

2003-A

092704246

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

CARACTERIZACIÓN DE ALGUNAS VARIABLES ALOMÉTRICAS DEL CARÁNGIDO *Caranx*

caballus (Gunther, 1868) PERCIFORMES: CARANGIDAE

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

JOSÉ ALEJANDRO RAMOS RODRÍGUEZ

Las Agujas, Zapopan, Jal.; Junio de 2003

ÍNDICE

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Índice de Cuadros | x |
| Índice de Figuras | xi |
| Resumen | xii |
| 1. Introducción..... | 1 |
| 2. Antecedentes..... | 4 |
| 2.1 Características y diagnosis del orden, y la familia..... | 4 |
| 2.1.1 Orden Perciformes..... | 4 |
| 2.1.2 Suborden Percoidei..... | 5 |
| 2.1.3 Familia Carangidae..... | 6 |
| 2.2 Características y ubicación filogenética de <i>Caranx caballus</i> (Gunther, 1868)..... | 8 |
| 2.2.1 <i>Caranx caballus</i> (Gunther, 1868)..... | 8 |
| 2.2.2 Pesquerías de <i>Caranx caballus</i> en Jalisco y Colima..... | 9 |
| 2.3 Análisis de escala: Crecimiento Isométrico y Alométrico | 10 |
| 2.3 Antecedentes históricos del uso de los análisis de escala..... | 14 |
| 3. Justificación..... | 17 |
| 4. Objetivos..... | 18 |
| 4.1 Objetivo general..... | 18 |
| 4.2 Objetivos particulares..... | 18 |
| 5. Hipótesis..... | 19 |
| 6. Materiales y Métodos..... | 20 |
| 6.1 Materiales..... | 20 |
| 6.2 Métodos..... | 21 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7. Resultados..... | 23 |
| 7.1 Valores estadísticos descriptivos..... | 23 |
| 7.2 Análisis de Varianza (ANDEVA)..... | 23 |
| 7.3 Análisis de Componentes Principales..... | 26 |
| 7.4 Análisis comparativo entre las pendientes y los orígenes de las ecuaciones..... | 28 |
| 8. Discusión..... | 34 |
| 9. Conclusiones..... | 38 |
| 10. Bibliografía..... | 39 |

Índice de Cuadros

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 2.1. Promedio, máximo y mínimo de Longitud estándar o patrón (<i>Ls</i>), longitud total (<i>Lt</i>) y peso total (<i>PTot</i>), para la pesca del cocinero en Jalisco y Colima. <i>Ls</i> y <i>Lt</i> son dados en centímetros, <i>PTot</i> en gramos | 9 |
| Cuadro 2.2. Cuadro con los valores de isometría cuando se relacionan dos variables de diferente o igual dimensión | 14 |
| Cuadro 7.1. Cuadro con algunos valores descriptivos estadísticos. Numero de datos (<i>n</i>), valor mínimo (<i>min</i>), valor máximo (<i>max</i>), promedio (<i>x</i>) y desviación estándar (<i>DE</i>). Las unidades son dadas en centímetros para <i>Ls</i> , <i>Lt</i> y <i>Alt</i> , gramos para <i>Ptot</i> y <i>Pei</i> ; y milímetros para <i>resc</i> , <i>Lesc</i> y <i>Anesc</i> | 23 |
| Cuadro 7.2. ANDEVA y prueba SNK para las diferentes variables con sexo como factor | 24 |
| Cuadro 7.3. ANDEVA y prueba SNK para las diferentes variables con el estadio de desarrollo gonadal como factor..... | 25 |
| Cuadro 7.4. Cuadro con los resultados del análisis de Componentes Principales. Se presentan los valores Eigen para los 8 Componentes y las Sumas de extracción nada mas para 2 de ellos | 26 |
| Cuadro 7.5. Cuadro donde se muestran los valores de <i>t</i> para la prueba de las elevaciones y las pendientes, así como se muestra la ecuación para cada relación | 29 |
| Cuadro 7.6. Cuadro con las diferentes combinaciones, sus pendientes (<i>b</i>), su <i>r</i> ² y su intervalo de confianza Además en negrita se presentan los valores isométricos | 33 |

Índice de Figuras

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 2.1. Algunas de las formas presentes en la familia Carangidae | 7 |
| Fig. 2.2. Imagen de <i>Caranx caballus</i> | 8 |
| Fig. 2.3. Niveles de captura (en toneladas) para los estados de a) Jalisco y b) Colima | 10 |
| Fig. 7.1. Grafica del Análisis de Componentes Principales con el sexo como marcador | 27 |
| Fig. 7.2. Grafica del Análisis de Componentes Principales con los 6 estadios de madurez gonádica como marcadores | 28 |
| Fig. 7.3. Gráficas con las combinaciones entre la longitud estándar (Ls) y el resto de las variables | 31 |
| Fig. 7.4. Graficas de la combinación entre el peso total (ptot) y el resto de las variables. Para la combinación entre peso total y el ancho de la escama (anesc) se muestran las graficas para machos y hembras | 32 |

Resumen

Se usaron análisis de escala para determinar dimorfismo sexual, además de posibles diferencias entre los estadios de madurez gonádica en el carángido *Caranx caballus* (Gunther, 1868) colectados en la costa de Colima durante el año 2001. Los datos fueron obtenidos a partir de muestreos mensuales realizados por investigadores del CRIP-Manzanillo donde se tomaron biometrías, el estadio de madurez gonadal y el sexo de cada organismo muestreado, además de la colecta de escamas. Alcanzando una $n=554$. Para el análisis se usaron un total de 8 variables morfométricas, 5 biometrías y 3 medidas de escama. Las biometrías fueron: el largo total (Lt), largo estándar (Ls), altura (Alt), peso total (Ptot) y peso eviscerado (Pevi). Para las medidas de escama se tomó aleatoriamente una $n=277$ y cada muestra seleccionada fue montada entre 2 portaobjetos y se medían 5 escamas con forma más ó menos similar. Las medidas de escama que constituyeron las restantes 3 variables fueron el radio foco-anterior (resc), el largo (lesc) y el ancho (anesc). Para tratar de identificar posibles diferencias entre machos y hembras los datos pasaron por 3 pruebas: Análisis de Varianza (ANDEVA) con una prueba Student-Newman-Keuls (SNK), Análisis de Componentes Principales y un análisis de escala alométrico. El ANDEVA no mostró diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras pero sí para los organismos no determinados sexualmente para todas las variables excepto el radio de la escama donde no hay diferencia entre ningún grupo. Para el análisis de Componentes Principales, se tomaron 2 componentes que explican el 93.4% de la variación total. Mostrando en dicho análisis ningún agrupamiento distinguible, sugiriendo que no existe diferencia entre sexos. El análisis de escala tomó en cuenta todas las posibles combinaciones entre las variables morfométricas, obteniendo una ecuación de crecimiento para cada combinación en hembras y otra para machos. Las ecuaciones se compararon tratando de evidenciar diferencias entre estos. Los resultados no encuentran diferencias entre sexos para la mayoría de las variables, con ligeras diferencias entre la altura contra ambos pesos (total y eviscerado), y el ancho de escama contra los pesos. Sin embargo dichos resultados no muestran dimorfismo marcado. Además el análisis sugiere crecimiento alométrico para *Caranx caballus* en la mayoría de las combinaciones, a excepción de la altura contra ambos pesos y el peso total contra el eviscerado las cuales presentan isometría. Para el análisis entre estadios los datos se analizaron con un ANDEVA con una prueba SNK, y un análisis de Componentes Principales. Encontrando en la ANDEVA diferencias entre los estadios con agrupamientos marcados entre estos. Con 3 o 4 grupos para cada variable. El análisis de Componentes no encuentra diferencias entre ningún estadio, siendo lo más notorio un gradiente entre estos, sugiriendo

un posible cambio entre estos y la talla, y retrocesos a otros estadios posiblemente con estacionalidades, coherentes con la literatura.

1. Introducción

Las faunas ícticas del mundo están cambiando rápidamente. En los ríos y cuerpos de agua dulce, la extinción de especies endémicas se está volviendo un acontecimiento común, y mientras que la mayoría de nosotros somos tolerantes —por ignorancia o indiferencia— a este hecho, las especies agresivas continúan invadiendo ecosistemas degradados (Moyle y Cech, 2000).

En los sistemas marinos, las pesquerías se están colapsando. En todos los ambientes acuáticos se están documentando decrementos en la abundancia y la diversidad de peces. La causa directa de estos dramáticos cambios es el incremento exponencial en las poblaciones humanas. No únicamente explotamos los peces directamente a niveles insostenibles, sino que estamos compitiendo directamente con ellos por agua, espacio y comida. Si dichos efectos son buenos, malos o de no consecuencia alguna, depende del sistema de evaluación que sea utilizado, así como el contexto reinante en ese ambiente; sin embargo, dichos cambios están sucediendo, y debemos ser conscientes que el futuro de la humanidad está estrechamente vinculado al de los peces y al resto de la biota en la tierra (Moyle y Cech, 2000).

Se calcula que de las más de 28 000 especies de peces reconocidas a nivel mundial alrededor de 700 especies y 49 subespecies están consideradas actualmente en riesgo o en peligro. Estas se distribuyen en alrededor de 32 de 58 órdenes, perteneciendo a 4 de 6 clases (Almada-Villela, 1998; Froese y Pauly, 2002). En cuanto a peces marinos, existen relativamente pocos que se reconocen como amenazados (alrededor de 156 especies). Aunque esta situación pudiera cambiar rápidamente cuando se conozca más acerca de las condiciones en los océanos mundiales y el estado de las poblaciones de peces (Leidy y Moyle, 1997, en Moyle y Cech, 2000).

Uno de los factores que están llevando a los peces marinos a ese estado es la sobrepesca, ya sea pesca artesanal o comercial (Almada-Villela, 1998; Moyle y Cech, 2000). Los efectos más obvios envuelven a especies objetivo, definidas como especies buscadas y atrapadas por los pescadores. Dichas

especies incluyen a los mas altos predadores, como los serránidos, lutjánidos y balístidos, y su extracción puede tener efectos en cascada a través de la red trófica, como puede ser el aumento o decremento de otros eslabones o elementos de la red como pueden ser otros peces, equinodermos, etc. (Ruttenberg, 2001).

Entre las familias con especies depredadoras y cuyos volúmenes de pesca son altos en ciertas zonas se encuentra la familia Carangidae (Nelson, 1994; Johnson y Gill, 1998).

Para el Pacífico Central Mexicano (en particular las costas de Jalisco y Colima) se ha observado que los volúmenes de captura de dicha familia son elevados, particularmente en Colima. Así pues, según la SEMARNAT, para el ciclo comprendido entre los años 1997 y 1998, los volúmenes de pesca en Jalisco y Colima de carangidos fue de 17 y 330 toneladas respectivamente. El volumen obtenido de lutjánidos comprendido dentro del mismo periodo es de 734 para Jalisco y 304 toneladas de lutjánidos para Colima (Sánchez, 2003).

Este aspecto ha sido documentado por Cruz-Romero *et al.* (1993) quienes reportan que los volúmenes de pesca capturados entre los años de 1981 a 1987 de carangidos en Colima se encuentran siempre muy cercanos —aunque nunca al mismo nivel- a los de los pargos. Por ello se vuelve importante conocer aspectos de la biología de las especies que componen esta familia para proponer y sustentar programas de manejo apropiados para la pesquería. Algunos de los aspectos más importantes son la información concerniente al ritmo de crecimiento y la estimación de los parámetros que lo describen (Lux, 1971; Cubillos y Grechina, 1998).

Entre los diferentes métodos para analizar este punto se encuentran los análisis de escala, los cuales son utilizados para estudiar las consecuencias estructurales y funcionales de los cambios en tamaño entre organismos similares (Niklas, 1994; Liem *et al.*, 2000). Aunque también dichos análisis pueden referirse a los fenómenos en los que la velocidad de crecimiento de una característica no iguala al de una segunda (Huxley, 1924, 1932).

Cuando una estructura cambia con respecto a otra se dice que éstas pueden cambiar ya sea *alométricamente* (*allos* = diferente + *metron* = medida) o *isométricamente* (*isos* = igual + *metron* = medida), dependiendo del tipo de relación que exista entre estas. El primer caso se presenta cuando una estructura cambia en un orden de magnitud diferente respecto de una segunda estructura; el segundo caso indica que dicha relación entre estructuras no presenta diferencias en dicho cambio (Schlichting y Pigliucci, 1998; Liem *et al.*, 2000).

En el presente trabajo se usaron análisis de escala para determinar las diferencias entre algunos caracteres del carángido *Caranx caballus* en la costa de Colima durante un ciclo anual y establecer si estos cambian intersexualmente, y cuáles de dichos caracteres cambian alo ó isométricamente.

Los resultados son el inicio de una serie de estudios que se realizan para conocer mas de la biología de la especie, entre los que podemos mencionar determinación de crecimiento mediante estructuras duras (otolitos), reproducción, hábitos alimenticios, para que en conjunto puedan reflejar un panorama mas amplio acerca de esta especie y su lugar en los ecosistemas marinos de las costas del Pacífico Central Mexicano y mediante estos resultados, se proponga un programa de manejo apropiado para este recurso pesquero.

2. Antecedentes

2.1 Características y diagnosis del orden, y la familia

2.1.1 Orden Perciformes

Carangidae es una familia de peces que se incluye dentro del orden Perciformes. Dicho orden, con más de 9,200 especies, es el más grande de los vertebrados. Son extremadamente diversos, la mayoría está adaptado para la vida como depredadores en aguas someras o superficiales de los océanos o bien, en lagos (Moyle y Cech, 2001).

El nombre Perciforme significa literalmente “de forma o parecido a las percas (familia *Percidae*)”. En la actualidad se discute en torno a que el nombre no es adecuado debido a que la gran mayoría de los miembros de este grupo guardan muy poco o nulo parecido a las percas verdaderas (de los géneros *Micropterus*, *Etheostoma* [=*Etheostomani*], *Perca* y *Percina*). Los miembros del orden se encuentran en casi cada tipo de hábitat acuático existente, que van desde las corrientes de agua dulce de las altas montañas al océano profundo. La mayoría marinos. El intervalo de tamaños de los perciformes es igualmente impresionante, yendo desde los pequeños góbidos que maduran a menos de 1 cm hasta los grandes atunes pelágicos (como el marlin negro) que llegan a crecer mas de 4 metros (Moyle y Cech, 2001).

Este orden comprende 15 subórdenes, abarcando 150 diferentes familias, lo que ha producido un extraordinario arreglo de formas, que van desde peces delgados y elongados, pasando por el pez luna y las formas anguiliformes, hasta las formas habituales que conocemos mayormente, con una serie de formas intermedias (Johnson y Gill, 1998).

Los peces perciformes, sin embargo, usualmente presentan las siguientes características: (1) espinas en las aletas; (2) aleta dorsal ya sea doble o constituida de dos partes distintas, la parte anterior con una

espina notoria del resto; (3) aleta adiposa nunca presente; (4) aletas pélvicas en posición torácica o yugular, o ausentes; (5) aletas pélvicas con una espina y cinco o menos radios; (6) aletas pectorales sobre los lados del cuerpo, con una inserción vertical; (7) 17 o menos radios en la aleta caudal; (8) escamas ctenoideas o ausentes (sin embargo las cicloides presentes en formas nuevas); (9) la premaxila es el único hueso bordeando la mandíbula superior; (10) huesos orbitoesfenoides, mesocoracoides e intermusculares ausentes; y (11) vejiga gaseosa fisoclista o ausente (Moyle y Cech, 2001).

En el orden Perciformes, las líneas generales de evolución – y por ende los sistemas de clasificación – son un tanto confusas, según Weitzman (1998), el cual modifica un esquema de Nelson (1994), existen 15 subórdenes dentro del orden; para Moyle y Cech (2001) en cambio, modificando el mismo esquema, son 19 los subórdenes presentes. Para el primero por ejemplo, la familia Carangidae se ubica dentro de un suborden denominado Carangoidei, sin embargo en el esquema de Moyle y Cech (2001) la familia pertenece al suborden Percoidei. Para el presente trabajo se seguirá el trabajo de Moyle y Cech, por resultar un tanto más sencillo la explicación para su agrupamiento.

Así pues, aunque con un elevado número de subórdenes, casi el 57% de las especies se ubica en 8 familias (Gobiidae, Cichlidae, Labridae, Serranidae, Blenniidae, Pomacentridae, Sciaenidae y Apogonidae). En contraste, la mayoría de las 150 familias reconocidas aquí contienen a menos de 20 especies (Moyle y Cech, 2001).

2.1.2 Suborden Percoidei.

Este suborden contiene a un poco más de 2,850 especies, divididas en 71 familias (Moyle y Cech, 2001). Según Jonson y Gill (1998), a pesar de ser un suborden tan numeroso cerca del 48% del total de especies lo conforman tan solo 6 familias de peces marinos, siendo de las más diversas de los teleósteos: Serranidae (450 spp), Sciaenidae (270 spp), Apogonidae (200 spp), Haemulidae (175 spp), Carangidae (140 spp) y Lutjanidae (125 spp).

Por mucho, los miembros de este suborden presentan la clásica apariencia perciforme: cuerpo profundo a moderadamente elongado, dos aletas dorsales, ojos y hocico grandes, escamas ctenoides – algunas familias presentan cicloides o bien de ningún tipo- y aletas pélvicas torácicas. La mayoría se encuentra cerca de la orilla, y son predadores diurnos o crepusculares; y prácticamente la mayoría, sin excepción de talla, se pescan para consumo humano (Moyle y Cech, 2001).

2.1.3 Familia Carangidae.

Conocidos en español como jureles, pámpanos, palometas, cojinúas, cocineros, etc.; y en inglés como jacks, scads y pompanos, comprenden en total 140 especies divididas en 32 géneros. Son en su mayoría, peces importantes económicamente (Jonson y Gill, 1998).

La forma corporal va desde formas torpediformes hasta formas lateralmente compresas (Fig. 2.1) y son en su mayoría predadores de nado rápido. Esto se refleja en la aleta caudal profundamente bifurca y delgados pedúnculos caudales, las escamas son cicloideas, finas, y, presentan comúnmente cuerpos lateralmente compresos. Los carangidos pueden presentar una coloración que va desde tonalidades plateadas, azul o verde metálico hasta un amarillo o dorado (Moyle y Cech, 2001)

La gran gama de tamaños que presentan es igualmente impresionante, en estadios adultos algunas especies, no sobrepasan los 30 cm –como la macarela caballa - mientras que otras – como la caballa gigante *Caranx ignobilis* del Indo pacífico- pueden crecer hasta 170 cm y pesar mas de 35 kg. La mayor parte de las especies tienen las escamas posteriores de la línea lateral modificadas en estructuras espinosas conocidas como escudetes o escutelos. A juzgar por la distribución tan amplia de la mayoría de las especies, las larvas pueden llevar una existencia pelágica por periodos largos. Con frecuencia forman grandes cardúmenes y nadan considerables distancias. Pueden alimentarse de una amplia variedad de peces, aunque algunas especies se alimentan también de moluscos, crustáceos y plancton (Allen y Robertson, 1998)

La mayoría de carangidos se agregan formando cardúmenes y se alimentan de peces más pequeños como sardinas o anchoas, a los cuales capturan mediante ataques rápidos y repentinos (Moyle y Cech, 2001).

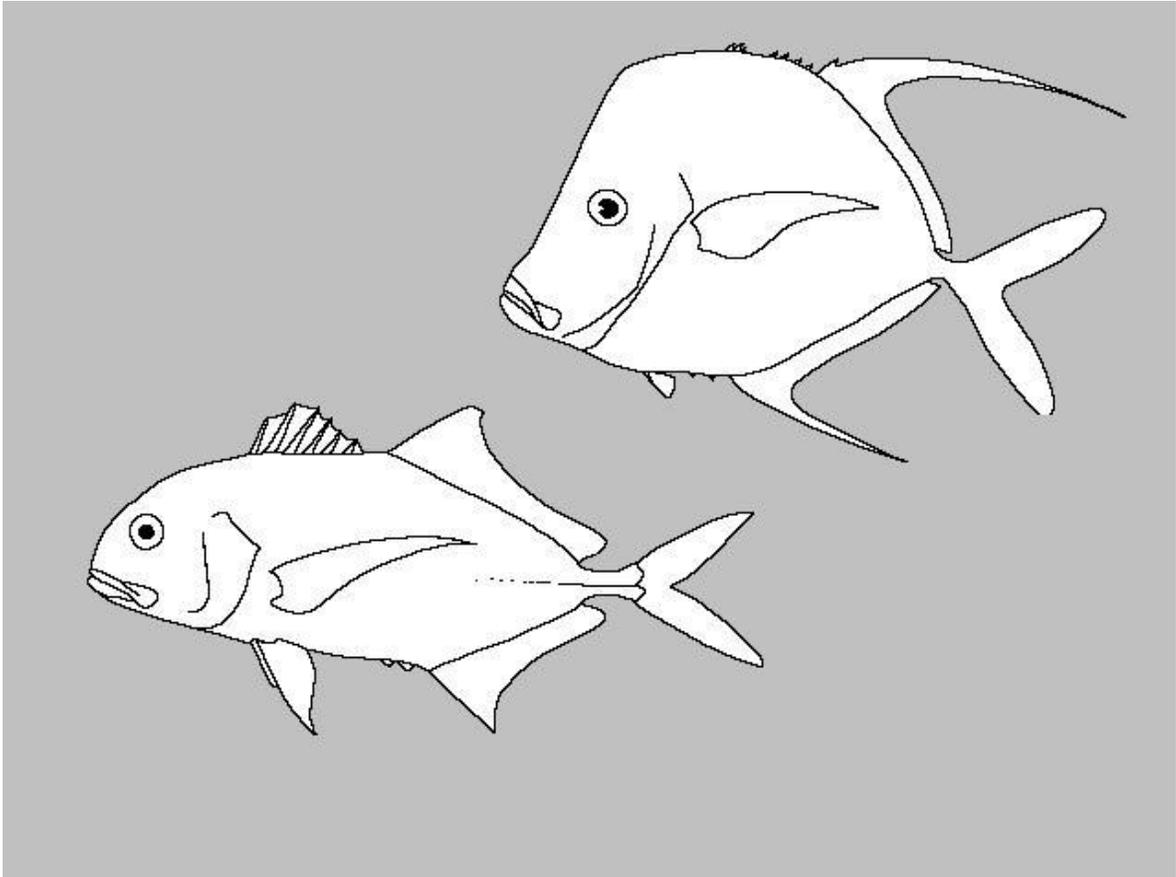


Fig. 2.1 Algunas de las formas presentes en la familia Carangidae (tomada de Froese y Pauly, 2002)

Nelson (1994) agrega que además son peces principalmente marinos, raramente encontrados en aguas salobres. Se distribuyen en los océanos Atlántico, Indico y Pacífico. Juveniles de tamaño moderado a grande, y estos juntos con los adultos con dos aletas dorsales. La aleta dorsal anterior presenta de 3 a 9 espinas, la posterior con una espina y usualmente entre 18 y 37 radios suaves. Presentan comúnmente 3 espinas en la aleta anal (las dos primeras separadas de la última) y usualmente de 15 a 31 radios. Pedúnculo caudal delgado y entre 24 y 27 vértebras, usualmente 24.

2.2 Características y ubicación filogenética de *Caranx caballus* (Gunther, 1868)

2.2.1 *Caranx caballus* (Gunther, 1868)

Algunas de las características distintivas de esta especie son: 18-21 radios en la aleta dorsal posterior; 3 espinas anales y 25 vértebras. Con una talla máxima de 55 cm de largo horquilla y un peso máximo de 2,810 g, y se encuentra en profundidades de entre 3 a 100 mts (Smith-Vaniz, 1995). Allen y Robertson (1998) lo caracterizan también por formar grandes cardúmenes y presentar una mancha oscura en el opérculo. Se distribuye del sur de California a Perú, incluyendo las Galápagos. Y reportan un largo total máximo de 70 cm.

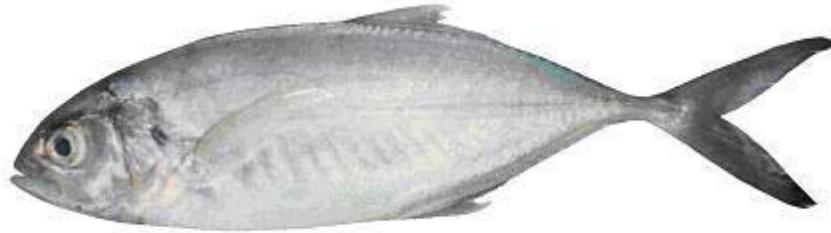
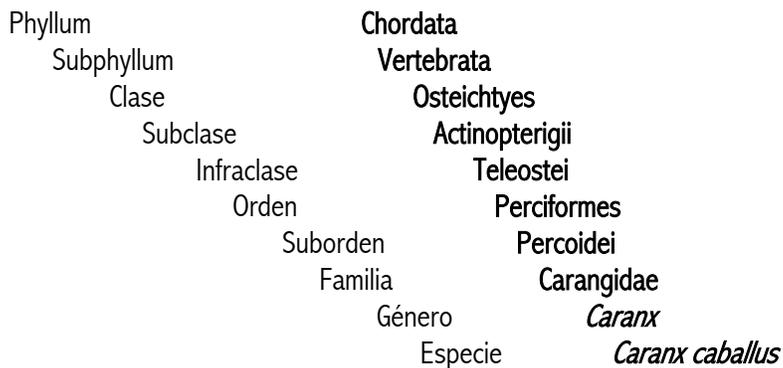


Fig. 2.2 Imagen de *Caranx caballus*

Se encuentra sobre la plataforma continental, generalmente cerca de la costa aunque también se hallan en aguas mas profundas, y en ocasiones entran a esteros. Los juveniles se encuentran frecuentemente en aguas estuarinas. Se alimentan de peces principalmente, pero también toman calamares, camarones y otros invertebrados (Smith-Vaniz, 1995 en Froese y Pauly, 2002).

Su esquema clasificativo es el siguiente (Moyle y Cech, 2001):



2.2.2 Pesquerías de *Caranx caballus* en Jalisco y Colima

Caranx caballus es en ambas entidades un pez de importancia comercial media. Es considerado producto de tercera clase, con un precio que oscila alrededor de los 8 pesos el kilogramo, y cuya presentación es entero, fresco-enhielado. Su uso es para consumo humano (mas orientado hacia la familia del pescador y allegados) o bien como carnada (Espino-Barr *et al.*, 2002 y 2003). Datos de longitud total (Lt), longitud estándar (Ls) y peso total (PTot) al momento de captura presentan diferencias de un estado a otro (cuadro 2.1), pudiendo deberse estas a la intensidad de pesca en ambos estados, siendo mayor en Colima.

Cuadro 2.1. Promedio, máximo y mínimo de Longitud estándar o patrón (Ls), longitud total (Lt) y peso total (PTot), para la pesca del cocinero en Jalisco y Colima. Ls y Lt son dados en centímetros, Ptot en gramos (modificada de Espino-Barr *et al.*, 2002 y 2003)

| | Jalisco | | | Colima | | |
|----------|---------|-------|---------|--------|------|-------|
| | Ls | Lt | Ptot | Ls | Lt | PTot |
| Promedio | 26.26 | 34.56 | 474.57 | 22.8 | 29 | 299 |
| Máximo | 37.3 | 48.23 | 1198.75 | 44 | 53.3 | 1,688 |
| Mínimo | 7 | 10.71 | 14.47 | 14.3 | 19.3 | 87 |

En este sentido Espino-Barr *et al.* (*op.cit.*) reportan como artes de pesca para este recurso la red agallera y línea de mano en ambas entidades, además de la almadabra y el chinchorro playero en Colima

Cruz-Romero *et al.* (1993) mencionan algunos aspectos importantes de la pesquería de este recurso. De acuerdo a los datos de la captura comercial de 1983 a 1986 de la familia Carangidae en la costa de Colima, esta familia representa un volumen muy grande de pesca sólo menor a la familia Lutjanidae (pargos y huachinangos). Conforme a lo reportado del '80 al '87 esta pesquería ha representando alrededor del 15.24% de la captura total efectuada en esta entidad. Dichos números han aumentado de entonces a la fecha, tanto así que SEMARNAT reporta que para el periodo del '97-'98 ha superado en volumen de pesca a los lutjánidos en este Estado (Sánchez, 2003).

Los registros históricos de pesca para ambos Estados se presentan en la fig. 2.3 (Espino-Barr *et al.*,

op.cit.)

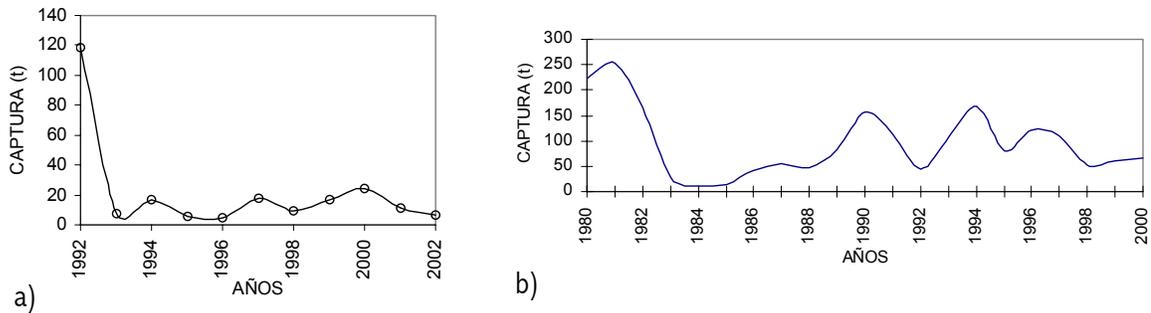


Fig. 2.3. Niveles de captura (en toneladas) para los estados de a) Jalisco y b) Colima

2.3. Análisis de escala: Crecimiento Isométrico y Alométrico

En las ciencias físicas, la conducta dependiente de tamaño de varios sistemas se evalúa por medio de análisis de escala. En este contexto, *escala* se refiere a la proporción que una representación dada de un objeto o sistema semeja al prototipo de estos. Aunque las cosas vivas no son ni “objetos” mecánicos ni “sistemas” químicos, ellos innegablemente muestran variaciones correlacionadas en la forma orgánica y procesos orgánicos (Niklas, 1994).

La anatomía y función de órganos depende parcialmente del tamaño corporal. Debido a que los vertebrados varían grandemente en tamaño, los biólogos usan los análisis de escala para estudiar las consecuencias estructurales y funcionales de los cambios en tamaño entre organismos similares (Liem *et al.*, 2000)

Cuando crece en tamaño y se desarrolla, cada tipo de organismo, ya sean vegetal o animal, sufren una serie de cambios en la forma externa (morfología), estructura interna (anatomía), y proceso (metabolismo y esfuerzo reproductivo). Estos cambios parecen desdoblarse en una manera organizada durante la ontogenia y, cuando permanecen sin disturbio alguno, tienden a producir las

proporcionalidades orgánicas del adulto, características de la especie a la cual cada individuo pertenece (Niklas, 1994).

La tendencia por parte del crecimiento (definido como cualquier incremento permanente en tamaño) y el desarrollo (definido de dos maneras: como cualquier cambio ordenado en la forma externa –también llamado morfogénesis- o en la estructura interna –conocido como histogénesis-) para llevar la forma adulta hacia la norma de una especie permite variación entre adultos en una manera aparentemente moldeada por las condiciones externas atendiendo los costos del crecimiento y el desarrollo como una evidencia fuertemente circunstancial de que todos los niveles de organización se encuentran altamente integrados y sintonizados hacia el ambiente físico (Niklas, 1994).

Acorde a Liem *et al.* (2000), los análisis de escala pueden ser ilustrados mediante el examen de los efectos de doblar el tamaño de un cubo. Si la dimensión linear del cubo (dígase el largo de cada lado) se duplica, entonces el cubo inicial y el resultante se dice que son geoméricamente similares, o *isométricamente* similares (del griego *isos* = igual + *metron* = medida). El área de la superficie y el volumen del cubo, sin embargo, no cambian en la misma proporción a su dimensión linear. Si una dimensión linear de un cubo se duplica, dígase su área de superficie, la cual es una cantidad bidimensional, se incrementa por el cuadrado del incremento linear, o cuatro veces ($2^2=4$), y su volumen, el cual es una cantidad tridimensional, se incrementa por el cubo del incremento linear, u ocho veces ($2^3=8$). Si las dimensiones lineares del cubo fuesen cuadruplicadas, entonces el área de superficie se incrementaría 16 veces ($4^2=16$), y el volumen, 64 veces ($4^3=64$). Dicho de otra manera:

$$\text{Área de superficie} = (\text{Altura})^2$$

$$\text{Volumen} = (\text{Altura})^3, \text{ o } \text{Altura} = \text{Volumen}^{1/3}$$

$$\text{Área de superficie} = \text{Volumen}^{2/3}$$

La última ecuación, la cual deriva de las primeras dos, dice que cuando los objetos geoméricamente similares incrementan en tamaño, su área de superficie se incrementa más lentamente de lo que hace su volumen (a únicamente $2/3$ del exponente del volumen). Cuando se grafica el área de superficie contra volumen, la pendiente de la curva decrece cuando el volumen incrementa. Cuando los mismos datos se grafican en coordenadas logarítmicas, la curva es una línea recta con una pendiente de $2/3$ ó 0.67 (Liem *et al.*, 2000).

Las mismas reglas aplican a los animales que incrementan (o bien presentan decrementos) en tamaño durante la historia de su propia ontogenia. En el cubo discutido anteriormente cada dimensión fue duplicada (esto es, cambio en la misma proporción, o *isométricamente*), sin embargo, las dimensiones lineares de partes comparables de animales usualmente no cambian en la misma proporción. En lugar de esto, tienden a crecer en proporciones diferentes o *aloméricamente* (del griego *allos* =otro + *metron* = medida).

El intervalo de tamaños de los vertebrados adultos es enorme, desde algunos peces muy pequeños que pesan 1 gramo a una ballena azul, la cual puede pesar 100 toneladas; esto es, un rango de 8 ordenes de magnitud. La masa se incrementa como el cubo del incremento en dimensiones lineares, pero la fuerza de los materiales de soporte (huesos) y los músculos para moverse se incrementan en proporción a su área, es decir una función cuadrada. Si la isometría fuese mantenida durante el cambio en tamaño, entonces los animales grandes no podrían apoyarse o moverse por si mismos. Además, cuando los animales crecen y se vuelven más grandes, el área de superficie a lo largo de la cual la comida es absorbida, el intercambio gaseoso es llevado a cabo o los productos de deshecho son eliminados, se volvería inadecuada. Aunque el área de superficie se incrementa en términos absolutos cuando los animales crecen, el área de superficie decrece relativamente a la masa requerida para estos procesos. A estas diferencias se les conoce durante el desarrollo ontogénico como *crecimiento alométrico* (Liem *et al.*, 2000).

Según Niklas (1994), la palabra alometría presenta dos significados: (1) el crecimiento de una parte de un organismo en relación al crecimiento del organismo completo o alguna otra parte de éste, y (2) el estudio de las consecuencias de tamaño sobre la forma orgánica y el proceso. En las ciencias biológicas, el estudio de las variaciones correlacionadas a tamaño en forma orgánica y proceso tradicionalmente recibe, de igual manera, el nombre de *alometría*. Por esta razón, se habla de análisis de escala y en particular de crecimiento alométrico, debido que no se buscará establecer efectos de tamaño sobre la forma orgánica ni proceso.

Por el contrario, según Huxley (1924, 1932) y Liem *et al.* (2000), el análisis de escala alométrico únicamente busca determinar algún cambio entre la relación de las variables, como pudiese ser el cambio en alguna parte del cuerpo, o el nivel de actividad, relativo a otro (usualmente masa corporal medido como peso). Así pues, la fórmula general de la ecuación alométrica es:

$$y = ax^b$$

Donde:

y = variable dependiente (tamaño o actividad de alguna parte)

a = coeficiente de proporcionalidad, el cual es el intercepto de la línea de regresión sobre el eje de las y 's cuando $x = 0$

x = variable independiente

b = pendiente de la línea de regresión o también conocida como el coeficiente de alometría.

Así pues, la pendiente (b) es la indicadora de la relación que se da entre las variables y muestra cuándo dicha relación es isométrica ó alométrica; como se mencionó, la isometría se logra cuando el

cambio de una variable con respecto a otra es constante e igual. Esto depende del tipo de combinación entre las variables, cuando se busca la relación entre dos variables de igual dimensión (hábese de dos cuestiones lineares, o volumen contra volumen) el valor de b deberá ser igual a 1 para considerarse isométrico. Cuando se relacione un valor linear contra un área dicho valor de la pendiente deberá ser 2; cuando se busque la relación entre una dimensión linear y un volumen entonces dicho valor deberá ser de 3. Por ultimo cuando se relacione el área contra el volumen de dos estructuras, dicho valor será igual a 0.67 –ver cuadro 2.2- (Schlichting y Pigliucci, 1998; Liem et al., 2000).

Cuadro 2.2. Cuadro con los valores de isometría cuando se relacionan dos variables de diferente o igual dimensión

| | <i>Longitud</i> | <i>área</i> | <i>Volumen</i> |
|-----------------|-----------------|-------------|----------------|
| <i>Longitud</i> | 1 | 2 | 3 |
| <i>Área</i> | 0.5 | 1 | 0.67 |
| <i>Volumen</i> | 0.33 | 0.67 | 1 |

2.4. Antecedentes históricos del uso de los análisis de escala

Los primeros análisis de la relación entre variables de crecimiento diferenciales y su significancia fueron hechos por Huxley (1924). Además él mismo hace, en 1932, un estudio de los problemas del crecimiento relativo estableciendo y utilizando la palabra alometría para referirse a las variaciones correlacionadas a tamaño en forma orgánica y en proceso.

Posteriormente Thomson (1956) hace un estudio del mugilido *Aldrichetta forsteri*, interpretando escamas. Aunque bastante detallado en cuanto al patrón y la forma de las escamas en diferentes estructuras del pez, lo más loable de este estudio es que establece algunas correlaciones entre el largo de la escama y el largo del pez, determinando una relación entre el crecimiento del cuerpo y la escama. Y aunque la relación que estableció es lineal, es una aproximación a este tipo de relaciones bastante bueno.

En 1959, Blackburn estudia dos poblaciones de barracudas *Thyrsites atun* en Australia, una en el sur de Victoria y la otra en el sureste de Tasmania. En este estudio establece la relación entre el largo horquilla y el peso total del pez, y usa la regresión de tipo exponencial característica de las relaciones alométricas. Además establece un factor de condición para diferencias estacionales entre ambas poblaciones. Un detalle curioso de este estudio es que obtiene ecuaciones bastante diferentes para ambas poblaciones en cuanto a posición pero no en la pendiente (o en otras palabras difieren grandemente en la a y en cambio presentan una b similar), las razones de esta causa tienen que ver con la condición del pez.

En 1972 Van Utrecht y Schenkkan utilizaron registros fotométricos de la variación en la densidad de escamas, vértebras, opérculos, radios de las aletas, huesos Weberianos y dientes faríngeos de 39 individuos de *Leuciscus idus*, y establecieron mediante el análisis de longitudes en los periodos de crecimiento y mediante el cambio en el carácter del patrón de registros que la tasa de crecimiento disminuye a partir del 3er año de vida en machos y a partir del 4to en hembras. Al igual que en el anterior caso, establecen de nueva cuenta un patrón alométrico entre el largo del pez y diferentes datos de las estructuras utilizadas para el estudio.

En 1991, Klingenberg y Froese hacen una crítica a los métodos multivariables multi-grupos (particularmente el análisis de componentes principales) para la corrección de tamaño en los estudios alométricos. Dichos métodos asumen que los grupos en el estudio comparten un patrón alométrico de crecimiento común, cuando en realidad esta hipótesis es raramente comprobada de manera empírica. Concluyen en su estudio que dicho análisis no debe de ser aplicado sin un examen previo de la variación entre los grupos.

Siguiendo esta línea de revisiones, Safran (1991) hace un análisis teórico acerca de la relación entre el largo y el peso en peces juveniles, con la intención de asignar la significancia del factor alométrico (b)

y la validez del factor de condición(a) en la ecuación de la relación alométrica (o la ecuación de la regresión exponencial). Concluyendo en su estudio que el exponente b (factor alométrico) juega un papel clave en la ecuación de la regresión, siendo menos importantes la a así como el factor K (índice de ponderancia).

Otro estudio realizado en juveniles del carángido *Oligoplites palometa* por Acero *et al.* (1996) en Colombia demuestra la presencia de crecimiento alométrico, sobre todo en lo relacionado con el largo del cuerpo y el ancho de éste, refutando lo presentado anteriormente en un estudio por Smith-Vaniz y Staiger en 1973.

3. Justificación

Los estudios de alometría en las especies aportan datos sobre su biología. En particular acerca del desarrollo ontogénico de los organismos, dando así una clara idea de los parámetros de crecimiento, en particular los relacionados a largo y peso. Así pues, el conocimiento detallado de la composición de tallas y sus cambios en “stocks” de especies explotadas comercialmente es muy importante para el análisis de su dinámica de poblaciones (Van Utrecht y Schenkkan, 1972).

Una aplicación económica útil, estableciendo los patrones alométricos de una especie de pez de importancia comercial, y relacionando esto con los datos de fecundidad, maduración, crecimiento, y selectividad de arte, puede darse más soporte a un programa de manejo pesquero, y por tanto, apoyar con mayor firmeza una propuesta de sustentabilidad.

Hablando particularmente de *Caranx caballus*, por la búsqueda bibliográfica realizada hasta el momento no se ha encontrado ningún artículo relacionado al tema, y lo más cercano (Froese y Pauly, 2002) es un análisis hecho con base a los píxeles de la ilustración científica digitalizada con la que cuenta su base de datos, en los que por cierto, únicamente se relacionan el largo total y estándar del pez con el largo total.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

- Realizar un análisis de escala entre 8 variables en el carángido *Caranx caballus* y determinar qué tipo de relación se da entre éstas

4.2 Objetivos particulares

- Describir algunas variables biométricas de *Caranx caballus*
- Determinar si existen diferencias entre las biometrías de hembras y machos
- Determinar si existen diferencias entre el análisis de escala de hembras y machos
- Determinar las relaciones alométricas e isométricas en las variables de talla peso, largo y ancho de escama, etc.

5. Hipótesis

La relación entre las variables morfológicas durante el crecimiento de *Caranx caballus* es alométrica, y no isométrica. Además existen diferencias intersexuales determinadas por las diferencias biológicas inherentes a estos.

6. Materiales y métodos

6.1 Materiales

- Se realizaron muestreos mensuales durante el 2001 por parte de investigadores del CRIP-Manzanillo en todo el estado de Colima (n=554). Se tomaron las siguientes biometrías de cada organismo: el largo total (t), largo patrón o estandar (s), altura del pez (alt), peso total ($ptot$) y peso eviscerado ($pevi$). Además se observó el sexo del individuo (hembras, machos e indefinidos) y el estado de madurez gonádica (Nikolsky, 1963; Socolov y Wong, 1975; Cruz *et al.*, 1991).
- En dichos muestreos se colectó escamas de cada organismo que era medido, mismas que se colocaban en sobres y eran etiquetados.
- Del total de muestras de escamas se montaron la mitad (n= 277) entre dos portaobjetos y se etiquetaron individualmente con los datos del organismo (según Lux, 1971).
- Se proyectaron las escamas a una distancia constante mediante el uso de un proyector de diapositivas estándar. Para el análisis se utilizaron las siguientes medidas: el ancho ($anesc$), el largo ($lesc$) y el radio foco-anterior ($resc$). De cada muestra se midieron cinco escamas con formas similares (omitiendo las deformes, rotas o dobladas). Las medidas de las escamas de cada organismo se promediaban. Antes del análisis se realizó la conversión para determinar su tamaño real en milímetros (según Lux, 1971).

6.2 Métodos

- Los datos de biometrías fueron capturados en 3 hojas de cálculo para el análisis, una con datos totales (hembras, machos e indefinidos), otra solamente para hembras y otra más sólo para machos.
- Lo mismo fue hecho para las escamas, obteniendo 3 hojas de cálculo similares.
- Mediante el programa SPSS ver. 11.0.1 se realizó un Análisis de Varianza (abreviado de aquí en adelante como ANDEVA) de una vía, tratando de determinar posibles diferencias entre las variables, tomando como factores el sexo y el estadio de madurez gonadal. Para separar posibles grupos dentro del análisis se procedió a realizar posterior a la ANDEVA una prueba Student-Newman-Keuls, también conocida como prueba SNK (Steel y Torrie,1988; Spiegel, 1991; Zar, 1996)
- Utilizando el mismo programa se analizó el conjunto de datos para determinar mediante un Análisis de Componentes Principales que variables presentan mayor importancia (Hair *et al.* 1999).
- Los datos se transformaron a logaritmo base 10 para ajustarlos al modelo de regresión exponencial (Spiegel, 1991), el cual sigue la siguiente fórmula:

$$y = aX^b$$

ó

$$\log y = \log a + b(\log X)$$

- De las hojas de cálculo para machos y hembras se tomaron las combinaciones posibles entre variables y estas se graficaron en diagramas de dispersión mediante el programa SigmaPlot ver. 7.0, y se determinó la ecuación de regresión exponencial para cada relación y su coeficiente de correlación.

- Mediante un análisis de comparación de las pendientes (b) y las elevaciones (a) para machos y hembras se determinó si las ecuaciones son diferentes o no (Zar, 1996), es decir si la relación obtenida para un par de variables es diferente para machos y hembras.
- Cuando no existió diferencia entre machos y hembras para ese par de variables el análisis se realizó para los datos en conjunto.
- Mediante la obtención de los intervalos de confianza para cada valor de pendiente, cuales relaciones se asemejan mas a la alometría ($b \neq 1$, para relaciones lineares, $b \neq 2$, para las relaciones cuadradas; y $b \neq 3$ para relaciones cúbicas); y cuales en cambio cumplen un patrón de crecimiento mas tendiente a la isometría -es decir, que la $b = 1, 2$ o 3 , o dichos valores estén dentro del intervalo de confianza para un coeficiente (Niklas, 1994; Schlichting y Pigliucci, 1998; Liem *et al*, 2001).
- Para determinar el intervalo de confianza para el valor de la pendiente se atendió al procedimiento citado por Zar (1996), el cual obedece a la siguiente formula:

$$b \pm t_{\alpha(d.f.)}SE$$

Donde, b = la pendiente; $t_{\alpha(d.f.)}$ = el valor de t obtenido de la tabla de valores, con α por ciento de confianza, y n grados de libertad; y SE = el error estándar para b obtenido de la regresión.

7. Resultados

7.1 Valores estadísticos descriptivos

Los parámetros de algunas variables descriptivas de los organismos muestreados son los valores mínimos (*min*) y máximos (*max*), el promedio (\bar{x}) y la desviación estándar (*DE*). En el cuadro 7.1 se muestran los resultados. Cabe considerar que los organismos provienen de la pesca artesanal (mediante chinchorro, almadraba, y línea de mano) realizada en la entidad, por lo que no existen organismos juveniles de menor tamaño.

Cuadro 7.1. Cuadro con algunos valores descriptivos estadísticos. Numero de datos (n), valor mínimo (min), valor máximo (max), promedio (\bar{x}) y desviación estándar (DE). Las unidades son dadas en centímetros para *Ls*, *Lt* y *Alt*; gramos para *Ptot* y *Pevi*; y milímetros para *resc*, *Lesc* y *Anesc*.

| | <i>Ls</i> | <i>Lt</i> | <i>Alt</i> | <i>Ptot</i> | <i>Pevi</i> | <i>resc</i> | <i>Lesc</i> | <i>Anesc</i> |
|------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>N</i> | 554 | 554 | 554 | 554 | 554 | 277 | 277 | 277 |
| <i>Min</i> | 13.5 | 18 | 3.2 | 64 | 58 | 1.0 | 1.9 | 1.9 |
| <i>Max</i> | 46 | 58.5 | 13.1 | 2044 | 1826 | 2.9 | 5.4 | 6.2 |
| \bar{X} | 24.02 | 31.49 | 7.26 | 395.81 | 356.20 | 1.59 | 3.07 | 3.43 |
| <i>DE</i> | 5.67 | 7.21 | 1.65 | 329.29 | 294.98 | 0.38 | 0.64 | 0.73 |

7.2 Análisis de Varianza (ANDEVA)

Se realizaron dos ANDEVA de una vía ($\alpha = 0.05$) para las diferentes variables tratando de determinar diferencias entre estas (Steel y Torrie, 1988; Spiegel, 1991; Zar, 1996). Los factores a considerar para este fueron el sexo y el estadio de madurez gonádica; para el primer caso los resultados se resumen en el cuadro 7.2. Las variables para longitud patrón o estándar (*ls*), longitud total (*lt*), altura (*alt*), se dan en centímetros, para ambos pesos -peso total (*pest*) y peso eviscerado (*pesevi*)-, las unidades se dan en gramos, y para las 3 variables de escama restantes -radio (*resc*), largo (*lesc*) y ancho (*anesc*)- las unidades son milímetros.

Para todos los casos se da su nivel de significancia. Además se realizó una comparación múltiple (prueba SNK, o prueba de Student-Newman-Keuls) para determinar las posibles diferencias entre todos

los posibles pares de medias (Zar, 1996); donde los resultados de dicho análisis sugieren que no existen diferencias entre las variables para machos y hembras pero sí para los indeterminados sexualmente (columnas de la derecha en la tabla), a excepción del radio de la escama donde no existen diferencias entre los sexos. Los resultados de los agrupamientos son las medias de los datos, dados en las unidades antes mencionadas.

Cuadro 7.2. ANDEVA y prueba SNK para las diferentes variables con sexo como factor

| Variable | Sexo | N | F | Sig. | Grupos | |
|----------|------|-----|---------|-------|----------|----------|
| | | | | | 1 | 2 |
| Ls | ? | 14 | 10.9233 | >0.05 | 17.2286 | |
| | ♀ | 292 | | | | 24.0610 |
| | ♂ | 247 | | | | 24.3263 |
| Lt | ? | 14 | 10.3060 | >0.05 | 23.0714 | |
| | ♀ | 292 | | | | 31.5315 |
| | ♂ | 247 | | | | 31.8235 |
| Alt | ? | 14 | 9.4631 | >0.05 | 5.4286 | |
| | ♀ | 292 | | | | 7.2795 |
| | ♂ | 247 | | | | 7.3348 |
| Ptot | ? | 14 | 4.4832 | >0.05 | 139.5714 | |
| | ♀ | 292 | | | | 395.6404 |
| | ♂ | 247 | | | | 406.3846 |
| Pevi | ? | 14 | 4.5577 | >0.05 | 125.8571 | |
| | ♀ | 292 | | | | 353.2637 |
| | ♂ | 247 | | | | 366.8704 |
| Resc | ? | 8 | 1.6093 | n.s. | 1.3750 | |
| | ♀ | 126 | | | | 1.6262 |
| | ♂ | 143 | | | | 1.6573 |
| Lesc | ? | 8 | 4.2839 | >0.05 | 2.4750 | |
| | ♀ | 126 | | | | 3.0484 |
| | ♂ | 143 | | | | 3.1406 |
| Anesc | ? | 8 | 4.6563 | >0.05 | 2.5875 | |
| | ♀ | 126 | | | | 3.3373 |
| | ♂ | 143 | | | | 3.4413 |

Para el caso de los estadios de madurez gonádica como factor se eliminó el estadio 6 del análisis por tener únicamente 1 registro, y nuevamente se llevo a cabo la análisis. El cuadro siguiente presenta los resultados. En todas las variables existen diferencias entre los estadios. Para el agrupamiento 3 variables (*lt*, *alt* y *anesc*) presentan 4 grupos y las restantes 5 variables presentan 3 grupos.

Cuadro 7.3. ANDEVA y prueba SNK para las diferentes variables con el estadio de desarrollo gonadal como factor

| Variable | Estadio | n | F | Sig. | Grupos | | | |
|----------|---------|-----|---------|-------|----------|----------|----------|---------|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ls | 0 | 9 | 25.4021 | >0.05 | 17.0778 | | | |
| | 1 | 5 | | | 17.5000 | | | |
| | 2 | 319 | | | | 22.5555 | | |
| | 3 | 162 | | | | 25.5926 | 25.5926 | |
| | 4 | 28 | | | | | 28.6143 | |
| | 5 | 30 | | | | | 29.7333 | |
| Lt | 0 | 9 | 26.0312 | >0.05 | 23.0600 | | | |
| | 1 | 5 | | | 23.0778 | | | |
| | 2 | 319 | | | | 29.5850 | | |
| | 3 | 162 | | | | 33.4093 | 33.4093 | |
| | 4 | 28 | | | | | 37.4000 | 37.4000 |
| | 5 | 30 | | | | | | 39.0167 |
| Alt | 0 | 9 | 29.5114 | >0.05 | 5.3400 | | | |
| | 1 | 5 | | | 5.4778 | | | |
| | 2 | 319 | | | | 6.8157 | | |
| | 3 | 162 | | | | 7.6753 | 7.6753 | |
| | 4 | 28 | | | | | 8.6964 | 8.6964 |
| | 5 | 30 | | | | | | 9.2067 |
| Ptot | 0 | 9 | 15.9061 | >0.05 | 130.4444 | | | |
| | 1 | 5 | | | 156.0000 | | | |
| | 2 | 319 | | | 320.0533 | 320.0533 | | |
| | 3 | 162 | | | | 468.6235 | 468.6235 | |
| | 4 | 28 | | | | | 632.2857 | |
| | 5 | 30 | | | | | 672.8667 | |
| Pevi | 0 | 9 | 15.2254 | >0.05 | 116.8889 | | | |
| | 1 | 5 | | | 142.0000 | | | |
| | 2 | 319 | | | 288.6113 | 288.6113 | | |
| | 3 | 162 | | | | 420.3086 | 420.3086 | |
| | 4 | 28 | | | | | 565.6071 | |
| | 5 | 30 | | | | | 592.5333 | |
| Resc | 0 | 6 | 11.6930 | >0.05 | 1.3667 | | | |
| | 2 | 151 | | | 1.5113 | 1.5113 | | |
| | 3 | 89 | | | | 1.7382 | 1.7382 | |
| | 5 | 17 | | | | | 2.0176 | |
| | 4 | 11 | | | | | 2.0182 | |
| Lesc | 0 | 6 | 19.0572 | >0.05 | 2.4000 | | | |
| | 2 | 151 | | | | 2.8695 | | |
| | 3 | 89 | | | | 3.2539 | | |
| | 5 | 17 | | | | | 3.7235 | |
| | 4 | 11 | | | | | 3.8000 | |
| Anesc | 0 | 6 | 15.3829 | >0.05 | 2.5000 | | | |
| | 2 | 151 | | | | 3.1351 | | |
| | 3 | 89 | | | | 3.5989 | 3.5989 | |
| | 5 | 17 | | | | | 3.9412 | 3.9412 |
| | 4 | 11 | | | | | | 4.2636 |

En su mayoría, los primeros estadios forman grupos más o menos homogéneos, presentando una mayor variabilidad en los últimos estadios.

7.3 Análisis de Componentes Principales

Mediante el programa SPSS se llevo a cabo un análisis de componentes principales (según Hair *et al.* 1999) usando todas las variables y agrupando estas con el sexo y el estadio de desarrollo gonádico como factores. En el cuadro siguiente se muestran los valores Eigen y la varianza acumulada para dichos valores, y las sumas de extracción de carga cuadradas para 2 factores. Aunque el análisis reconoce 8 factores, se toman solamente 2 de ellos por explicar el 93.418% de la variación. Además como se observa en los valores Eigen totales solamente el primer componente tiene un valor mayor a uno (6.93), y el segundo componente siendo el más alto de los restantes (0.543), por lo que para graficar los datos nada más se usan estos dos componentes en 2 ejes (X -componente 1-,e Y –componente 2-).

Cuadro 7.4. Cuadro con los resultados del análisis de Componentes Principales. Se presentan los valores Eigen para los 8 Componentes y las Sumas de extracción nada mas para 2 de ellos.

| Componente | Valores Eigen iniciales | | | Sumas de la extracción de cargas cuadradas | | |
|------------|-------------------------|---------------|--------------|--------------------------------------------|---------------|--------------|
| | Total | % de Varianza | % Cumulativo | Total | % de Varianza | % Cumulativo |
| 1 | 6.930 | 86.629 | 86.629 | 6.930 | 86.629 | 86.629 |
| 2 | 0.543 | 6.789 | 93.418 | 0.543 | 6.789 | 93.418 |
| 3 | 0.360 | 4.506 | 97.924 | | | |
| 4 | 0.090 | 1.119 | 99.043 | | | |
| 5 | 0.038 | 0.471 | 99.515 | | | |
| 6 | 0.023 | 0.285 | 99.800 | | | |
| 7 | 0.014 | 0.171 | 99.971 | | | |
| 8 | 0.002 | 0.029 | 100.000 | | | |

Las figuras siguientes (7.1 y 7.2) muestran las gráficas para el análisis de componentes del sexo y del estadio como marcadores. En la grafica 7.1 tanto machos, hembras como indefinidos no forman ningún agrupamiento distinguible uno del otro. Lo único apreciable de dicho caso es que se forma un gradiente

en los datos con los indefinidos hacia la izquierda y el resto de los datos hacia la derecha, dichos resultados muestran que no existe agrupamiento alguno en los datos, por lo que se puede asumir que no existe diferencia entre sexos en base a los dos primeros componentes, lo cual no concuerda con los resultados expuestos en el ANDEVA con el sexo como factor en el cual no se observa diferencia entre machos y hembras pero si para indeterminados.

En la gráfica 7.2 , con el estadio de madurez gonádica como marcador, se aprecia la misma tendencia en gradiente, aunque los grupos que se separan ligeramente del resto son los estadios 4,5 y 6 ubicados a la derecha, lo que indica que existe ligera relación entre el tamaño de los organismos y el estadio de desarrollo gonádico.

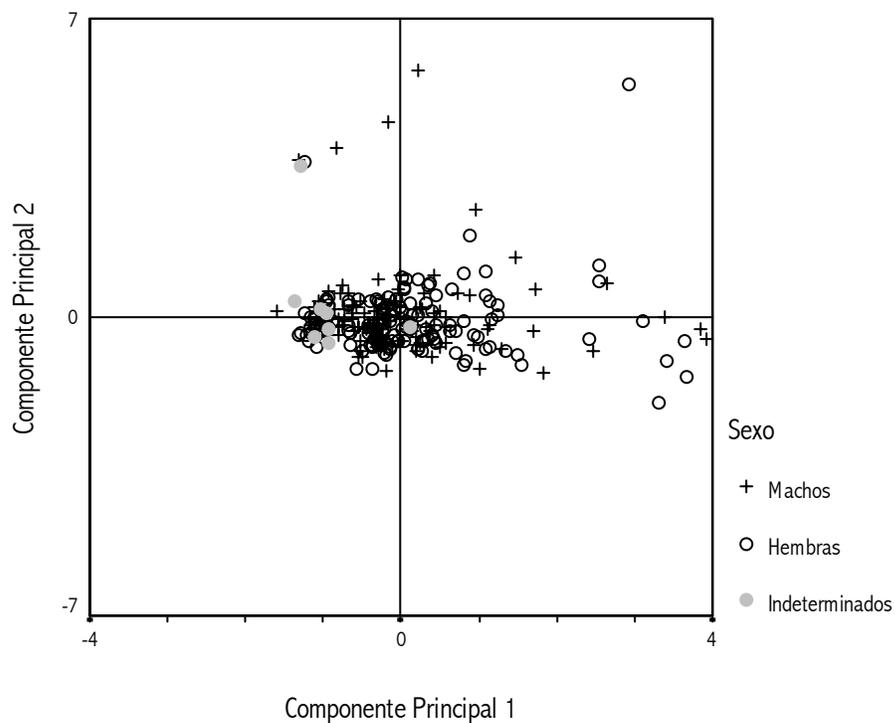


Fig. 7.1. Grafica del Análisis de Componentes Principales con el sexo como marcador.

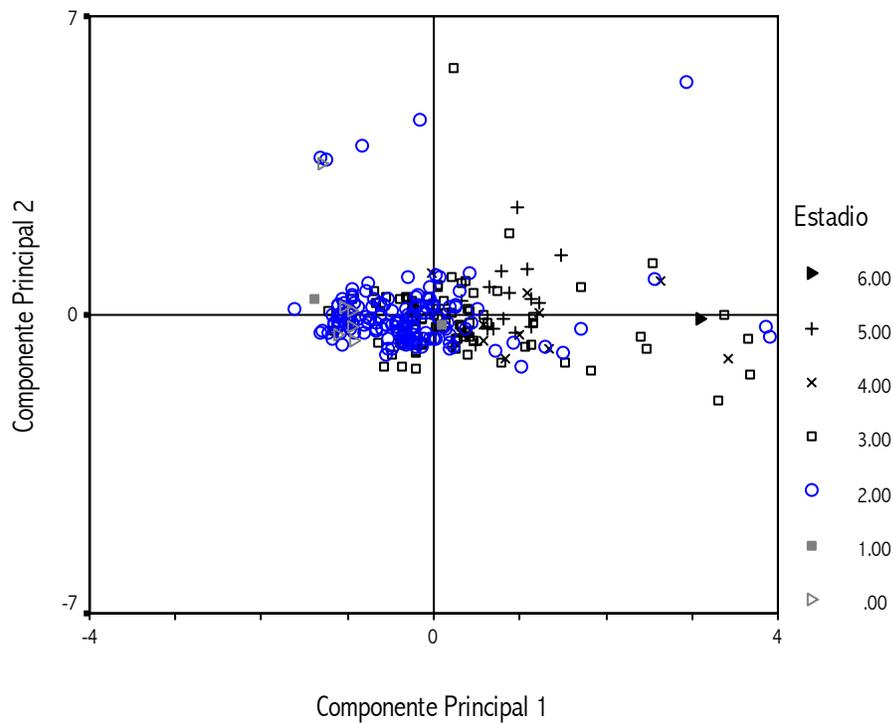


Fig. 7.2. Grafica del Análisis de Componentes Principales con los 6 diferentes estadios sexuales como marcadores.

7.4 Análisis comparativo entre las pendientes y los orígenes de las ecuaciones

Para la primera parte de este análisis se procedió a graficar todas las relaciones posibles entre variables –28 combinaciones entre variables, con una relación para machos y otra para hembras de cada combinación- y obtener la ecuación para cada una de ellas, además de su respectivo valor de r^2 . Posteriormente, con los valores obtenidos para la a y la b de cada ecuación, se determinó si la ecuación para hembras y machos era diferente. Primero se comparó la pendiente (b), y si se presentaba alguna diferencia dichos datos se asumían como diferentes para machos y hembras, si no era así se hacía el comparativo entre los orígenes (a); si no existía diferencia, los datos se trabajaban en conjunto. Los resultados de dicho análisis se resume en el cuadro siguiente (Cuadro 7.5),

Cuadro 7.5. Cuadro donde se muestran los valores de *t* para la prueba de las elevaciones y las pendientes, así como se muestra la ecuación para cada relación.

| <i>X</i> | <i>Y</i> | <i>S</i> | <i>B</i> | <i>T</i> | <i>P</i> | <i>a</i> | <i>t</i> | <i>P</i> | <i>Ec.</i> ♀ | <i>Ec.</i> ♂ | <i>Ec.total</i> |
|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ls | Lt | ♀ | 0.9579 | -0.2226 | n.s. | 1.4998 | -0.327 | n.s. | | | $y=1.477X^{0.9626}$ |
| | | ♂ | 0.9688 | | | 1.4481 | | | | | |
| | Alt | ♀ | 0.9527 | -0.3771 | n.s. | 0.3518 | -0.2339 | n.s. | | | $y=0.3625X^{0.9434}$ |
| | | ♂ | 0.9569 | | | 0.3466 | | | | | |
| | Ptot | ♀ | 2.756 | -0.0046 | n.s. | 0.0523 | -0.2278 | n.s. | | | $y=0.052X^{2.769}$ |
| | | ♂ | 2.7671 | | | 0.0546 | | | | | |
| | Pevi | ♀ | 2.7546 | 0.0015 | n.s. | 0.0487 | -0.4301 | n.s. | | | $y=0.0481X^{2.7605}$ |
| | | ♂ | 2.7521 | | | 0.05 | | | | | |
| | Resc | ♀ | 0.8376 | -21.7037 | n.s. | 0.1095 | -1.1579 | n.s. | | | $y=0.0993X^{0.8703}$ |
| | | ♂ | 0.9326 | | | 0.0821 | | | | | |
| | Lesc | ♀ | 0.7897 | -4.2238 | n.s. | 0.2466 | -0.8894 | n.s. | | | $y=0.2415X^{0.7978}$ |
| | | ♂ | 0.8181 | | | 0.2276 | | | | | |
| anesc | ♀ | 0.849 | -3.3509 | n.s. | 0.2263 | -1.105 | n.s. | $y=0.2347X^{0.8404}$ | | | |
| | ♂ | 0.8797 | | | 0.2077 | | | | | | |
| Lt | Alt | ♀ | 0.9812 | 5.41 | >.01 | 0.2664 | | | $y=0.2664X^{0.9812}$ | $y=0.2645X^{0.9604}$ | |
| | | ♂ | 0.9604 | | | 0.2645 | | | | | |
| | Ptot | ♀ | 2.9123 | 0.0301 | n.s. | 0.0148 | 0.2636 | n.s. | $y=0.0157X^{2.8966}$ | | |
| | | ♂ | 2.8763 | | | 0.0169 | | | | | |
| | Pevi | ♀ | 2.8984 | 0.0217 | n.s. | 0.0139 | -0.2551 | n.s. | $y=0.0145X^{2.8891}$ | | |
| | | ♂ | 2.8754 | | | 0.0153 | | | | | |
| | Resc | ♀ | 0.8641 | -26.4568 | n.s. | 0.0794 | -1.4341 | n.s. | $y=0.0712X^{0.8981}$ | | |
| | | ♂ | 0.9615 | | | 0.0578 | | | | | |
| | Lesc | ♀ | 0.8151 | -5.8758 | n.s. | 0.1818 | -1.2279 | n.s. | $y=0.1769X^{0.8250}$ | | |
| | | ♂ | 0.8464 | | | 0.1656 | | | | | |
| | anesc | ♀ | 0.8547 | -7.1701 | n.s. | 0.1765 | -1.4723 | n.s. | $y=0.1708X^{0.8663}$ | | |
| | | ♂ | 0.8911 | | | 0.158 | | | | | |
| Alt | Ptot | ♀ | 2.9545 | -0.0164 | n.s. | 0.968 | -0.0214 | n.s. | $y=0.8946X^{2.9939}$ | | |
| | | ♂ | 3.044 | | | 0.8083 | | | | | |
| | Pevi | ♀ | 2.9545 | -0.0216 | n.s. | 0.8872 | -0.5205 | n.s. | $y=0.8176X^{2.9855}$ | | |
| | | ♂ | 3.0473 | | | 0.7329 | | | | | |
| | Resc | ♀ | 0.865 | -7.3109 | n.s. | 0.2816 | -1.6663 | n.s. | $y=0.2638X^{0.9026}$ | | |
| | | ♂ | 0.9759 | | | 0.2311 | | | | | |
| | Lesc | ♀ | 0.8197 | -1.6433 | n.s. | 0.5958 | -1.5217 | n.s. | $y=0.5868X^{0.8312}$ | | |
| | | ♂ | 0.8573 | | | 0.5628 | | | | | |
| | anesc | ♀ | 0.8625 | -1.557 | n.s. | 0.6088 | -1.8484 | n.s. | $y=0.6021X^{0.872}$ | | |
| | | ♂ | 0.8962 | | | 0.58 | | | | | |
| | Ptot | Pevi | ♀ | 0.9947 | -1.0133 | n.s. | 0.9228 | -2.4161 | n.s. | $y=0.9137X^{0.9971}$ | |
| | | | ♂ | 0.9997 | | | 0.9036 | | | | |
| Resc | | ♀ | 0.2949 | -252.7112 | n.s. | 0.2807 | -0.9311 | n.s. | $y=0.2746X^{0.3005}$ | | |
| | | ♂ | 0.3155 | | | 0.2548 | | | | | |
| Lesc | | ♀ | 0.278 | 0.0563 | n.s. | 0.5994 | -0.3832 | n.s. | $y=0.6119X^{0.2759}$ | | |
| | | ♂ | 0.2778 | | | 0.6107 | | | | | |
| Anesc | | ♀ | 0.2948 | 11.0279 | >.01 | 0.6042 | | | $y=0.6042X^{0.2948}$ | $y=0.6211X^{0.2934}$ | |
| | | ♂ | 0.2934 | | | 0.6211 | | | | | |
| Pevi | Resc | ♀ | 0.2962 | -253.1098 | n.s. | 0.2876 | -0.7817 | n.s. | $y=0.2782X^{0.3036}$ | | |
| | | ♂ | 0.3192 | | | 0.2569 | | | | | |
| | Lesc | ♀ | 0.279 | -6.2008 | n.s. | 0.6139 | -0.4615 | n.s. | $y=0.6216X^{0.2781}$ | | |
| | | ♂ | 0.2799 | | | 0.6194 | | | | | |
| | Anesc | ♀ | 0.2966 | 6.3532 | >.01 | 0.6173 | | | $y=0.6173X^{0.2966}$ | $y=0.63X^{0.2957}$ | |
| | | ♂ | 0.2957 | | | 0.63 | | | | | |
| Resc | Lesc | ♀ | 0.861 | 0.4936 | n.s. | 2.0693 | 0.8981 | n.s. | $y=2.0738X^{0.8496}$ | | |

| | | | | | | | | | |
|------|-------|---|--------|---------|------|--------|--------|------|----------------------|
| | Anesc | ♂ | 0.8307 | | | 2.0862 | | | |
| | Anesc | ♀ | 0.7894 | 0.182 | n.s. | 2.392 | 0.7757 | n.s. | $y=2.3846X^{0.7848}$ |
| | | ♂ | 0.768 | | | 2.3936 | | | |
| Lesc | Anesc | ♀ | 0.9205 | -0.3394 | n.s. | 1.2229 | 0.3448 | n.s. | $y=1.2033X^{0.9328}$ |
| | | ♂ | 0.9396 | | | 1.1923 | | | |

En el cuadro se observan 4 columnas; de izquierda a derecha, la primera columna (X-variable independiente, Y-dependiente- y s-sexo-) presenta las combinaciones entre las variables para el análisis así como los sexos; la segunda presenta los valores de b para los datos, el valor de t para el análisis obtenido mediante el análisis de comparación de pendientes (Zar, 1996), y el nivel de significancia (P) para la prueba. En la tercera columna se presentan, para los resultados sin diferencias entre las pendientes, el valor de a y los valores de t y su significancia (P), es decir lo obtenido para el análisis de la comparación de orígenes o elevaciones (Zar, *op. cit.*). En la cuarta columna se pueden observar las ecuaciones para hembras, machos y además, para las combinaciones sin diferencias entre las pendientes y elevaciones, una ecuación para los datos en conjunto.

De las 28 combinaciones entre variables – un total de 56 ecuaciones posibles para machos y hembras – 25 no presentan diferencias, por lo que para esas se obtiene la ecuación en conjunto, y de las 3 combinaciones restantes se obtienen la ecuación para machos y hembras. Aunque Zar (1996) señala un procedimiento para obtener una ecuación única a partir de muestras sin diferencias esto no se realizó en el presente estudio debido a que se contaban con los datos totales, y en cambio se usaron estos en conjunto para obtener un solo valor para las constantes a y b de la ecuación de la regresión.

Algunas graficas entre variables se presentan en las figuras 7.2 y 7.3. Cabe mencionar que dichas graficas son para lo obtenido después del análisis, por lo que se muestran solamente para datos totales. En la fig. 7.3 se observa una gráfica con los datos y curvas para machos y hembras. Se presentan únicamente las combinaciones entre longitud estándar (ls) y peso total ($ptot$) contra el resto de las variables.

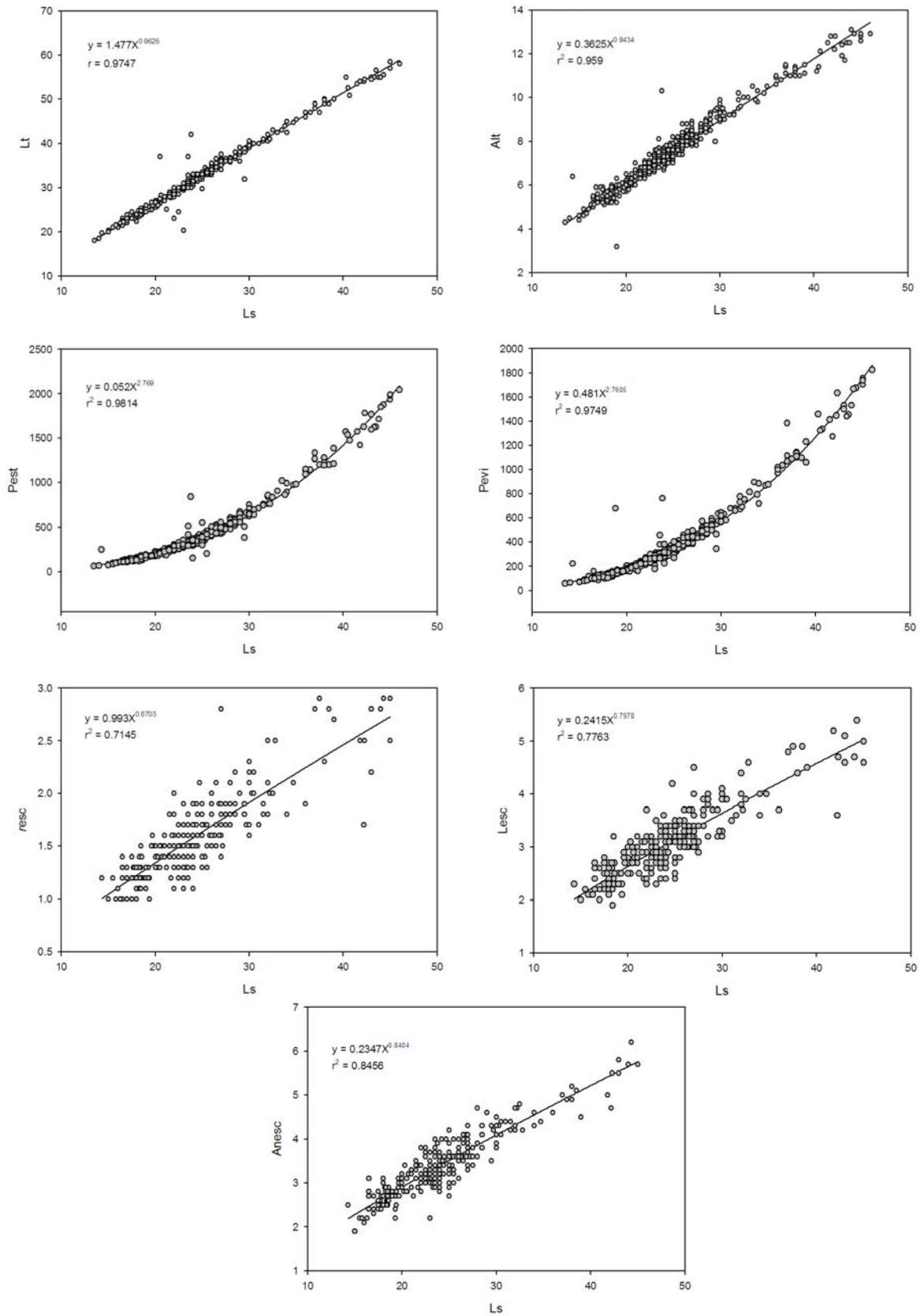


Fig. 7.2. Gráficas con las combinaciones entre la longitud estándar (Ls) y el resto de las variables

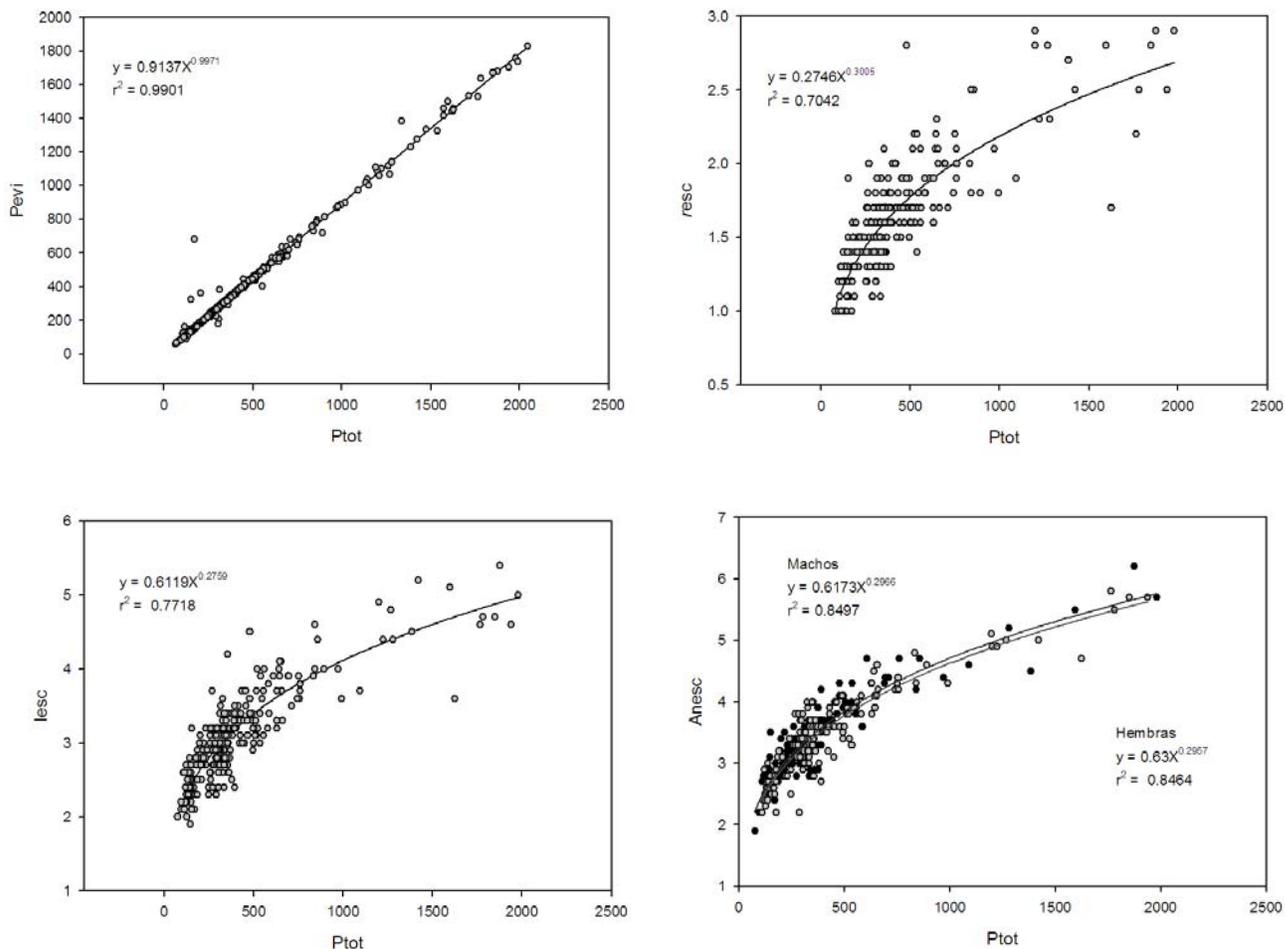


Fig. 7.3. Graficas de la combinación entre el peso total (ptot) y el resto de las variables. Para la combinación entre peso total y el ancho de la escama (anesc) se muestran las graficas para machos y hembras.

Para determinar que combinaciones pueden ser considerados alo o isométricas se procedió a determinar el intervalo de confianza para cada valor de la pendiente (b), si dicho intervalo cae dentro del valor de isometría para cada combinación se asume entonces que dicho valor de pendiente es isométrico. Dicho procedimiento para la obtención del intervalo de confianza es citado por Zar (1996), y obedece a la siguiente formula:

$$b \pm t_{\alpha(d,t)}SE$$

Donde, b es la pendiente, $t_{\alpha(d.f.)}$ es el valor de t obtenido de la tabla de valores, y SE es el error estándar para b obtenido de la regresión. Los resultados del procedimiento son resumidos en el cuadro siguiente (7.6). En negritas se presentan los intervalos que caen dentro de la isometría.

Cuadro 7.6. Cuadro con las diferentes combinaciones, sus pendientes (b), su r^2 y su intervalo de confianza. Además en negrita se presentan los valores isométricos.

| | | B | r^2 | <i>int. 0.05</i> |
|----------------|----------------|--------------|--------|------------------------|
| <i>Ls</i> | <i>lt</i> | 0.9626 | 0.9774 | 0.9513 - 0.9738 |
| | <i>alt</i> | 0.9434 | 0.959 | 0.9282 - 0.9585 |
| | <i>Ptot</i> | 2.769 | 0.9814 | 2.7109 - 2.797 |
| | <i>Pevi</i> | 2.7605 | 0.9749 | 2.7279 - 2.793 |
| | <i>Resc</i> | 0.8703 | 0.7145 | 0.8092 - 0.9314 |
| | <i>Lesc</i> | 0.7978 | 0.7763 | 0.75 - 0.8456 |
| | <i>Anesc</i> | 0.8404 | 0.8456 | 0.8002 - 0.8805 |
| | <i>Lt</i> | <i>alt</i> ♀ | 0.9812 | 0.9583 |
| <i>alt</i> ♂ | | 0.9604 | 0.9671 | 0.9398 - 0.9809 |
| <i>ptot</i> | | 2.8966 | 0.9827 | 2.8679 - 2.9252 |
| <i>pevi</i> | | 2.8891 | 0.977 | 2.8561 - 2.922 |
| <i>resc</i> | | 0.8981 | 0.7077 | 0.8338 - 0.9623 |
| <i>lesc</i> | | 0.825 | 0.7758 | 0.7752 - 0.8747 |
| <i>anesc</i> | | 0.8663 | 0.8344 | 0.8229 - 0.9096 |
| <i>Alt</i> | | <i>ptot</i> | 2.9939 | 0.9813 |
| | <i>pevi</i> | 2.9855 | 0.9745 | 2.9488 - 3.0221 |
| | <i>resc</i> | 0.9026 | 0.7115 | 0.8383 - 0.9668 |
| | <i>lesc</i> | 0.8312 | 0.7788 | 0.7815 - 0.8808 |
| | <i>anesc</i> | 0.872 | 0.8418 | 0.8294 - 0.9145 |
| | <i>ptot</i> | <i>pevi</i> | 0.9971 | 0.9901 |
| <i>resc</i> | | 0.3005 | 0.7042 | 0.2787 - 0.3222 |
| <i>lesc</i> | | 0.2759 | 0.7718 | 0.259 - 0.2927 |
| <i>anesc</i> ♀ | | 0.2948 | 0.8464 | 0.2749 - 0.3146 |
| <i>anesc</i> ♂ | | 0.2934 | 0.8497 | 0.2729 - 0.3138 |
| <i>pevi</i> | | <i>resc</i> | 0.3036 | 0.7101 |
| | <i>lesc</i> | 0.2781 | 0.7727 | 0.2611 - 0.295 |
| | <i>anesc</i> ♀ | 0.2966 | 0.8446 | 0.2764 - 0.3167 |
| | <i>anesc</i> ♂ | 0.2957 | 0.8551 | 0.2754 - 0.3159 |
| <i>resc</i> | <i>lesc</i> | 0.8496 | 0.908 | 0.8195 - 0.8796 |
| | <i>anesc</i> | 0.7848 | 0.7465 | 0.7335 - 0.836 |
| <i>lesc</i> | <i>anesc</i> | 0.9328 | 0.8402 | 0.8864 - 0.9791 |

8. Discusión

Existen divergencias entre los criterios acerca de los parámetros morfométricos para sugerir que un organismo crece alo o isométricamente. El criterio más ampliamente difundido es en relaciones de longitud-peso en pesquerías (véase, Blackburn, 1959; Safran, 1992; Gómez-Márquez, 1994, como ejemplos) donde el valor de la pendiente b funge como indicador (si es igual a 3 se considera isométrico, por arriba o por debajo de este valor se asume la alometría) usando el modelo de regresión exponencial para dicho caso.

Pero la literatura respecto a otros criterios para establecer alo o isometría en relaciones no volumétricas (de longitud-longitud, área-volumen, etc.) fue muy pobre. Para explicar ese tipo de relaciones la tendencia es usar modelos lineares en los que no se asume que dichas relaciones existan (Thomson, 1956; Castellanos-Páez *et al.*, 1994; Lara y Padilla, 1996); o bien, se hace un comparativo de los porcentajes de alguna relación entre variables -por ejemplo, la aleta pectoral contra la mandíbula superior- y sus promedios para asumir que existe iso o alometría entre variables (Acero *et al.* 1996).

Sin embargo, en literatura de temas no muy afines a pesquerías (Niklas, 1994; Schlichting y Pigliucci, 1998 y Liem *et al.*, 2001) se encontraron los criterios restantes para asumir la presencia o ausencia de isometría en diferentes relaciones y la justificación para ello. Así pues, en relaciones de igual dimensión (área-área, volumen-volumen, etc.) el valor de b equivale a 1 para isometría, y es de 2 para relaciones longitud-área, siendo pues variable dependiendo las relaciones en estudio (véase la parte correspondiente a los antecedentes, en particular el cuadro 2.2).

Schlichting y Pigliucci (1998) discuten el por qué, cuando se busca establecer si existe el crecimiento alométrico, debe usarse el modelo de regresión exponencial. El criterio es que dicho modelo muestra de manera simple y grafica —es más susceptible a mostrar un decremento a manera de curva- si existe diferencia en el cambio de una variable con respecto de otra. En el modelo linear no expresa dicha

relación de manera tan clara, o bien, la explicación biológica que ofrece el modelo no es tan sencilla para entender como con el modelo exponencial.

El por qué se ha olvidado un tanto de estas cuestiones en pesquerías es algo que no posee una explicación de entrada. Parece ser que el auge que recibieron los modelos para la determinación del crecimiento mediante métodos indirectos y que parten de asumir que el valor de la pendiente es isométrica ha llevado a generalizar en ese sentido (Safran, 1992; Gómez-Márquez, 1994; Cubillos y Grechina, 1998), aunque en realidad esta hipótesis está lejos de ser realmente probada y necesita más justificación.

En el presente estudio se utilizaron 8 variables morfométricas. La literatura no especifica un número, pero mientras un mayor número se puede utilizar para diagnosis y determinar diferencia interespecífica (Nelson, 1984; Paxton y Eschemeyer, 1998; Moyle y Cech, 2000; Froese y Pauly, 2002), el objetivo del presente estudio fue tratar de encontrar diferencias identificables de manera simple.

Por ello se tomaron en cuenta también las escamas, sobre todo atendiendo más al tamaño y a la forma que a otras características, ya que es más fácil extraer un pequeño número sin alterar o dañar al organismo, al contrario de otro tipo de parte dura. Cuando se busca determinar alguna posible diferencia entre machos y hembras se vuelve más razonable el uso de longitudes, altura, pesos y forma de la escama, debido a que estos varían intersexualmente de manera mas marcada debido a los costos energéticos inherentes, o bien debido a la cuestión referente a los sistemas de apareamiento (entre los peces se da mas la poligamia, con un cuidado parental prácticamente nulo, con crías precoces), atendiendo a criterios como que el esperma es más barato energéticamente que la producción de huevos, o que las hembras sufren cambios mas severos por efecto del ciclo reproductivo. No se debe olvidar que existen diversos factores que limitan el crecimiento y el sexo juega un rol entre estos factores (Bolger y Connolly, 1989; Gómez-Márquez, 1994; Smith y Smith, 2001).

Analizando los resultados, se encuentra que no existen realmente diferencias entre hembras y machos, comenzando con los datos descriptivos en el que la desviación estándar tanto de machos y hembras no discrepa en demasía como para poder asumir algo. El ANDEVA tampoco encuentra diferencias, en todas las variables marca como un solo grupo a machos y hembras y separa en otro grupo a los indefinidos. En solo una variable (radio de escama) encuentra que no hay diferencia entre indefinidos, machos y hembras.

Esto se corrobora con el análisis de Componentes Principales, donde, usando el sexo como marcador, no existe diferencia entre machos y hembras para los dos primeros componentes -explicando estos el 93% de la variación-.

Así pues, los análisis de escala, además de sus variadas aplicaciones, como han sido el relacionar una estructura con otra, determinar relaciones filogenéticas, pasando por patrones de crecimiento, relaciones a nivel célula, y sin olvidar que se han utilizado con el fin de relacionar forma con función y procesos orgánicos en múltiples organismos (Huxley, 1924 y 1932; Niklas, 1994; Schlichting y Pigliucci, 1998; Liem *et al.*, 2001; Guiñez y Castilla, 2001; McGuire, 2003), fueron utilizados para encontrar posibles diferencias entre machos y hembras partiendo de la hipótesis de que si no presentaban diferencia entre variables habría alguna discrepancia en el análisis de escala de uno contra el otro.

En dichos análisis, tanto para machos como contra hembras, y haciendo la comparación entre pendientes y elevaciones se encontró que no existe diferencia. De todas las variables combinadas se encontró que existe una ligera diferencia para la pendiente entre la longitud total y la altura y para ambos pesos (total y eviscerado) contra el ancho de la escama. Pero si se observa objetivamente los datos y se grafican, se encuentra que las diferencias son mínimas, no realmente apreciables de manera practica.

Aun cuando los coeficientes sean muy similares, el análisis estadístico encuentra diferencias, basado en que dichos análisis (sobre todo el de comparación de pendientes según Zar, 1996) usan la suma de

cuadrados de X y Y de la regresión, la suma de productos cruzados, la suma de residuales, la varianza, entre otros datos; donde se justifica entonces que a pesar de su similitud encuentre diferencias. De cualesquier modo, dichas diferencias existen, aunque mínimas, y el que no puedan ser utilizables como un carácter para la detección de algún dimorfismo es algo que no desmerita el intento del análisis, sino que por el contrario es un argumento más corroborando lo publicado hasta la fecha en el ámbito pesquero.

La ecuación alométrica obtenida para los datos en conjunto para la longitud estándar en relación al peso total es prácticamente idéntica a lo presentado en un estudio anterior realizado en la costa de Colima por Cruz *et al.* (1993), por lo que los resultados son concordantes con la literatura. Así que los coeficientes obtenidos en este estudio pueden ser usados de manera fiable para determinar crecimiento en la especie.

Los estadios parecen desarrollarse conforme el organismo crece, pero a partir de un momento de maduración parece haber una actividad cíclica entre estos estadios, es decir a partir de que maduran parece haber un pico reproductivo en cierta época del año con retrocesos a otros estadios después de ello y regreso al siguiente año, lo que concuerda con Cruz *et al.*, 1991; Moyle y Cech, 2000. En el análisis parece haber un gradiente de regreso a partir del estadio 3, ya que los estadios previos (0, 1 y 2) se agrupan más hacia la izquierda. Dicho resultado se expresa en el análisis, y el ANDEVA separa únicamente grupos que se corresponden con ciertas medidas. Por tanto, no se puede asumir que no existe de momento un patrón definido, sino necesita más estudio para definir algo al respecto, en particular del aspecto reproductivo de la especie.

9. Conclusiones

Se asume que no existe tipo alguno de dimorfismo entre machos y hembras (y de acuerdo a la revisión bibliográfica ningún tipo de dicromatismo).

Las escamas de *Caranx caballus* son una parte del cuerpo que pueden representar el crecimiento del organismo, y se cuenta ahora con algunas ecuaciones que representan ello. Sin embargo las escamas no se diferencian entre sexos.

No existe diferencia tampoco en el crecimiento para machos y para hembras, con solo 3 combinaciones entre variables presentando diferencias, sin embargo estas no son marcadas por lo que se asume que las diferencias no son pronunciadas ni apreciables de manera practica.

El crecimiento de *Caranx caballus* puede asumirse como alométrico, debido a que la mayoría de las combinaciones no caen dentro de la isometría; con únicamente las combinaciones entre la altura y ambos pesos, además de la combinación entre peso total y eviscerado como las únicas isométricas.

Se sugiere que se usen los coeficientes obtenidos para determinar crecimiento y no seguir asumiendo isometría en estudios de temas afines. Además ahora se cuenta con al menos con 2 referencias en las que se han obtenido ecuaciones para el cambio que sufre el peso con respecto a la longitud, en particular la longitud estándar con el peso total, siendo ambas bastante similares, con lo que se corrobora que dichos coeficientes son fiables.

10. Bibliografía

1. Acero, A., Duque, G., Santos-Martínez, A. 1996. *Allometric growth of Oligoplites palometa (Perciformes:Carangidae) in Colombia*. Rev. Biol. Trop. 44(2):927-928
2. Allen, G.R., Robertson, D.R. 1998. *Peces del Pacífico Oriental Tropical*. CONABIO, Agrupación Sierra Madre y CEMEX. México, D.F. México.
3. Almada-Villela, P.C. 1998. *Endangered Species*. en Paxton, J., Eschmeyer, W.N.1998. *Encyclopedia of fishes*. Academic Press. San Diego, California. USA.
4. Blackburn, M. 1959. *A study of condition (Weight for Length) of Australian Barracouta, Thyrsites atun (Euphrasen)*. Aus. J. Mar. Freshw. Res. 11(1):14-42
5. Bolger, T., Connolly, P.L. 1989. *The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition*. J. Fish.Biol. 34:171-182
6. Castellanos-Paez, M.E., Marañón-Herrera, S., Garza-Mouriño, G. 1994. *Diagnóstico morfométrico del rotífero Brachionus plicatilis (Müller 1786) con variables indicadoras "dummy"*. Hidrobiológica. 4(1-2):29-34.
7. Cruz-Romero, M., Espino-Barr, E., García-Boa, A. 1993. *Carangidos: aspectos biológico-pesqueros en el litoral colimense*. Cuad.Mex.Zool. 1(2):81-88
8. Cruz-Romero. M., Espino-Barr, E., Mimbela, J., García-Boa, A., Obregón, L.F., Girón E. 1991. *Biología Reproductiva en tres especies del género Lutjanus en la costa de Colima, México*. Informe Final. Clave CONACyT: P220CCOR892739., México.
9. Cubillos, L., Grechina, A.S. 1998. *Crecimiento del Jurel, Trachurus symmetricus murphyi (Nichols) del Pacífico Suroriental mediante análisis de progresión modal*. Biología y Ecología del Jurel en Aguas Chilenas. Instituto de Investigación Pesquera. Talcahuano, Chile.

10. Espino-Barr, E., Cruz-Romero, M., García-Boa, A. 2002. *Catalogo de especies de peces marinos de valor comercial capturados en la costa de Colima, México*. Informe interno. INP-CRIP Manzanillo. Manzanillo, Colima, México.
11. Espino-Barr, E., García-Boa, A., Cabral-Solís, E.G., Puentes-Gómez, M. 2003. *Catalogo de especies marinas comerciales de la costa de Jalisco*. INP-CRIP Manzanillo. Manzanillo, Colima, México.
12. Freund, J.E., Simon, G.A. 1994. *Estadística Elemental*. Prentice-Hall Hispanoamericana. Naucalpan de Juárez, Edo. De México. México.
13. Froese, R., Pauly, D. 2002. *Fishbase*. World Wide Web Electronic Publication. www.fishbase.org, 01 de Diciembre de 2002.
14. Gómez-Márquez, J.L. 1994. *Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos*. UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. México.
15. Guíñez, R., Castilla, J.C. 2001. *An allometric tridimensional model of self-thinning for a gregarious tunicate*. Ecology, 82(8):3221-2341
16. Hair, J.F. Jr., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C. 1999. *Análisis Multivariante*. Prentice Hall Iberia. Madrid, España.
17. He, J.X., Stewart, D.J. 2001. *Age and size at first reproduction of fishes: predictive models based only on growth trajectories*. Ecology, 82(3):784-791.
18. Huxley, J.S. 1924. *Constant differential growth-ratios and their significance*. Nature, 114:895-96
19. Huxley, J.S. 1932. *Problems of relative growth*. McVeagh, New York, USA
20. Johnson, G.D., Gill, A. C. 1998. *Perches and their allies*. en Paxton, J., Eschmeyer, W.N.1998. *Encyclopedia of fishes*. Academic Press. San Diego, California. USA
21. Klingenberg, C.P., Froese, R. 1991. *A Multivariate comparison of allometric growth pattern*. Syst. Zool. 40(4):410-419

22. Lara, M., Padilla, C. 1996. *Análisis de la estructura de tamaños de un gorgonáceo a través de índices alométricos*. Hidrobiológica, 6(1-2):49-58.
23. Leidy, R.A., Moyle, P.B. 1997. *Conservation status of the world's fish fauna : An overview*. Págs. 187-227 en Fiedler, P.L., Kareiva, P.M., eds. *Conservation biology for the coming decade*. Chapman and Hall Publisher. New York, USA.
24. Liem, K. F., Bemis, W.E., Walker Jr. W.F., Grande, L. 2000. *Functional Anatomy of the Vertebrates: An Evolutionary Perspective*. Harcourt College Publishers. San Diego, California. USA.
25. Lux, F. E. 1971. *Age determination of fishes*. Fishery Leaflet 637 U.S. Department of Commerce. Seattle, Washington. USA.
26. McGuire, J.A. 2003. *Allometric prediction of locomotor performance: An example from southeast asian flying lizards*. Am. Nat. 161(2):337-349.
27. Moyle, P.B., Cech Jr., J.J. 2000. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. Prentice Hall. Upper Sadle River, New Jersey. USA.
28. Nelson, J.S. 1984. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
29. Niklas, K.J. 1994. *Plant Allometry: The Scaling of Form and Process*. The University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA.
30. Nikolsky, G.V. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press. London & New York.
31. Paxton, J., Eschmeyer, W.N. 1998. *Encyclopedia of fishes*. Academic Press. San Diego, California. USA
32. Post, J.R., Parkinson, E.A. 2001. *Energy allocation strategy in young fish: Allometry and survival*. Ecology, 82(4):1040-1051.
33. Ruttenberg, B.I. 2001. *Effects of artisanal fishing on marine communities in the Galapagos Islands*. Cons. Biol. 15(6):1691-1699

34. Safran, P. 1992. *Theoretical Analysis of the Weight-Length relationship in fish juveniles*. Mar. Biol. 112: 545-551
35. Sánchez, J.M. 2003. *Recursos marítimos y acuícolas: Producción pesquera '97-'98*. World Wide WebElectronic Publication. www.semarnat.gob.mx/estadisticas_ambientales/compendio/02medio-ambiente/maritimos.html, 29 de Marzo de 2003.
36. Schlichting, C.D., Pigliucci, M. 1998. *Phenotypic Evolution: A reaction norm perspective*. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA.
37. Smith, R.L., Smith, T.M. 2001. *Ecología*. Addison Wesley. Madrid, España.
38. Smith-Vaniz, W.F. 1995. *Carangidae. Júreles, pámpanos, cojinúas, zapateros, cocineros, casabas, macarelas, chicharros, jorobados, medregales, pez pilota*. P.940-986. En: Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., Niem, V. (Eds.) *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental*. FAO Roma. Roma, Italia. (2):1-1813
39. Socolov, V.A., Wong-Rios, M. 1972. *Peces pelágicos del Golfo de California (sardina, crinada y anchoveta) en 1970*. PNVD/FAO, INP/SI (1):1-32
40. Spiegel, M.R. 1991. *Estadística*. McGraw Hill Interamericana de España. Madrid, España.
41. Steel, R.G.D., Torrie, J.H. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. McGraw Hill Interamericana de México. México D.F. México.
42. Thomson, J. M. 1956. *Interpretation of the scales of the Yellow-eye Mullet, Aldrichetta forsteri (Cuvier & Valenciennes) (Mugilidae)*. Aus. J. Mar. Freshw. Res. Vol. 8(1):14-29
43. Van Utrecht, W.L., Schenkkan, E.J. 1972. *On the Analysis of the periodicity in the growth of scales, vertebrae and other hard structures in a teleost*. Aquaculture. 1: 293-316
44. Weitzman, S. H. 1998. *Classifying Fishes*. en Paxton, J., Eschmeyer, W.N.1998. *Encyclopedia of fishes*. Academic Press. San Diego, California. USA.
45. Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey. USA.