 | 0.31 |
| 170 | 12 | 7 | 5 | 0.42 | 0.45 |
| 175 | 20 | 8 | 12 | 0.60 | 0.65 |
| 180 | 19 | 8 | 11 | 0.58 | 0.63 |
| 185 | 27 | 12 | 15 | 0.56 | 0.61 |
| 190 | 10 | 3 | 7 | 0.70 | 0.76 |
| 195 | 14 | 5 | 9 | 0.64 | 0.70 |
| 200 | 7 | 4 | 3 | 0.43 | 0.47 |
| 205 | 11 | 3 | 8 | 0.73 | 0.79 |
| 210 | 12 | 1 | 11 | 0.92 | 1.00 |
| 215 | 11 | 3 | 8 | 0.73 | 0.79 |
| 220 | 7 | 0 | 7 | 1.00 | 1.09 |
| 225 | 8 | 3 | 5 | 0.63 | 0.68 |

Anexo 2. Bitácora de muestreo biológico



MUESTREO BIOLÓGICO

Localidad: _____
 Fecha: _____
 Técnico: _____
 Lance: _____
 Profundidad: _____
 Arte de pesca: _____

Muestreó: _____
 Anotó: _____
 Capturó: _____

| Long. Total | Peso Total | Long. Cola | Peso Cola | Long. Dob. | Especie | Sexo | Madurez | Dato |
|-------------|------------|------------|-----------|------------|---------|------|---------|------|
| | | | | | | | | 1 |
| | | | | | | | | 2 |
| | | | | | | | | 3 |
| | | | | | | | | 4 |
| | | | | | | | | 5 |
| | | | | | | | | 6 |
| | | | | | | | | 7 |
| | | | | | | | | 8 |
| | | | | | | | | 9 |
| | | | | | | | | 10 |
| | | | | | | | | 11 |
| | | | | | | | | 12 |
| | | | | | | | | 13 |
| | | | | | | | | 14 |
| | | | | | | | | 15 |
| | | | | | | | | 16 |
| | | | | | | | | 17 |
| | | | | | | | | 18 |
| | | | | | | | | 19 |
| | | | | | | | | 20 |
| | | | | | | | | 21 |
| | | | | | | | | 22 |
| | | | | | | | | 23 |
| | | | | | | | | 24 |
| | | | | | | | | 25 |
| | | | | | | | | 26 |
| | | | | | | | | 27 |
| | | | | | | | | 28 |
| | | | | | | | | 29 |
| | | | | | | | | 30 |
| | | | | | | | | 31 |
| | | | | | | | | 32 |
| | | | | | | | | 33 |
| | | | | | | | | 34 |
| | | | | | | | | 35 |
| | | | | | | | | 36 |
| | | | | | | | | 37 |
| | | | | | | | | 38 |
| | | | | | | | | 39 |
| | | | | | | | | 40 |

NOTA: FAVOR DE LLENAR "TODOS" LOS CAMPOS DEL FORMATO