

Lej. 198

"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO"

"FACULTAD DE CIENCIAS"

"LA DIETA DE LA ANCHOVETA Engraulis mordax (Girard),
UNA OPTIMIZACION DE SUS RECURSOS ALIMENTICIOS."

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE BIOLOGO PRESENTA

CARLOS ROBINSON MENDOZA

MEXICO, D.F.

MAYO 1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la participación y apoyo de varias personas, se logró desarrollar este trabajo, así entonces, deseo expresar mis agradecimientos.

De especial manera, al M. en C. Rafael Martín del Campo por el constante apoyo y cooperación que me brindó; difícilmente podría haber terminado sin su ayuda.

Asimismo, deseo agradecer al Dr. Virgilio Arenas director y asesor de este estudio, por la confianza y respaldo que siempre tuvo conmigo.

Agradesco a mis hermanos, Anabella, Marcela y Armando por haberme tenido paciencia y confianza durante toda mi carrera y haberme apoyado en todo momento.

Así también, deseo agradecer a los tripulantes de B/M "Loreto", por la gran ayuda que me prestaron en la colecta de los peces.

A Patricia Hernández Cordero, gracias por su apoyo y paciencia que me demostró durante el tiempo de realización de ésta tesis. Así también deseo, agradecer al Diseñador Gráfico Gonzalo Torres por su ayuda en la elaboración de las graficas y dibujos de éste trabajo.

A todas las personas que de alguna manera intervinieron para la terminación de ésta tesis, les doy mis agradecimientos.

CONTENIDO:

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION	3
OBJETIVOS	5
ANTECEDENTES	6
BIOLOGIA DE LA ANCHOVETA	8
CARDUMENES	10
AREA DE ESTUDIO	12
MATERIAL Y METODO	14
RESULTADOS	18
DISCUSION	37
CONCLUSIONES	43
REFERENCIAS	44

RESUMEN

En este estudio, se analizó la estructura de un cardumen de anchoveta Engraulis mordax (Girard), tomando como base la longitud y el peso de los peces. Con estas medidas y la altura máxima, se obtuvo el KM (factor de condición múltiple) para determinar el estado fisiológico de los organismos. Se encuentra que este estado, se distribuye de una forma normal, por lo tanto se acepta que existe una condición óptima en la fisiología de los peces.

Se analizó también, la morfometría del aparato filtrador (amplitud de la boca, número de branquiaspinas y longitud del arco branquial). Las correlaciones entre estas medidas y la longitud del pez, mostraron que conforme el pez crece, se experimenta una mayor amplitud en los espacios interbranquiaspinales, debido a la estabilidad aparente del número de branquiaspinas y el aumento en longitud del arco branquial.

Se concluyó que existe un cambio en la dieta de la anchoveta, ya que se encuentra un cambio gradual del número de células de microplankton (menores de 200 micras y mayores de 20) en el contenido estomacal de peces con diferentes tallas. Así también, la cantidad de fecopismentos por peso del contenido estomacal tiene un decremento significativo conforme el pez crece. Se concluye, que el número de células y la cantidad de fecopismentos por miligramo de contenido estomacal en esta especie, son mayores en peces de tallas inferiores, debido a que la eficiencia de retención de las partículas del microplankton experimenta un lento pero gradual decremento.

Se plantea un modelo teórico para predecir el número de células de microplankton por peso del contenido estomacal en diferentes tallas, así como los pesos promedios del contenido estomacal. Ambos con rangos de 3 mm de longitud total del pez.

La ecuación que describe la cantidad de número de células es lineal :

$$Y = -44.39278 (X) + 743.66500$$

La ecuación para el promedio del peso de contenido estomacal es exponencial :

$$Y = 0.9434 e^{** 0.37707 (X)}$$

Las hipótesis nulas se rechazaron con un nivel de confianza del 1 % para los promedios del número de células por miligramo de

contenido estomacal, y un nivel de 5 % para los promedios de los pesos.

La dieta de la anchoveta, debido al pastoreo diferencial propuesto, permite que los recursos alimenticios, entre individuos de diferentes clases de edad en un mismo cardumen, estén optimizados, facilitando la asociación masiva que existe en esta especie y que proporciona una serie de ventajas para su sobrevivencia.

I. INTRODUCCION

Los primeros estadios en el ciclo de vida de un pez están completamente a expensas de las reservas dadas por el material materno (saco vitelino); tiempo después, el pez se alimenta de partículas alimenticias externas. El tamaño y la posición sistemática del alimento es extremadamente variado; el rango y tipo de alimento consumido por los peces es mucho mayor que en cualquier grupo de vertebrados.

Das y Moitra en Weatherley (1972), distinguen 3 tipos de hábitos alimenticios en los peces:

- A) HERBIVOROS.
- B) CARNIVOROS.
- C) OMNIVOROS.

Lasler (1977) los caracteriza de acuerdo a sus hábitos alimenticios en:

- A) PREDADORES.
- A) PASTOREADORES.
- C) FILTRADORES.
- D) SUCCIONADORES.
- E) PARASITOS.

Nikolsky (1963) los clasifica de acuerdo a la variación en el tipo de alimento consumido:

- A) EURIFAGOS- Consumen una variedad amplia de alimento.
- B) ESTENOFAGOS- Se alimentan de una variedad relativamente estrecha de alimento.
- C) MONOFAGOS- Consumen un solo tipo de alimento.

Cada tipo de alimentación está reflejado en características específicas del individuo; así, las especies están caracterizadas por una relativa estabilidad morfo-fisiológica, la cual es el resultado de una adaptación a un medio ambiente particular; las formas que las especies tienen son adaptaciones de una condición particular de existencia (Nikolsky, 1963). Los peces de hábitos planctívoros, como la anchoveta Engraulis mordax, usualmente tienen bien desarrolladas las branquias, que actúan como una red para retención de las partículas del plancton; asimismo, tienen un órgano epibranchial que concentra y colecta las pequeñas partículas alimenticias (Nelson, 1967); generalmente tienen una boca grande en

relación a su cuerpo, a su vez que es fija y no tiene dientes o están muy reducidos.

Hartley, en Weatherley (1972), sostiene que la tendencia a cambiar las proporciones de los constituyentes de la dieta de los peces es quizá el mejor método mediante el cual se evita la competencia directa por el alimento, aunque hay poca evidencia acerca de esto. Por su parte, Weatherley, *op. cit.*, define el término de competencia como el estado existente entre organismos que obtienen el suministro de alimento del mismo recurso de una región en cualquier medio ambiente. Así mismo, hace énfasis en que la intensidad de la competencia está relacionada con la densidad de población. En opinión de Margalef (1967), la competencia es el proceso de regulación de las densidades de las especies que utilizan un mismo recurso. Según Krebs (1972), la competencia se da cuando un número de organismos (de la misma o diferente especie) utilizan un recurso común que existe en pequeñas cantidades o su distribución es limitada; si el recurso no está restringido, la competencia se presenta cuando los organismos en la búsqueda del alimento se dañan unos a otros.

Por otra parte, la preocupación por conservar determinados "stocks" de peces conduce a investigarlos muy concienzudamente y la información ya acumulada sobre "stock", crecimiento, mortalidad y cuantía de clases anuales, cubre una serie de décadas; sin embargo, hasta la fecha y en cuanto a fenómenos de competencia se refiere, sólo se ha conseguido un enfoque general en lo relativo a estudios de interacción entre "stocks" explotados (Cushing, 1975). Se ignora todavía cómo es el mecanismo que controla las poblaciones de peces, esto es, la cuantía de clases anuales, el proceso de estabilización y el sostenimiento de la competencia; los problemas de la estabilización del ecosistema son los problemas de los mecanismos estabilizadores, Cushing, *op. cit.* Según Dickie y Valdivia (1981), una de las mayores dificultades para el inicio ordenado de una pesquería es, entre otras cosas, la falta de estudios previos sobre características biológicas y de comportamiento del recurso que se va a explotar. Por otro lado Gulland, en 1971, concluye en su trabajo que el último control sobre la abundancia de peces son la productividad primaria y la eficiencia ecológica. La coincidencia y alternación de poblaciones masivas de peces planctívoros en las regiones de alta producción, como son las zonas de afloramiento, permanece como una de las mayores cuestiones en ecología marina (Smith y Eppley, 1982).

Haciendo hincapié en lo arriba comentado, y como base de estudio del presente trabajo, la anchoveta, Engraulis mordax, (Girard), cuyas asociaciones masivas parecieran, a no ser por la pesca intensiva a la cual está sujeta, no tener dificultad para sostener un equilibrio entre sus relaciones intraespecíficas, así como una constancia en el mantenimiento de su población. A su vez, el fenómeno de competencia por el recurso alimenticio, por lo tanto, está de alguna manera "amortiguado" o atenuado por una estrategia o morfología específica.

II. OBJETIVOS

Tomando como base que la anchoveta, Engraulis mordax, es un pez formador obligatorio de cardúmenes (Bredery, en Van Olst y Hunter, 1970), se plantean los siguientes objetivos:

- A) Mediante el análisis de un cardumen de anchoveta (en específico la composición por talla y peso) y obteniendo las frecuencias de ocurrencia de cada uno de estos atributos, examinar el contenido estomacal de los ejemplares muestreados, haciendo énfasis en las características morfométricas del aparato filtrador.

- B) Considerar la eficiencia de retención de las partículas del plancton con relación a la edad del pez, como pauta para identificar un cambio en la dieta del organismo.

- C) Explicar que la eficiencia de retención para las partículas del plancton disminuye con la edad en esta especie, debido a la diferencia del tamaño de la partícula alimenticia y como consecuencia del crecimiento del pez, y mayor abertura en sus espacios interbranchiales.

III. ANTECEDENTES

La alimentación, de acuerdo con Nikolsky (1963), es una de las funciones más importantes en cualquier organismo; las funciones básicas como crecer y reproducirse están a expensas de la energía que entra en el organismo en forma de alimento.

Por otro lado, el plancton se ha descrito como constituyente principal de la dieta de peces pelágicos de importancia comercial, como son el arenque, la sardina y las anchoas (Loukashkin, 1970). En su excelente trabajo acerca de la alimentación y el comportamiento alimenticio de la anchoveta, Engraulis mordax, este último autor menciona en su introducción a 15 autores que difieren en sus conclusiones acerca de las preferencias alimenticias (zooplancton o fitoplancton) de algunas especies de peces pelágicos. El mismo autor concluye que la anchoveta es un pez planctófago, omnívoro, pero que el zooplancton es el principal constituyente de su dieta.

Sin embargo, parece ser que es especialmente difícil de conocer con certeza si existe una preferencia alimenticia por uno u otro tipo de alimento en las especies investigadas. Se ha llegado a tener conclusiones totalmente contrarias, como es el caso de la controversia Lewis-Parr, en estudios de la sardina del Pacífico, Sardinops sagax caerulea (Lewis, 1929; Parr, 1930).

Los representantes del género Engraulis han sido registrados como planctófagos (Bernes, 1959; Anónimo, 1967; Shih-Chie Shen, 1969; Loukashkin, 1970; Rojas de Mendiola, 1981). En la mayoría de los trabajos consultados se hace una revisión principalmente descriptiva en el análisis del contenido estomacal; algunas veces se analiza éste y se muestrea al mismo tiempo el plancton del área; correlacionando éste con lo encontrado en el análisis del contenido estomacal. Rojas de Mendiola, en 1971, concluye en su trabajo que hay una diferencia significativa en los hábitos alimenticios en las distintas poblaciones de la anchoveta peruana Engraulis ringens; los muestreos que se realizaron en el norte indican que existe una preferencia por el fitoplancton, mientras que en el sur el hábito alimenticio es preferentemente a base de zooplancton.

Por otra parte, estudios previos realizados en el Instituto del Mar del Perú indican que ocurren cambios en los hábitos alimenticios de E. ringens de acuerdo con la edad (Rojas de Mendiola, 1981).

Leong y O'Connell (1969) sostuvieron la hipótesis de que la anchoveta, Engraulis mordax, no puede sustentar su requerimiento diario sólo por filtración, y que esta estrategia la utiliza en áreas

de alta concentración de plancton. Leong y O'Connell (1969) y O'Connell (1972), en sus trabajos, sostienen que Engraulis mordax, captura el alimento por dos estrategias diferentes, por mordisqueo y por filtración; estas estrategias se presentan de acuerdo a la concentración y el tamaño del alimento. Por lo tanto, se infiere que la anchoveta es selectiva en su dieta.

Durbin y Durbin, en 1975 realizaron un estudio sobre la tasa de pastoreo de Brevoortia tyrannus en función del tamaño de la partícula y concentración del alimento; en su trabajo concluyen que la tasa a la cual el "menhaden" filtra partículas de tamaño y forma específicos, está en función del área de la boca, la velocidad al desplazarse, la concentración de las partículas alimenticias y el mecanismo de eficiencia del aparato filtrador de las branquias. Para estos autores este mecanismo de eficiencia de filtrado es constante para un tamaño dado de partícula. En 1969, Shih-Chieh Shen, hace un estudio comparativo de la estructura de la branquiopina y el comportamiento alimenticio de la anchoveta japonesa Engraulis japonica, Hout. En sus observaciones concluye que hay una diferenciación significativa del tubo digestivo, amplitud de la boca, longitud de la branquiopina, espacios interbranquiales, longitud y ancho de los denticulos de las branquias conforme el pez crece. Hildebrand (1943) realizó una revisión de las anchovetas americanas de la familia Engraulidae; en su trabajo reconoce siete géneros y setenta y ocho especies y subespecies. Cuando se refiere a Engraulis mordax mordax, indica que el número de branquias no aumenta con la edad. Mc Hush, en 1951, hace un estudio de las variaciones morfométricas en las poblaciones de la anchoveta, Engraulis mordax mordax; este estudio comprende cinco medidas diferentes que fueron: número de radios de la aleta anal, número de radios en la aleta pectoral, número de vértebras, número de radios en la aleta dorsal y número de branquias en el primer arco branquial del lado izquierdo en la rama inferior. Hace una relación entre estas medidas y las variaciones latitudinales, edad y sexo. Del análisis del número de branquias infiere que el número sí aumenta con la edad.

10. BIOLOGIA DE LA ANCHOVETA, Engraulis mordax (Girard).

La anchoveta es de suma importancia para la industria pesquera mexicana; a partir de 1975 ocupa el primer lugar de volumen de pesca, puesto que sigue ocupando actualmente (I.N.P., 1982).

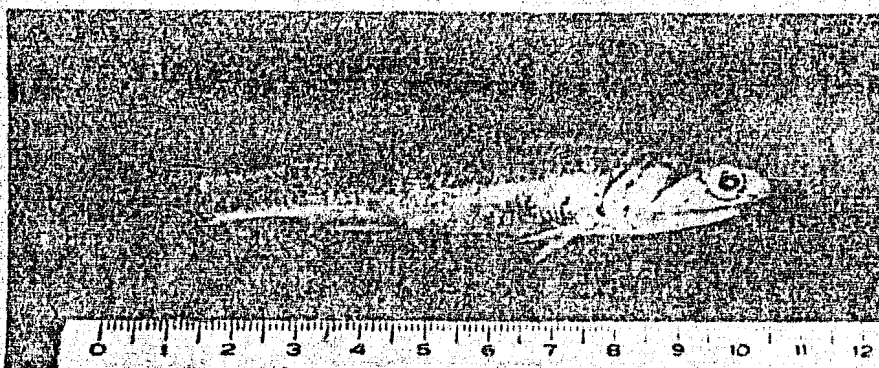


FIGURA 1. La anchoveta Engraulis mordax: (Girard).

Como se indicó anteriormente, esta especie es formadora obligatoria de cardúmenes. Su distribución va desde las islas Queen Charlotte, Canadá, hasta Cabo San Lucas, en Baja California (Chávez, et. al., 1979). Según los estudios sobre las variaciones merísticas (Mc Hugh, 1951) y los de genética sanguínea (Vrooman y Smith, en Chávez et. al., op. cit.) indican que existen tres poblaciones en las costas de California y Baja California. Las poblaciones se han descrito como la del norte, que se distribuye desde Columbia Británica hasta el norte de California; la central, que se encuentra al frente de las costas del sur de California y norte de Baja California, y la población del sur, desde San Quintín en Baja California, hasta Cabo San Lucas, llegando esta última a encontrarse en el Golfo de California (Chávez et. al., op. cit.). Existen migraciones, entre las poblaciones llegando a solaparse entre ellas. Se ha registrado que una gran parte de los adultos habitan durante todas las estaciones del año en regiones comprendidas entre los 29 y 35 grados de latitud norte, con temperaturas superficiales de 13 a 18 grados centígrados (I.N.P., op. cit.). Las concentraciones de adultos generalmente se encuentran en las capas superficiales y preferentemente en las zonas costeras (I.N.P., op. cit.). Durante el primer año de vida, la anchoveta no tiene migraciones de gran amplitud; se encuentra principalmente cerca de la costa y en grandes concentraciones. Su límite oceánico es hasta las 10 millas de la costa. Ahlstrom, en 1959, señaló que cerca del 95 % de larvas de anchoveta fueron capturadas a temperaturas de 14 a 17 grados

centigrados y los huevos a temperaturas de 13 a 17 grados. Por otra parte, se sabe que las larvas y huevos se encuentran durante todo el año (I.N.P., 1982). Su vida es relativamente corta; se sabe que escasamente exceden los 4 años de edad (17.8 cm de longitud), pero no obstante se han encontrado individuos hasta de 22.9 cm de longitud, y unos 7 años de vida (Chávez, et. al., op. cit.). El índice de fecundidad de esta especie está entre los 20,000 y los 30,000 huevecillos.

La anchoveta es un omnívoro; se alimenta por filtración y por mordisqueo, filtra fitoplancton, y zooplancton y captura por mordisqueo el zooplancton (Smith y Eppley, 1982).

Junto con el calamar, los eufésidos y peces, la anchoveta constituye una fuente importante en la alimentación de la mayoría de las especies predatoras de las aguas de California y Baja California (Chávez, et. al., 1979).

La captura de la anchoveta en los últimos años se ha incrementado; en 1970, aumentó un 27.8 % y en el periodo 1979-1980, el aumento fue de 44.8 % . Las capturas para 1978 fueron de 144,697 tons. Para 1979 200,430 y en 1980 fueron de 262,097 tons. (Todos los datos de I.N.P., op. cit.).

Hasta un 90 % de la anchoveta capturada se destina a la elaboración de harina y aceite de pescado. La empresa más fuerte y moderna es la "Pesquera Zarata" que se encuentra en Ensenada, Baja California, la cual procesa más del 50 % del total de las capturas; un mínimo porcentaje se emplea, principalmente, en calidad de carnada para la pesca deportiva, y para el empaque como sardina. Existen dos tipos de proceso de la anchoveta, el de reducción para harina de pescado, el cual ocupa el 90 % del total de la captura, y el de enlatado que se utiliza para la elaboración de conservas. Cuando se destina para harina de pescado se utiliza principalmente como alimento balanceado para animales, (forraje). El aceite de pescado se emplea principalmente para la producción de margarinas, pinturas, cosméticos y jabones (I.N.P., op. cit.).

5

12

1. CARDUMENES

La formación de cardúmenes constituye una forma de vida bastante ventajosa; el hecho lo demuestra que alrededor de dos mil especies marinas tienen tal comportamiento (Shaw, 1962).

Las principales características en la organización de un cardumen de acuerdo con Van Holst y Hunter (1970), son:

1. Los individuos se mantienen juntos.
2. Tiende a tener la cabeza en la misma dirección.
3. Mantienen un espacio dado entre ellos.
4. Las actividades o movimientos de los componentes del grupo, tienden a ser sincronizados.

Cada pez dentro del grupo ocupa una posición azarosa; al mismo tiempo, el cardumen carece de una posición geométrica rígida. Shaw, en 1978, define dos estados de acuerdo a la posición que guarda cada pez con respecto a todo el grupo. El primero es un estado no polarizado en el cual los peces están azarosamente orientados, y el segundo es un estado polarizado en el cual cada pez toma una posición exacta en relación con cada uno de los demás.

Este mismo autor menciona que el formar cardúmenes tiene grandes ventajas para la especie, debido a:

1. Existe una conservación de la energía debido a factores hidrodinámicos.
2. El incremento de oportunidades reproductivas es manifiesta.
3. Existe mayor tolerancia a las sustancias tóxicas.
4. Hay una mayor protección contra los ataques de los predadores.
5. El aprendizaje de comportamiento es más rápido.

Sin embargo, uno de los factores que hacen que la formación de cardúmenes sea adversa, es el hecho de que la cantidad de alimento ingerido es menor, puesto que la competencia intraespecífica se acentúa. Existe un solapamiento en el campo visual del pez, teniendo como resultado una menor tasa de encuentro de la presa por unidad de tiempo (Essers, 1976). Aunque los peces tienen sensores físicos y químicos, la visión parece ser que es de vital importancia para la formación e integridad del grupo (Bond, 1979).

En especies formadoras de cardúmenes, como Scomber japonicus, Trachurus symmetricus, Engraulis mordax, Atherinopsis californiensis y Atherinops affinis, cuando los peces son pequeños (larvas y juveniles), los grupos son menos compactos y más pequeños que los de peces adultos. En un estudio sobre las características estructurales de cardúmenes con organismos de estas especies, se demostró que en Scomber japonicus, los grupos son más compactos y organizados; en Trachurus symmetricus y Engraulis mordax, están en un término intermedio por su organización, y en Atherinops affinis, existe la menor organización. Las medias de las distancias entre pez y pez en Scomber japonicus, Trachurus symmetricus y Engraulis mordax, es de 0.4 de longitud patrón, mientras que en Atherinops affinis, es de 1.0 (Van holst y Hunter, 1970).

Los aproximadamente cuatro millones de toneladas del "stock" central de la anchoveta, Engraulis mordax, se distribuyen en 100 cardúmenes, en aproximadamente 9 km de diámetro, con 15 grupos por kilómetro cuadrado; las anchovetas forman asociaciones con una densidad de 366 por metro cúbico y un promedio en la concentración de 15 kg por metro cuadrado, (rango de 0.1 a 125 Kg). (Fiedler, Smith, Graves, Hewitt, et.al., en Smith y Eppley, 1982).

Los cardúmenes de anchoveta son probablemente más compactos en el día que en la noche (Lasker, 1981). El número y tamaño se incrementan rápidamente en verano y otoño. Por otra parte, el 94 % de los cardúmenes son menores de 80 metros de diámetro, el 6 % de grupos restantes mayores de 80 metros, contienen más de la mitad de la biomasa total de la especie (Lasker, op.cit.).

V. AREA DE ESTUDIO

Las márgenes orientales de los océanos son regiones de alta productividad (Cushins, 1969), y no obstante que los fenómenos de afloramientos se dan en cualquier latitud donde la dirección del viento y el efecto de Coriolis lo permitan, su significado biológico sólo resalta en el océano tropical y subtropical (Cushins, 1975).

Las cuatro principales áreas de afloramiento son las correspondientes a la Corriente de California, la Corriente del Perú, la Corriente de Canarias y la Corriente de Benguela. Estas cuatro zonas tienen al parecer dinámicas medioambientales comunes y están dominadas en términos de biomasa explotable por una similitud de especies de peces pelágicos similares (Bakun y Parrish, 1982), (tabla 1). Estas especies se caracterizan por tener baja diversidad específica, tendencia a la agregación de cardúmenes, por la menor fijez de sus caracteres a nivel específico y tener una tasa de reproducción muy elevada (Cervigón, 1967).

Según Cushins (*op. cit.*), desde el punto de vista de la pesquería comercial, los afloramientos son mucho más importantes que el océano abierto debido a:

- A) La intensidad de producción en gramos de carbono por metro cuadrado por día, proporciona el triple de alimento a los herbívoros.
- B) Los peces pelágicos de esta zona se asocian en grandes cardúmenes a diferencia del océano mundial, en el cual es casi imposible pescar en cantidades que compensen el costo de la pesca.

La zona de muestreo se encuentra aproximadamente en los 32 grados 15 minutos de latitud norte y los 117 grados de longitud oeste. A 50 km al noroeste de Ensenada, Baja California. Esta área es parte del sistema de la Corriente de California. Son aguas frías con una variación anual de 9 a 15 grados centígrados. En esta región, la corriente en primavera y verano es típicamente fuerte cuando los vientos del norte están bien desarrollados. Al mismo tiempo, la parte costera de la corriente es caracterizada por un fenómeno de surgencia. Durante el otoño y el invierno los vientos del norte son débiles y una contracorriente (la Corriente de Davison), se desarrolla entre la Corriente de California y la costa. Por lo tanto, las condiciones hidrográficas en esta región se caracterizan por una surgencia y alta concentración de nutrientes durante primavera y verano y un periodo de baja concentración en otoño e invierno (Malone, 1971).

El ancho de la corriente es de 1000 km, con una velocidad de 10 km por día, con un acarreo de 10 a 15 millones de metros cúbicos por segundo (Grant Gross, 1977).

TABLA 1

ESPECIES DOMINANTES EN LAS CUATRO AREAS DE AFLORAMIENTO MAS IMPORTANTES DEL OCEANO MUNDIAL

CALIFORNIA

Engraulis mordax
Sardinops sagax
Trachurus symmetricus
Merluccius productus
Scomber japonicus
Sarda chiliensis

PERU

Engraulis ringens
Sardinops sagax
Trachurus symmetricus
Merluccius gayi
Scomber japonicus
Sarda chiliensis

CANARIAS

Engraulis encrasicolus
Sardina pilchardus
Trachurus trachurus
Merluccius merluccius
Scomber japonicus
Sarda sarda

BENGUELA

Engraulis capensis
Sardinops ocellatus
Trachurus trachurus
Merluccius capensis
Scomber japonicus
Sarda sarda

(Tomado de Bakun y Parrish, 1982).

Para obtener las constantes a, b, c, de la fórmula :

$$W = a * L ** b * A ** c$$

Donde:

W = Peso teórico del organismo.
L = Longitud en cm
A = Altura en cm
a, b, c = constantes de la regresión.

Se utilizó el programa "Regression" del "Statistical Package For The Social Sciences", (Nie, et. al., 1975), por medio de la terminal de la computadora Burroughs 7800 de la UNAM.

$$KM = W / L ** b * A ** c$$

Las variables son las arriba descritas.

Asimismo, las regresiones lineales de KM contra longitud y peso se realizaron con el subprograma "Scattergram" del mismo paquete.

Para facilitar el manejo y la identificación de los peces y tratarlos individualmente, se etiquetaron en la región caudal, asignándoles un número para cada uno. Así, teniendo un registro, se tiene la ventaja de poder utilizar cada pez para varios análisis sin perder la secuencia.

Se obtuvieron los siguientes datos merísticos del aparato filtrador: se midió la amplitud de la boca en su diámetro transversal con una regla graduada en milímetros. Posteriormente, la longitud de la rama inferior del primer arco branquial del lado izquierdo; esta medida también con una regla graduada en milímetros. El número de branquias fue tomado del mismo arco medido.

Una vez obtenidas las morfometrías de la longitud y el número de branquias del primer arco, se obtuvo la relación A/B, que es la longitud del arco entre el número de branquias para obtener teóricamente la distancia que existe entre una branquia y otra. El inverso B/A, es el cociente de número de branquias por longitud del arco, que se refiere al número de unidades de longitud por branquia.

VI. MATERIAL Y METODO

El material de trabajo fue colectado en abril de 1983; la colecta se realizó a bordo de B/M "Loreto" propiedad de la "Pesquera Zapata" con base en Ensenada, Baja California. Este tipo de embarcación utiliza la técnica de cerco para la captura de la anchoveta, auxiliado con equipos de sonar, radar y en ocasiones, con una avioneta.

La localización y maniobra de captura se llevó a cabo durante las primeras horas del día. El total de captura por el barco se calculó en unas 50 toneladas en el lance. Para la selección de los peces se tomaron muestras al azar; esto se facilitó gracias a la técnica de succión del banco, el cual es aspirado directamente de la red que se encuentra en el agua y pasado a través de una banda sin fin, que descarga el producto en la bodega. Cada cinco minutos se tomó una muestra de la banda con el propósito de obtener representantes de todos los puntos del cardumen. Una vez obtenida la muestra y con el fin de evitar la resurgitación de los peces, se dejó que murieran por asfixia. Inmediatamente después se preservaron en formalina al 10 %, la cual se aplicó con jeringas hipodérmicas en la cavidad gástrica con el fin de parar el proceso digestivo. Los peces fueron vaciados en bolsas de polietileno y llenadas con formalina a la misma concentración que la inyectada.

Cabe hacer notar en esta sección, que durante diez días antes de la captura prevaleció un mal tiempo en toda la zona del sur de California y en Baja California. Durante este periodo, los barcos de la Pesquera no zarparon y, en cinco días de relativa calma del océano, las búsquedas de "bancos" fueron infructuosas. Por lo tanto, la captura del material se realizó después de un periodo de inestabilidad oceánica, y cinco días de búsqueda y espera de cardúmenes más compactos de anchoveta.

El material fue transportado al laboratorio para su análisis. Los peces fueron lavados con agua corriente y se preservaron con alcohol al 70 %. Para determinar la especie estudiada, se siguió la clave de Jordan y Evermann, 1986-1900. El total de organismos muestreados fue de 834. Se les pesó con una balanza granataria de una precisión de 0.5 gr. La longitud total fue tomada con una reslilla graduada en milímetros.

Con estos datos, se obtuvo la regresión múltiple, para obtener un indicador del estado fisiológico de los peces por medio del "Factor de condición múltiple" (KM), (Kuri-Nivón, 1979).

De acuerdo a las frecuencias de longitud (figura 2), se tomaron 125 peces para el análisis de feopismentos del contenido estomacal. A cada pez se le diseccionó desde el esófago hasta el píloro; el contenido gástrico se removió con una aguja de disección bajo un microscopio estereoscópico, y utilizando acetona al 90 %. El contenido estomacal se retuvo en un filtro Millipore de 0.45 micras de diámetro y pesado en una balanza analítica con precisión de 0.01 mg.

El método usado para la extracción y cuantificación de feopismentos es el propuesto por Strickland y Parsons en 1968, adaptado para éste estudio.

Una vez obtenido y pesado el contenido estomacal, la muestra se guardó en tubos de ensayo con acetona al 90 %, y mantenidos en refrigeración durante 24 horas para extraer los pigmentos. Pasado este tiempo, se centrifugó a 5000 rpm, durante diez minutos; el sobrenadante se llevó al espectrofotómetro para obtener la absorbancia a 6500 y 7500 amstrons. Se acidificó con unas gotas de ácido clorhídrico al 50 % y se llevó a las mismas longitudes de onda.

La fórmula para la obtención de miligramos de feopismentos por gramo de contenido estomacal es:

$$\text{Mg/gr} = 26.7 (1.7 [6500 d] - [6500 a] * v) / F * l$$

Donde:

- 6500 a = extinción a 6500 antes de acidificar.
- 6500 d = extinción a 6500 después de acidificar.
- v = volumen de acetona usado para la extracción (ml).
- F = peso del contenido estomacal en gramos.
- l = longitud de la cubeta en cm.

A 150 peces más se les diseccionó de la misma forma que a los anteriores. Para obtener el peso del contenido gástrico, se pesó el tubo digestivo desde el esófago hasta el píloro; posteriormente se extrajo el contenido estomacal con alcohol al 10 % y se volvió a pesar el tubo digestivo, obteniendo por diferencia el peso total. Todas las disecciones se hicieron también en un microscopio estereoscópico; al mismo tiempo se tomaban en consideración los grupos presentes del zooplancton. Cada muestra se pasó por un demolidor tisular, el cual rompe la compactación del bolo alimenticio para observar posteriormente al microscopio invertido. Una vez hecha la disgregación, cada muestra se aforó a 100 ml, tomándose una alícuota de 2 ml, la cual se pasó a una cubeta de sedimentación de 5 ml. Mediante el uso del microscopio invertido, se cuantificó el número de células de microplankton (mayores de 20 micras y menores de

200), (Dusart, en Morris, 1980).

Cabe mencionar que el valor de esta alicuota se determinó como resultado de un previo análisis del contenido estomacal de 200 peces colectados en noviembre de 1982, donde se encontró que 2 ml eran óptimos para la cuenta y observación de la muestra.

Para determinar las frecuencias de ocurrencia, se examinó el contenido estomacal separando los organismos encontrados. Se registró el número de estómagos en los cuales se encontraron, y el resultado se expresa como porcentajes (Lasler, 1975; Hyslop, 1980). Para obtener la media de la frecuencia numérica, se contó el número de células encontradas en cada estómago, estos se sumaron para dar los totales para cada especie (en este caso géneros), y luego un gran total de todos los géneros. Este último total se sumó en cada estómago y se dividió entre el número de casos, obteniendo así el promedio o media de frecuencia numérica.

VII. RESULTADOS

1. Peso y longitud

El análisis de las frecuencias de longitudes (Figura 2), nos indica que existe una simetría negativa hacia la izquierda (Downie y Hesth, 1973), lo que expresa que la captura de anchoveta tiende hacia peces más pequeños. Observando la tabla 2 se encuentra que el mínimo de longitud fue de 9 cm y el máximo de 14.5 cm, lo que corresponde de cuatro a cinco meses de vida el menor y de dos años al de 14.5 cm (Sakasawa y Kimura, 1975).

Los pesos de los peces también reflejan una asimetría negativa hacia la izquierda (figura 3), el máximo fue de 16.9 gr y el mínimo de 3.0 gr (tabla 2).

2. Estado fisiológico (KM)

El análisis del factor de condición múltiple KM (Figuras 4 y 5), nos muestra el estado fisiológico de los peces. Como se indicó anteriormente y siguiendo el método citado, se obtuvo la ecuación de la recta para la regresión de KM en función de la longitud en este caso:

$$Y = 31.5973 (x) + (-207.3350)$$

Se trazaron dos paralelas correspondientes a una desviación estándar (11.58159) a cada lado de la recta.

La ecuación de la recta para la regresión KM en función del peso fue:

$$Y = 16.8550 (x) + 21.3270$$

La desviación estándar fue 2.9349.

También en la ecuación de la recta de KM en función de la longitud, se trazaron las paralelas correspondientes.

Según el método que se utilizó, los peces que están por arriba de más desviación estándar, son peces sobrealimentados, los que es-

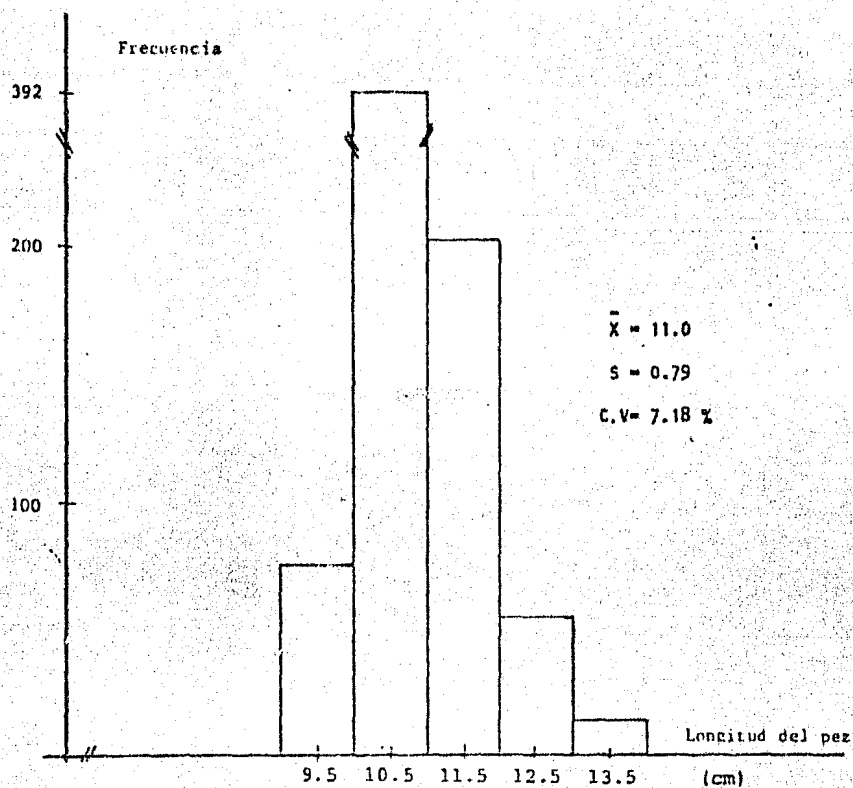


Figura 2. Histograma de frecuencias de la longitud total.

\bar{x} = Media.
S = Desviación estándar.
C.V. = Coeficiente de variación.

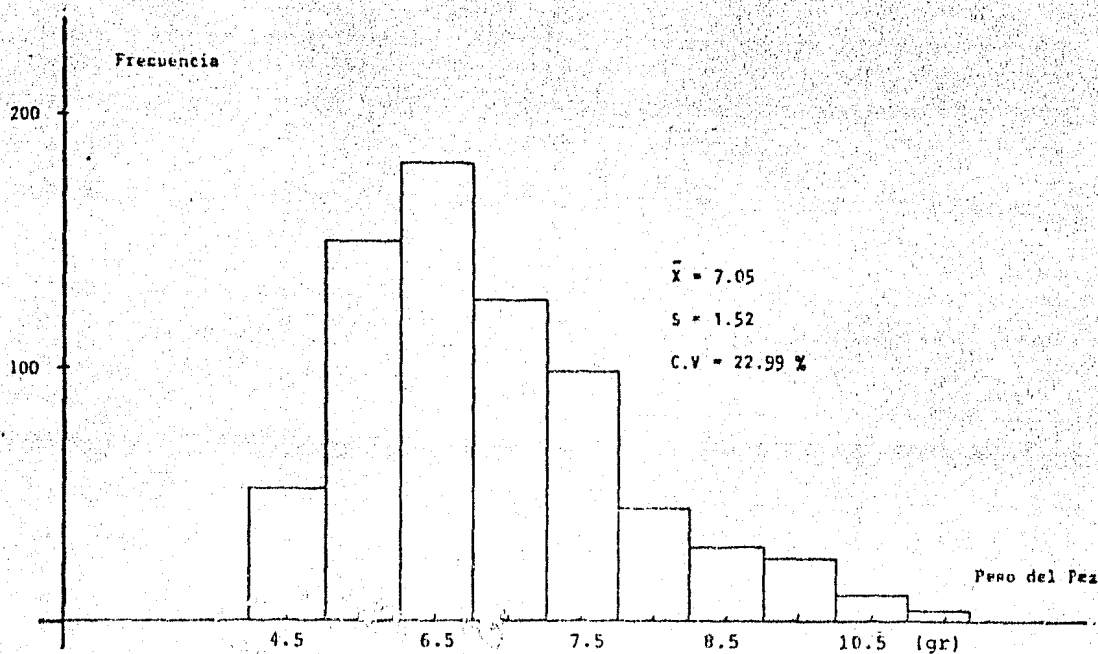


Figura 3. Histograma de frecuencias del peso total.

\bar{x} = Media.
S = Desviación estándar.
C.V. = Coeficiente de variación.

TABLA 2

ESTADISTICAS GENERALES

	MEDIA	D.EST.	MAX.	MIN.	COEF.VAR.
LONGITUD TOTAL (cm)	11.0	0.790	14.5	9.0	7.18
PESO (gr)	7.5	1.622	16.9	3.0	22.99
ALTURA (cm)	1.6	0.147	02.3	1.3	8.71
LONG. BOCA (mm)	4.9	0.825	06.5	3.0	16.55
BRANQUISPINAS	41.0	1.830	46.0	37.0	4.46
LONG. ARCO BRAN. (mm)	19.6	1.975	26.3	16.3	10.7
RELACION A/B (micras)	479.0	46.731	670.0	390.0	9.75
PESO CONT.EST. (mg)	0.058	0.065	0.224	0.0022	112.37
FEOPIGMENTOS (mg)	0.0036	0.004	0.0175	0.0003	111.95
FEOPIG/PESO	0.0034	0.012	0.0957	0.00008	357.84
N. DE CELULAS	7709	9999.6	37240	980	129.75
N. DE CEL/PESO	57.2	190.95	1117.54	24.40	74.23

#

tán por abajo de menos desviación estándar son peces subalimentados, y los que están entre más y menos la desviación, son peces en estado óptimo fisiológico.

Mediante un programa en formato Algol (Algorithmic language), se obtuvieron los siguientes resultados:

Estado fisiológico de los peces en función de la longitud:

Estado óptimo de alimentación:	594
Porcentaje del total:	71.22 %
Sobrealimentados:	119
Porcentaje del total:	14.50 %
Subalimentados:	118
Porcentaje del total:	14.26 %

Estado fisiológico de los peces en función del peso:

Estado óptimo de alimentación:	574
Porcentaje del total:	68.82 %
Sobrealimentados:	127
Porcentaje del total:	15.22 %
Subalimentados:	133
Porcentaje del total:	15.94 %

3. Aparato filtrador.

La amplitud de la boca tuvo un máximo de 6.5 milímetros y un mínimo de 3.0, con un coeficiente de variación de 16.55 % (Tabla 2).

La figura 6 nos muestra la relación que existe entre el tamaño de la boca y la longitud del pez.

La longitud del arco branquial está correlacionada con la longitud total (figura 7), el coeficiente de correlación fue de ($r=0.85$) lo que indica que el crecimiento de la longitud del arco tiene una relación lineal en función del crecimiento del pez. El máximo encontrado fue de 26.3 milímetros y el mínimo de 16.3, con una media de 19.61 (tabla 2).

El número de branquiaspinas en el lado izquierdo del primer arco branquial de la rama inferior aparentemente no aumenta con la edad; la figura 8 nos ilustra la relación. El coeficiente de correlación ($r=0.00064$) nos indica que no existe correlación alguna entre la longitud del pez y el número de branquiaspinas. Esto es, a una cierta edad podemos encontrar todo un rango de número de branquiaspinas. La cuenta de éstas resultó con una media de 41 y un coeficiente de variación de 4.4 %; el máximo fue de 46 y el mínimo de 37 (figura 9).

Al graficar la relación A/B (longitud del arco por número de branquiaspinas) en función de la longitud, se encontró que existe una correlación positiva y lineal ($r=0.79$), (figura 10).

4. Contenido Estomacal

Para el análisis de los fecopismentos, también se tomó como base la distribución y frecuencias de las longitudes (figura 2). Se disecaron 125 peces, las estadísticas de los resultados se encuentran en la tabla 2; los pesos del contenido estomacal tuvieron una media de 0.058 gramos, con un máximo de 0.224 y un mínimo de 0.0022. El coeficiente de variación de los fecopismentos fue de 112.37 %.

Al obtener los fecopismentos totales, también se obtuvo la cantidad de micro gramos de fecopismentos por miligramo de contenido estomacal. Esta tuvo un coeficiente de variación de 357.84 %.

Al graficar los miligramos de fecopismentos en función de la longitud total se encuentra que no hay correlación ($r=0.076$), (figura 11).

Sin embargo, al graficar la cantidad de microgramos por miligramo de contenido estomacal en función de la longitud total se observa que hay una tendencia hacia la relación inversa ($r= - 0.25$), no obstante que el resultado de la correlación aún es bastante bajo (figura 12).

Al graficar el peso de contenido estomacal en función de la longitud total se obtuvo también una correlación baja ($r=0.37$), pero directa (figura 13).

El siguiente resultado es el de fecopismentos totales tomados como promedios en cada 3 milímetros de longitud del pez; esto es, se sumaron los totales para cada milímetro (resultados anteriores), y se dividió entre el número de casos, obteniendo así el promedio

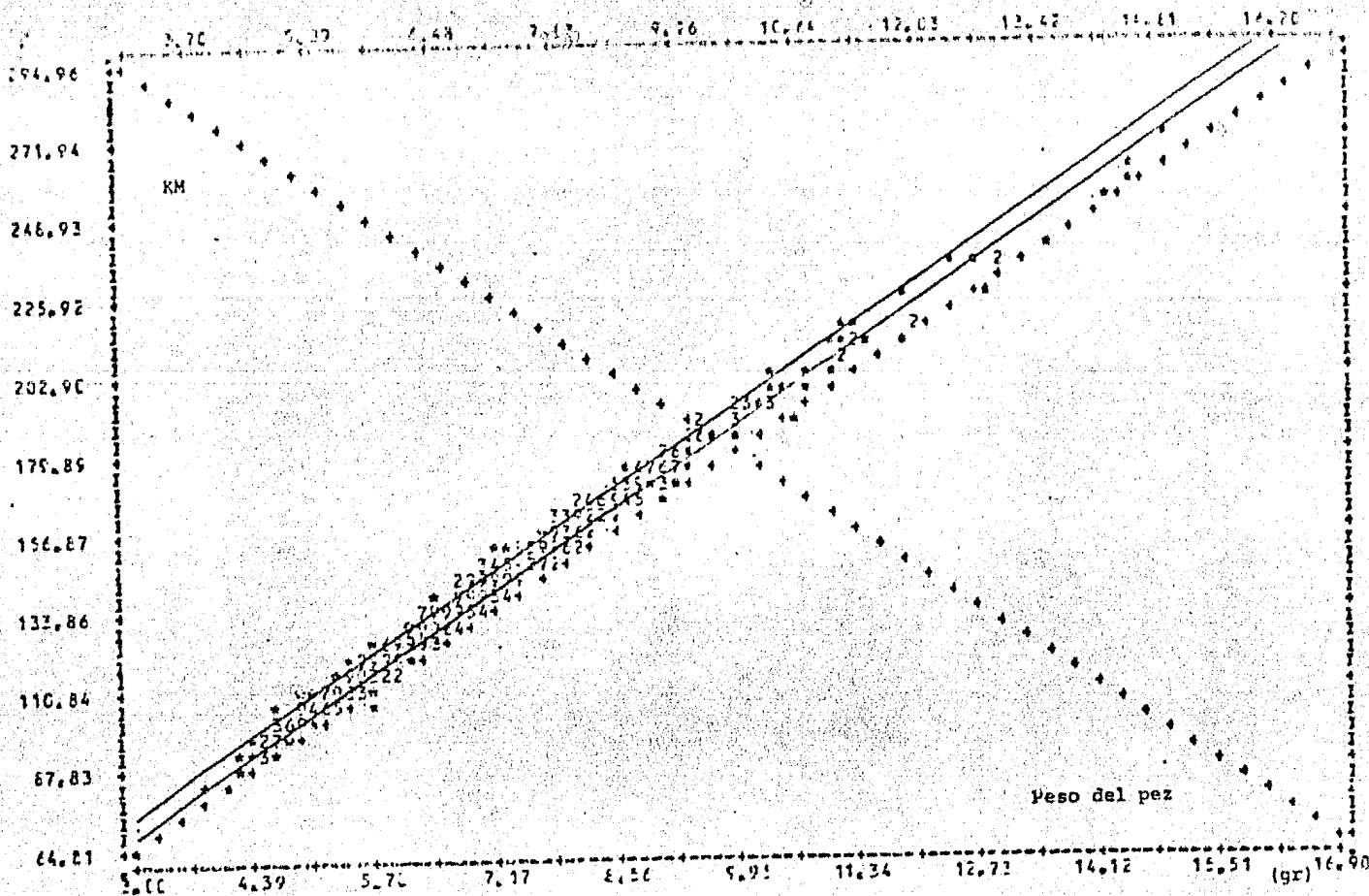


Figura 4. Regresión lineal del KM en función del peso del pez. Las paralelas corresponde a más-menos una desviación estándar (2.93).

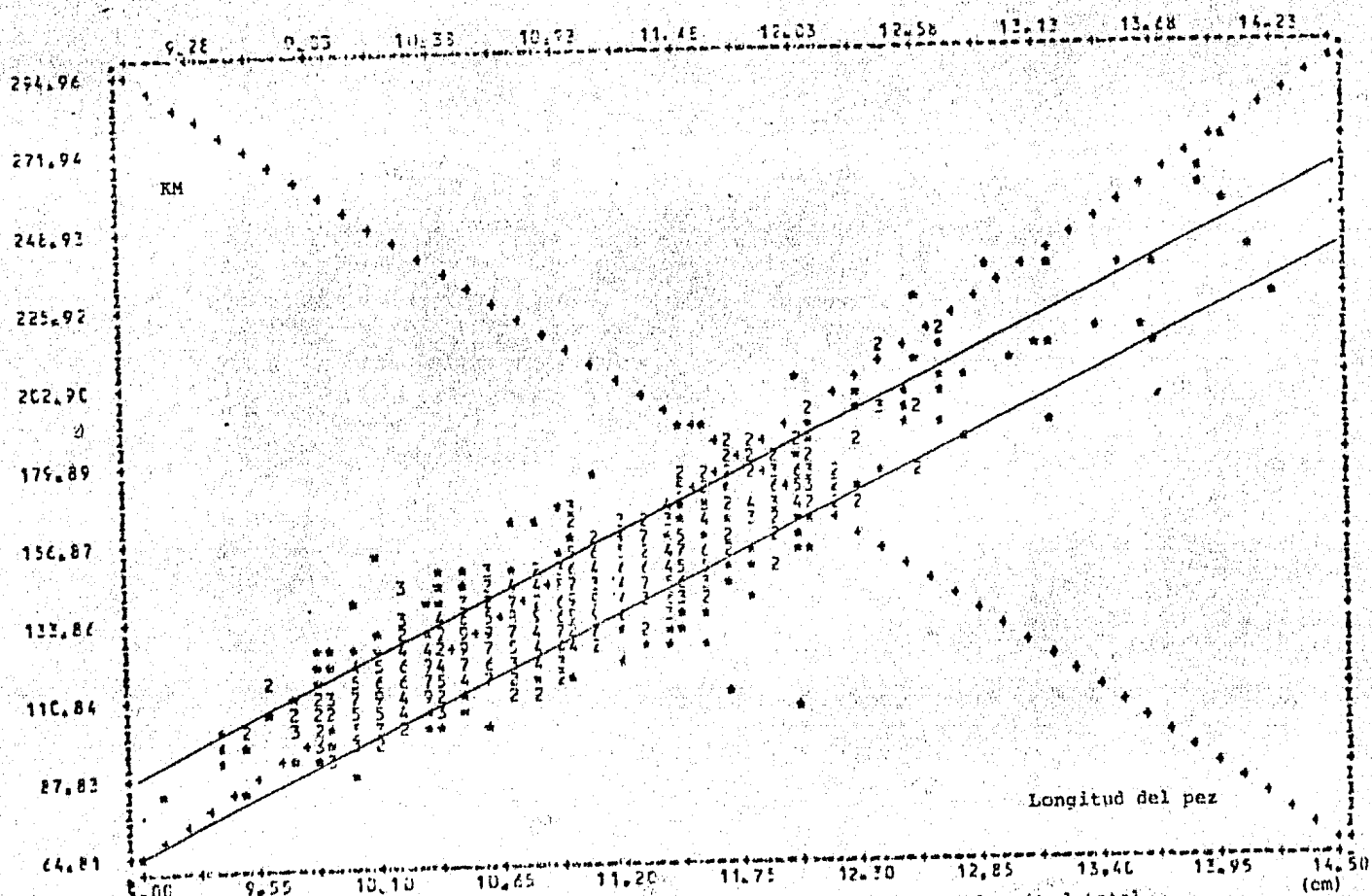


Figura 5. Regresión lineal del KM en función de la longitud total. Las paralelas corresponden a más-menos una desviación estándar (11.58).

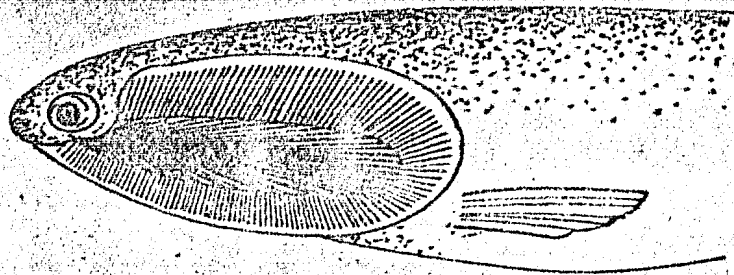


FIGURA 7A. VISTA LATERAL DE LA ANCHOVETA *Engraulis mordax*. EL OPERCULO FUE REMOVIDO PARA ILUSTRAR LA DISPOSICION DE LAS BRANQUIAS Y BRANQUISPINAS.

INTERIOR

EXTERIOR

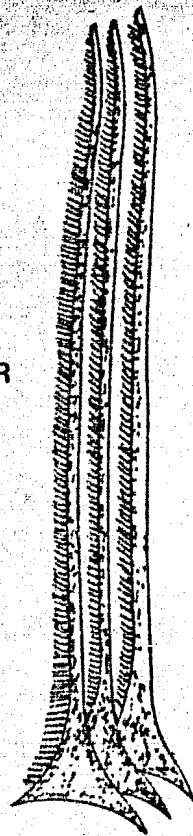


FIGURA 7B. ESTRUCTURA Y POSICION DE LAS BRANQUISPINAS. NOTESE EL ENSANCHAMIENTO BASAL Y LOS DENTICULOS QUE CORREN A LO LARGO DE ELLA.

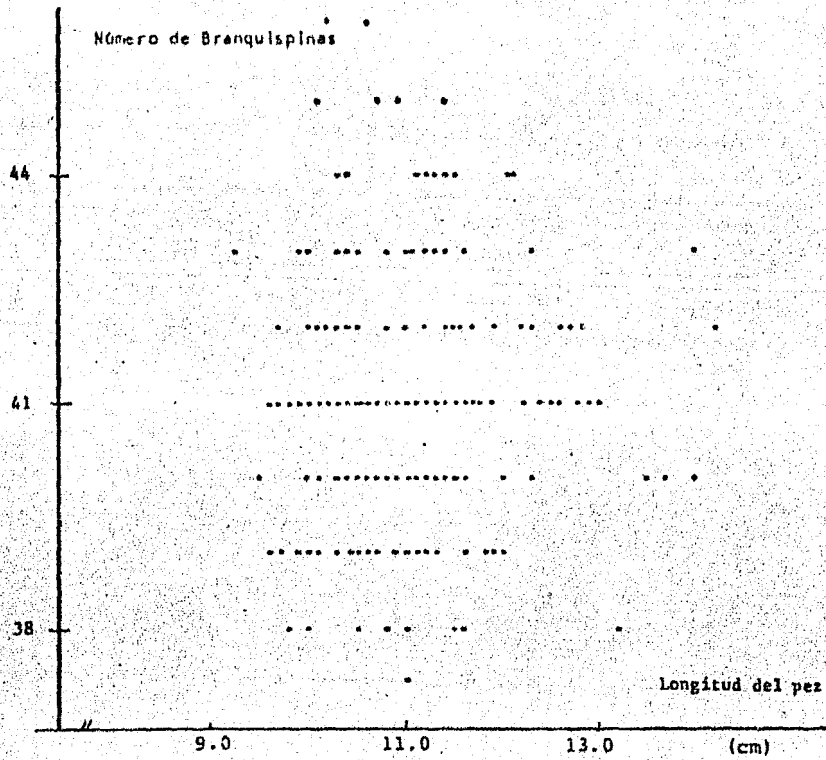


Figura 8. Número de branquiaspinas del primer arco branquial rama inferior del lado izquierdo en función de la longitud total del pez.

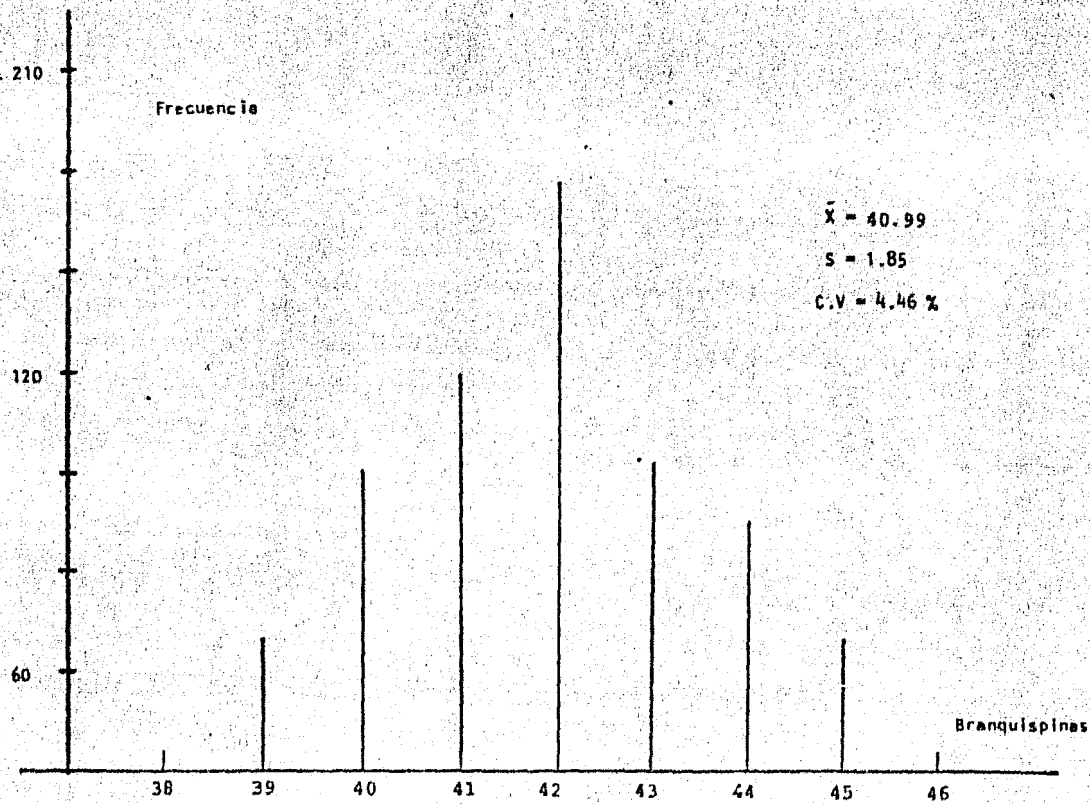


Figura 9. Histograma de frecuencias del número de branquiaspinas del primer arco branquial rama inferior del lado izquierdo.

\bar{X} = media

S = desviación estandar

C.V = coeficiente de variación

Para este rango.

La figura 14 muestra el resultado de graficar los promedios de los fecopismentos y el promedio de pesos del contenido estomacal, también para rangos de 3 milímetros, en función de la abertura interbranquial (B/A).

Así también, la cantidad de microgramos de fecopismentos por miligramo de contenido estomacal, fue tomada en rangos; para esto, las clases fueron de 5 milímetros. El coeficiente de correlación lineal (r) fue de -0.74 . La figura 15 muestra el resultado en clases de 1 centímetro para fecopismentos y 3 milímetros para el peso. El coeficiente de correlación para los promedios de fecopismentos fue de ($r = -0.89$); para el peso del contenido estomacal fue exponencial, 0.78 .

Para la cuenta de células, se tomaron 150 peces; las estadísticas de los resultados se encuentran en la tabla 2. Al igual que los fecopismentos, que se tomó el valor de la cantidad de microgramos de fecopismentos por miligramo de contenido estomacal, en la cuenta de células se cuantificó el número de células por miligramo de contenido estomacal.

Al graficar el número de células en función de la longitud, se encuentra un coeficiente de correlación de 0.20 , que es bajo pero positivo (figura 16). La figura 17 muestra la relación entre el número de células por peso del contenido estomacal en función de la longitud. La correlación encontrada es baja pero negativa ($r = -0.10$).

También en este caso se obtuvieron los promedios del número de células por peso de contenido alimenticio y peso del alimento. La figura 18, ilustra la relación que existe entre el número de células en función de la longitud del pez en rangos de 1 milímetro.

Al ampliar los rangos, 3 milímetros, se obtuvo una correlación de 0.62 para el número de células por longitud (figura 19). La relación de promedios de pesos de contenido estomacal para este mismo rango (3 mm), es positiva y exponencial ($r = 0.77$).

Al graficar los valores del número de células por miligramos del contenido estomacal, se observa, a 3 milímetros de rango, una inversión significativa en la relación con la longitud ($r = -0.80$) (figura 20).

5. Géneros y especies de microplancton

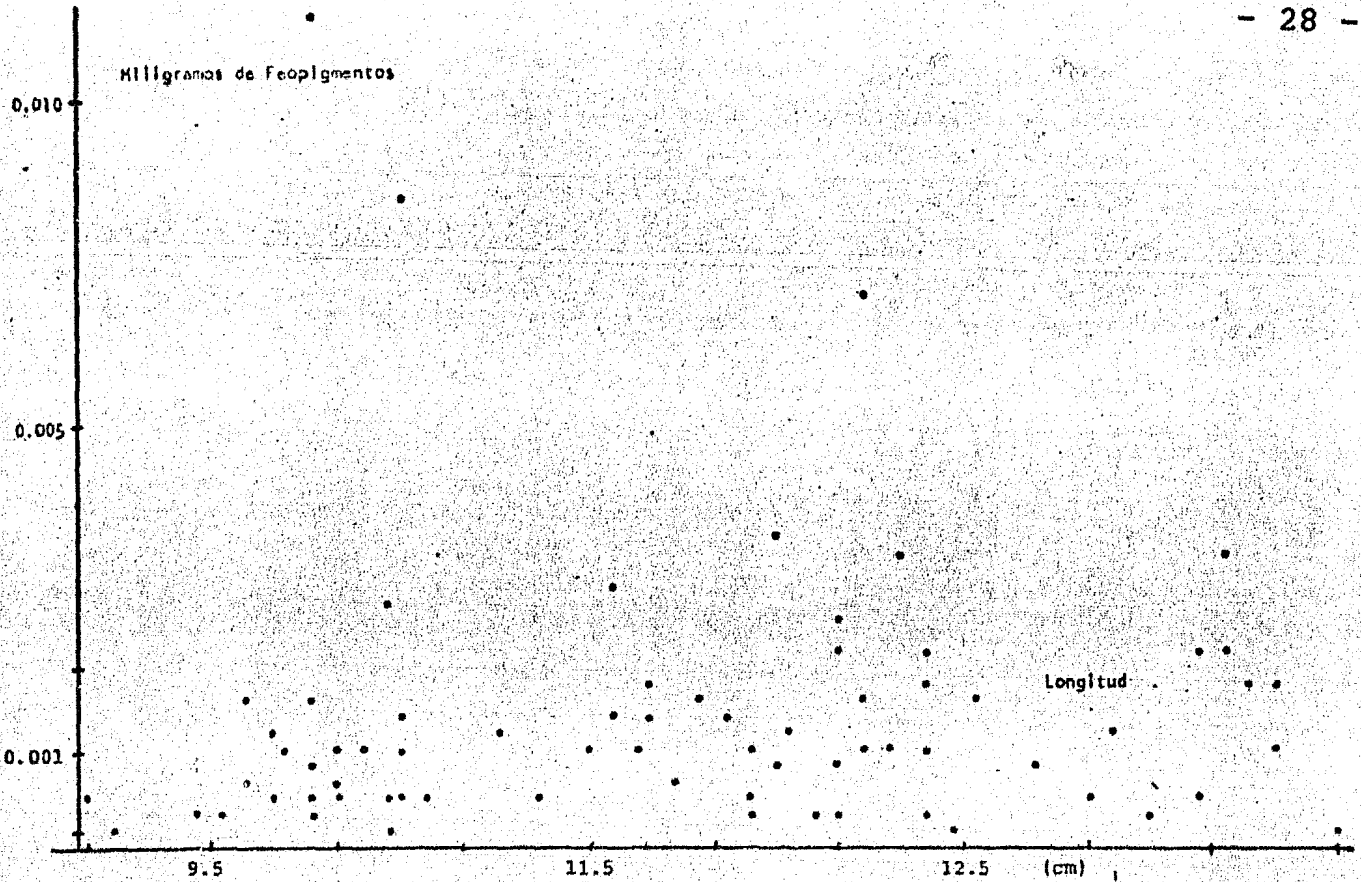


Figura 11.- Miligramos de feopigmentos presentes en el contenido estomacal en función de la longitud total del pez.

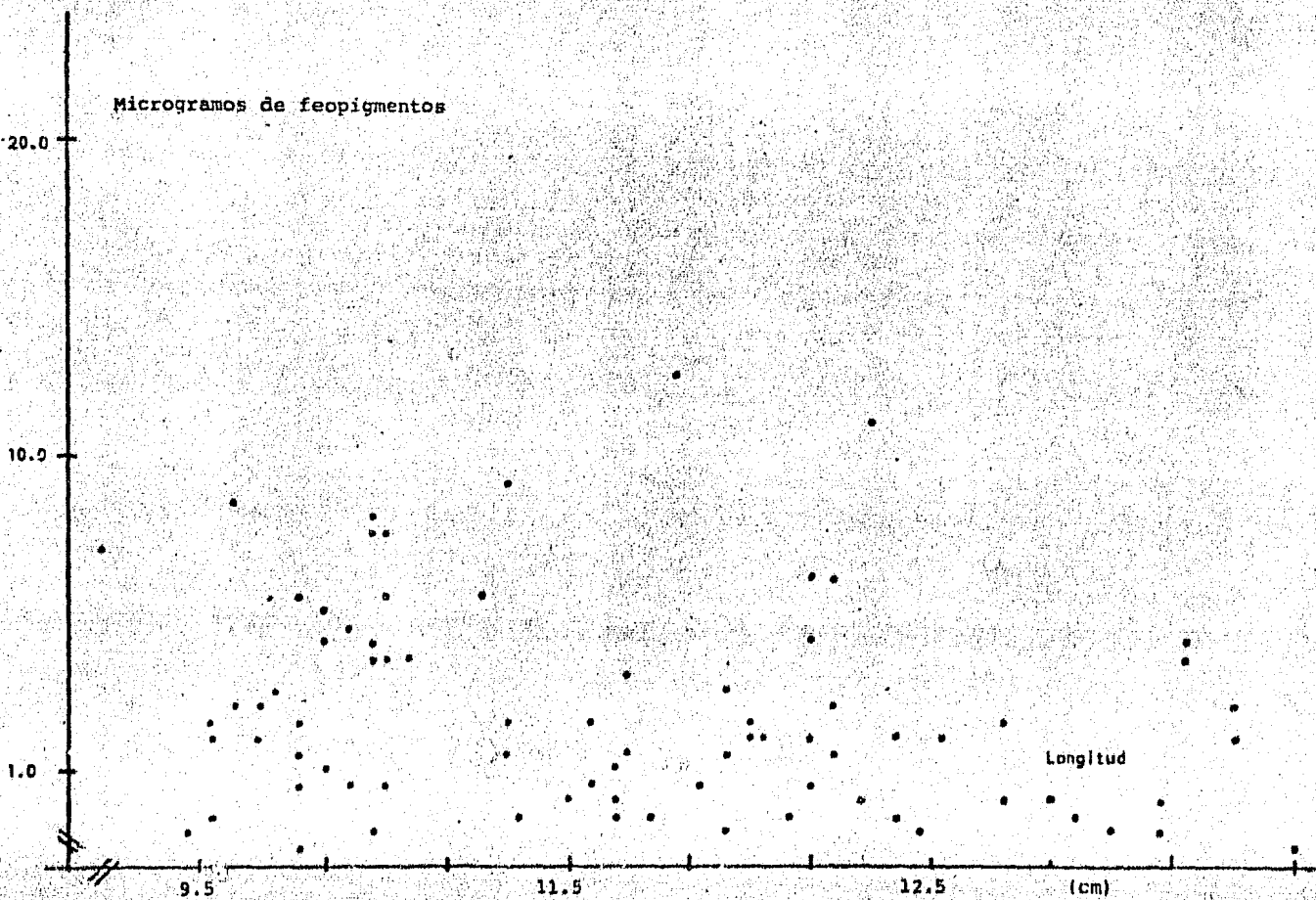


Figura 12. Microgramos de feopigmentos por miligramo de contenido estomacal en función de la longitud total del pez.

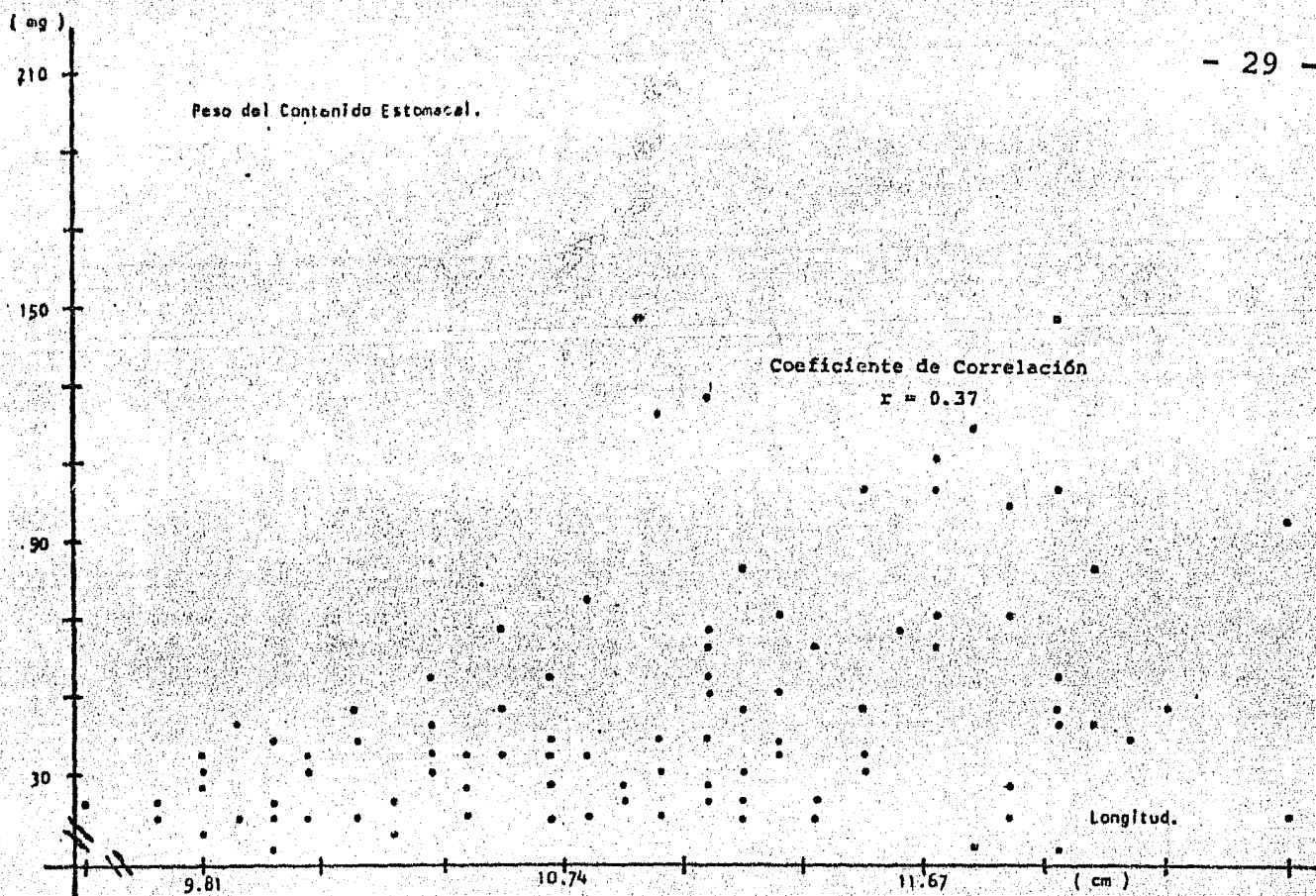


Figura 13. Peso del contenido estomacal en función de la longitud total del pez.

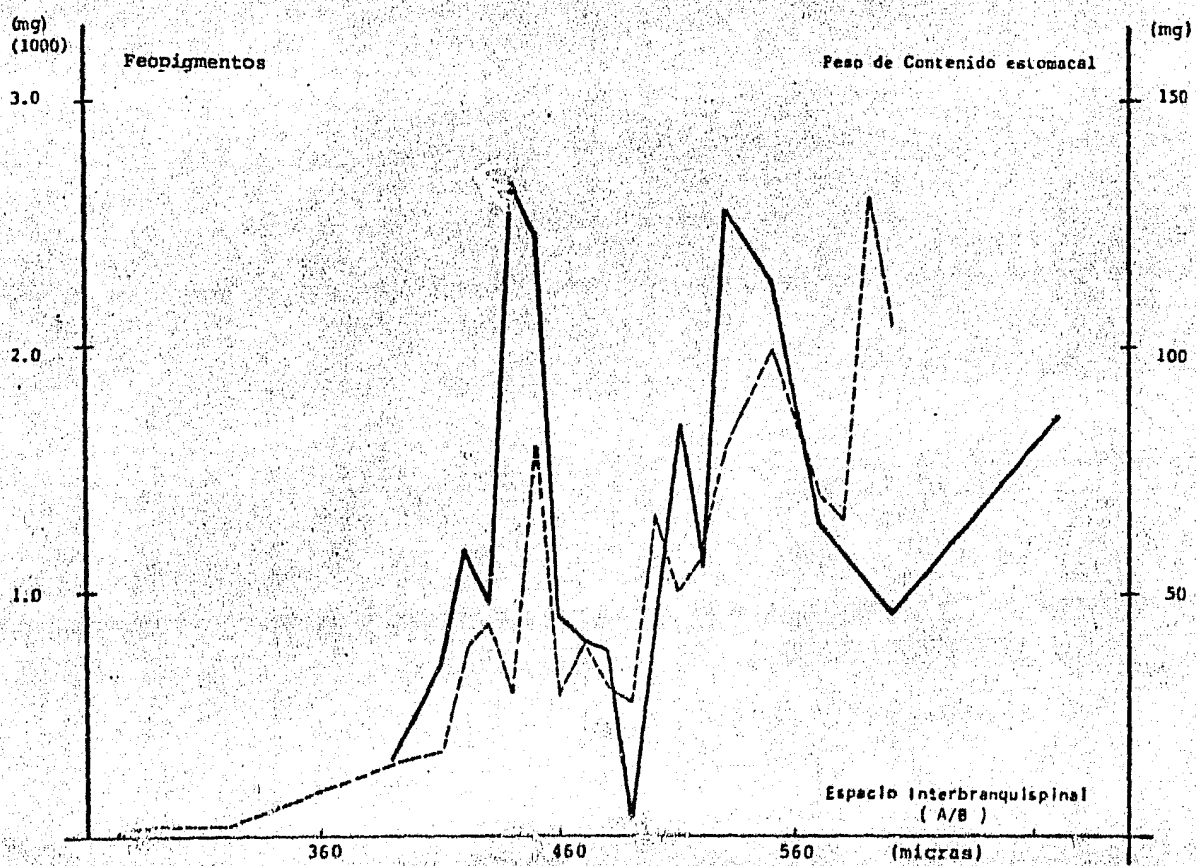


Figura 14. Promedios de feopigmentos (línea continua) con rangos de 3 mm en función de la abertura interbranchial (A/B).
Promedios del peso del contenido estomacal (línea punteada) a los mismos rangos y en función de la misma variable.

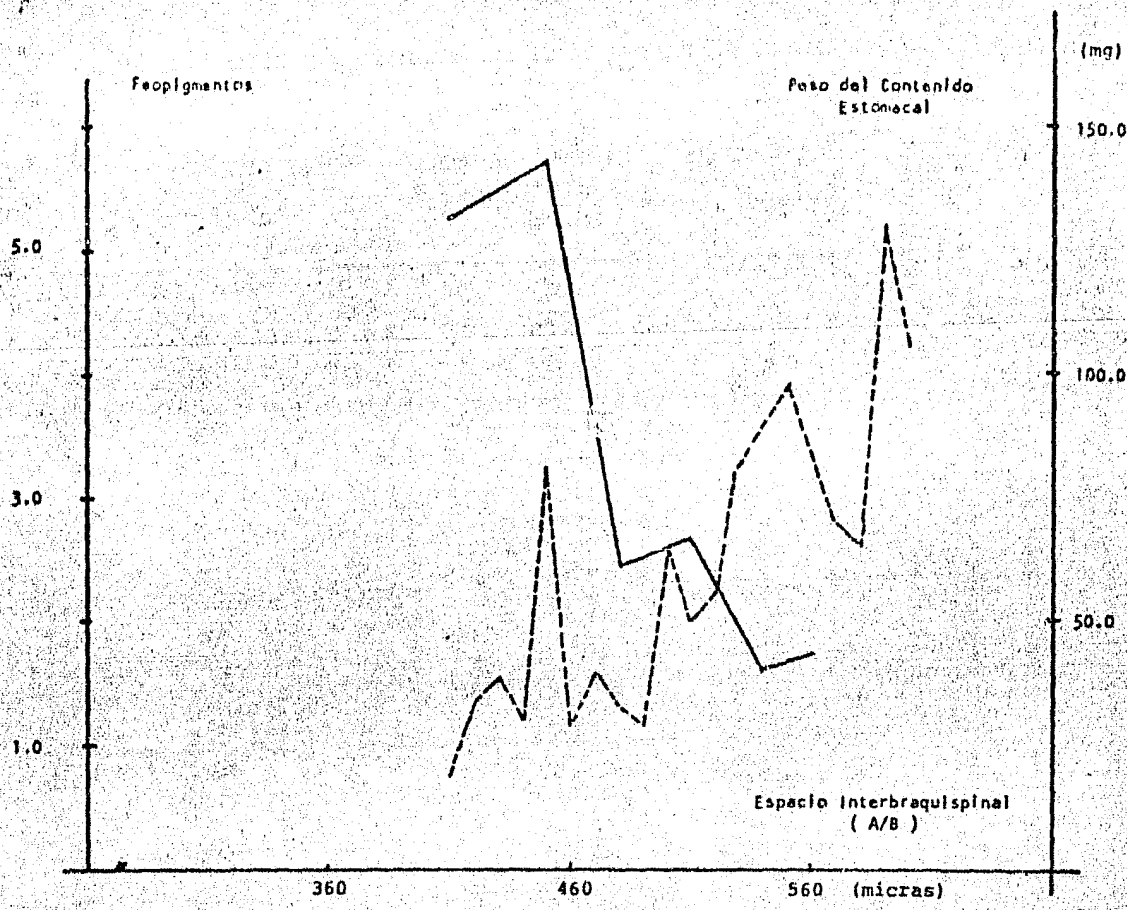


Figura 15. Promedios de miligramos de feopigmentos por gramo de contenido estomacal (línea continua) con tamaños de clase de 1 cm. Y promedios del peso del contenido estomacal (línea punteada) con tamaños de clase de 3 mm. Ambos en función del espacio interbraquial (A/B).

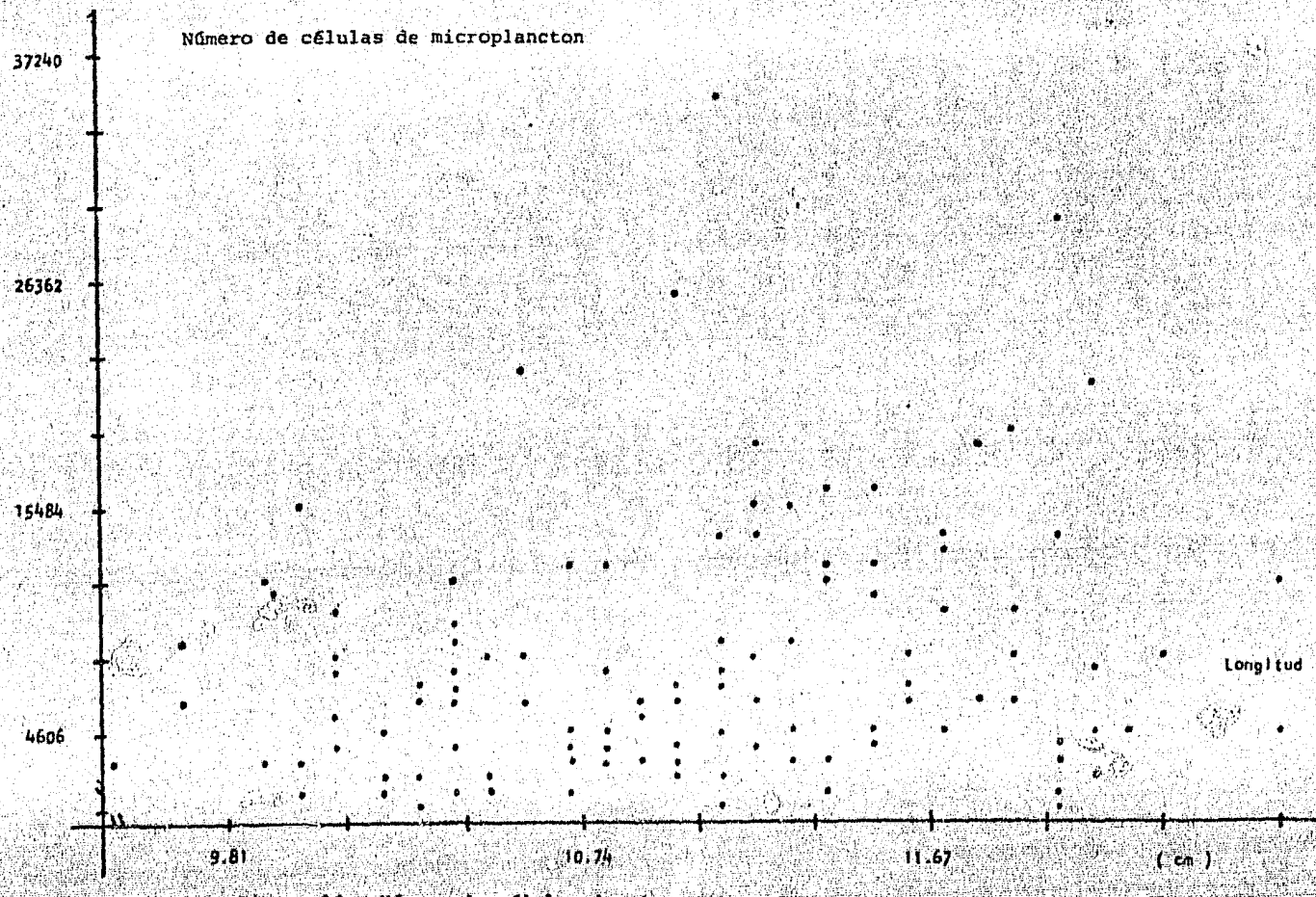


Figura 16. Número de células de microplancton en función de la longitud total del pez.

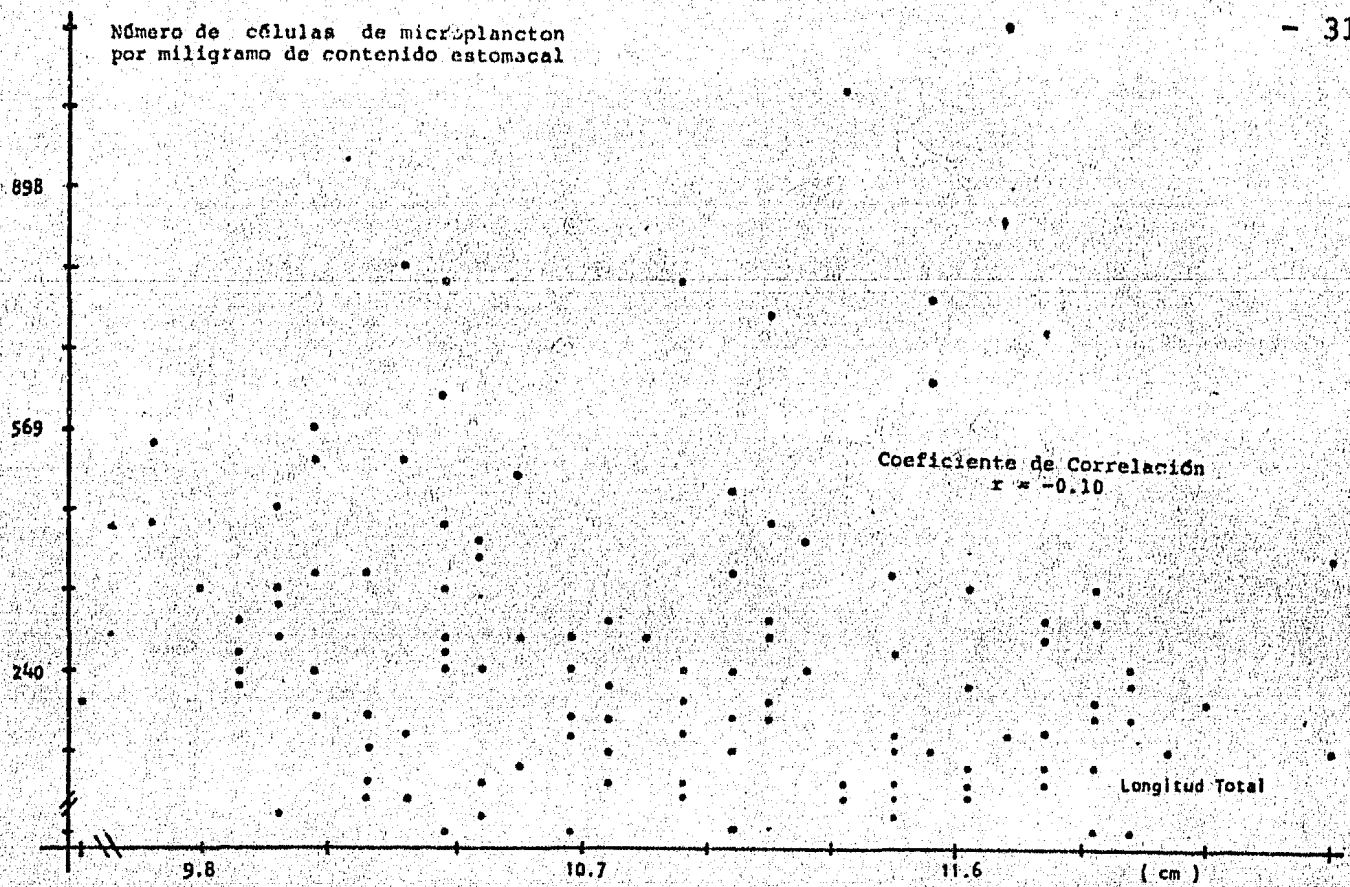


Figura 17. Número de células de microplancton por miligramo de contenido estomacal, en función de la longitud total del pez.

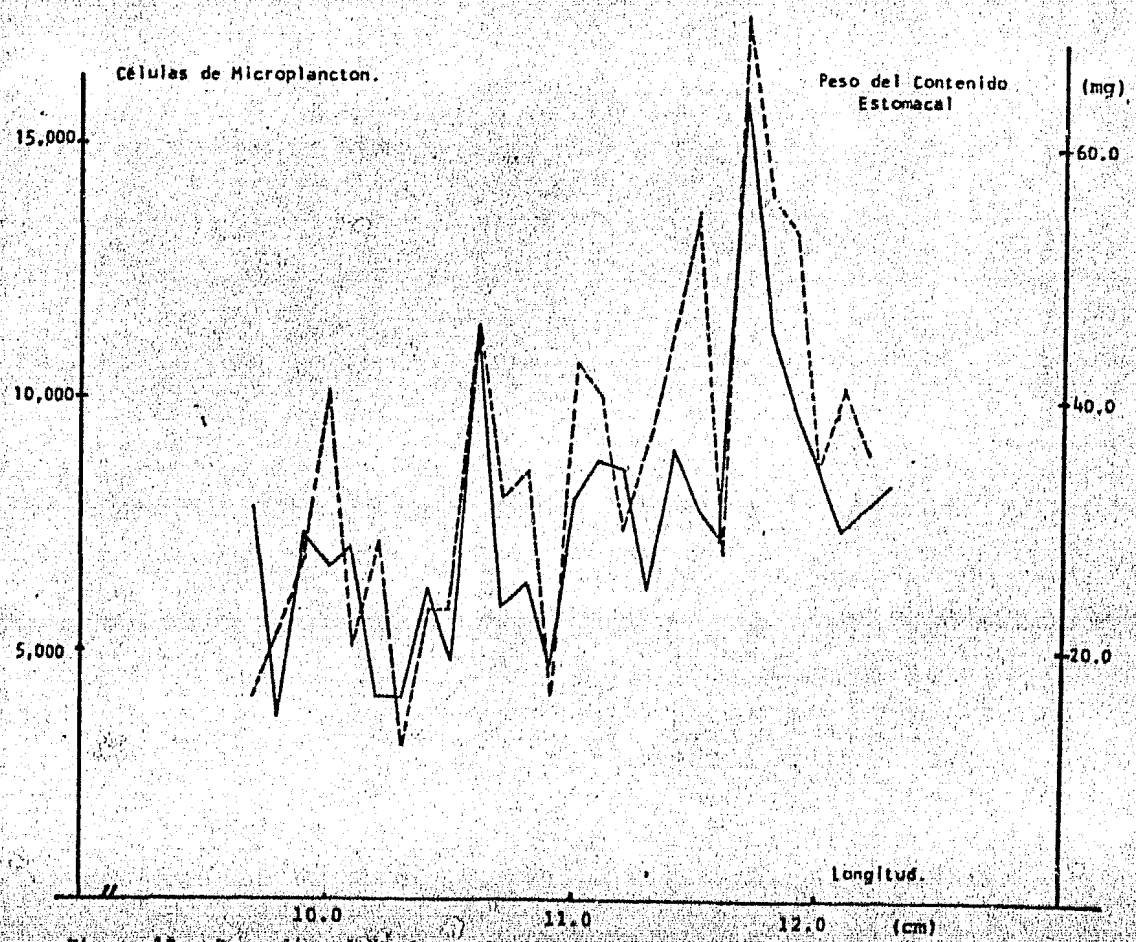


Figura 18. Promedios de número de células de microplancton (línea continua) con rangos de 1 mm en función de la longitud total del pez. Y promedios del peso del contenido estomacal (línea punteada) a los mismos rangos y en función de la misma variable.

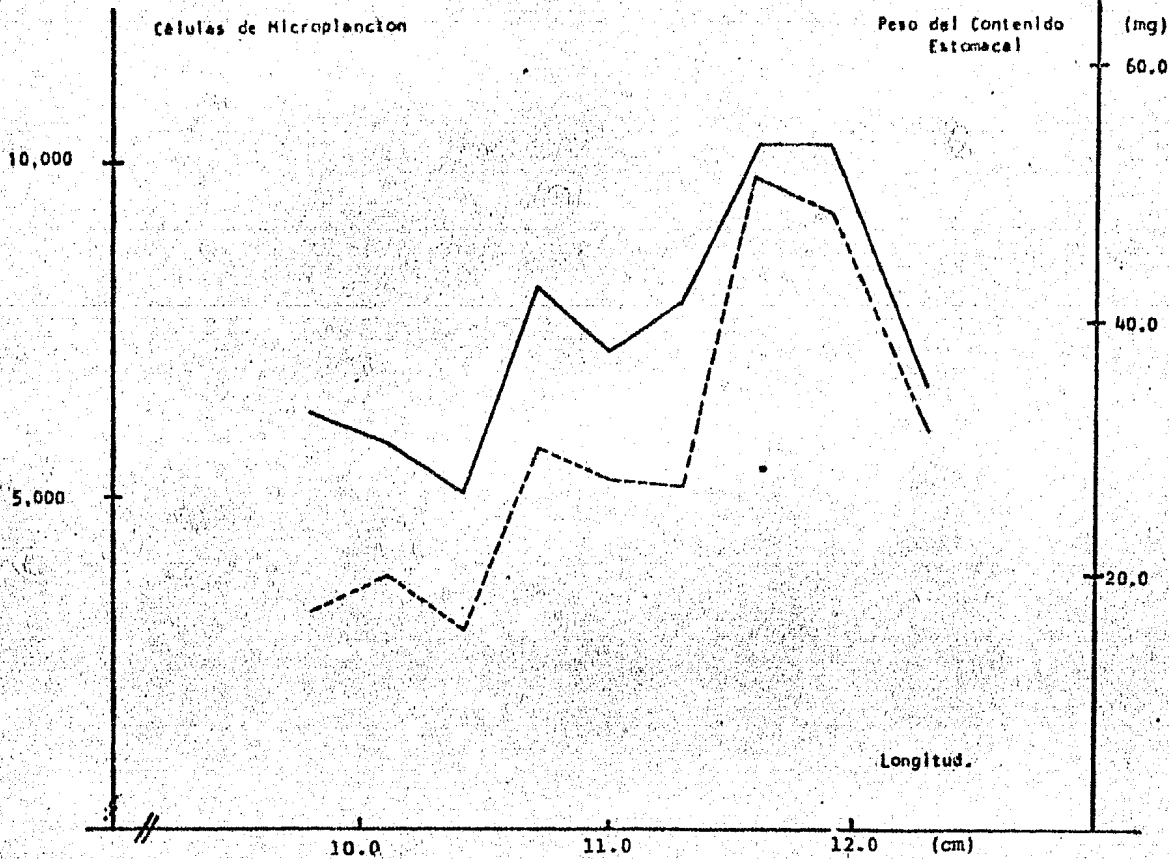


Figura 19. Promedios de células de microplankton (línea continua) con rangos de 3 mm en función de la longitud total del pez. Y promedios del peso del contenido estomacal (línea punteada), a los mismos rangos y en función de la misma variable.

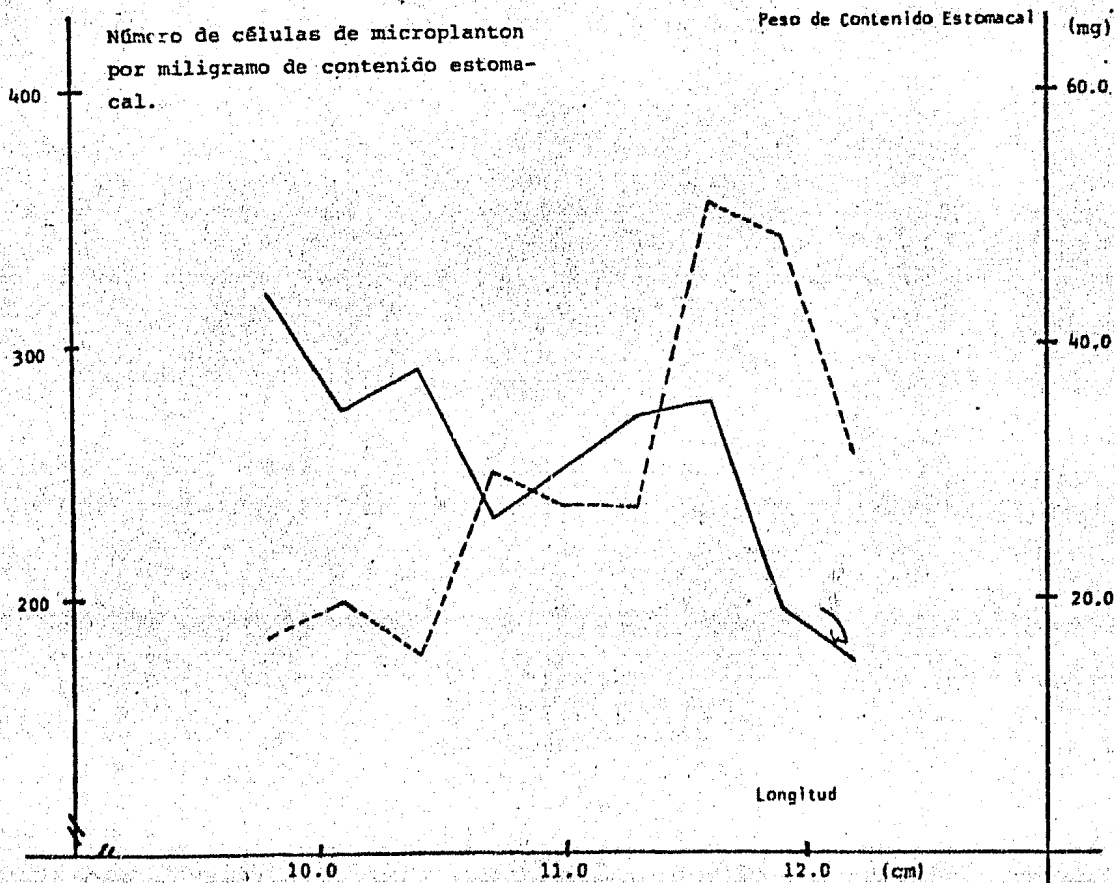


Figura 20. Promedios del número de células por miligramo de contenido estomacal (línea continua) con rangos de 3 mm ($r = -0.80$). Y promedios de los pesos del contenido estomacal, a los mismos rangos (línea punteada) ($r = 0.77$). Ambos en función de la longitud total del pez.

TABLA 3

MEDIA DE LA FRECUENCIA NUMERICA,
FRECUENCIA DE OCURRENCIA, DESVIACION TIPICA,
VARIANZA Y COEFICIENTE DE VARIACION DE LOS
GENEROS PRESENTES EN EL CONTENIDO ESTOMACAL
DE Engraulis mordax.

GENERO	MEDIA.FREC.NUM	FREC.OCUR.	D.EST	VARZ.	COEF.VAR
<u>AMPHORA</u>	13.35	31.11	7.970	59.00	59.68
<u>BACTERIASTRUM</u>	16.00	60.00	10.730	110.96	67.07
<u>BIDDULPHIA</u>	2.21	2.22	0.00	0.00	0.00
<u>CELULAS NO "I"</u>	22.98	57.77	14.920	214.31	6.67
<u>COCOLITOFORIDOS</u>	18.27	6.66	18.27	19.90	108.91
<u>COSCINODISCUS</u>	7.33	37.77	0.491	39.65	88.55
<u>DINOPHYSIS</u>	26.78	44.44	20.290	391.23	75.76
<u>DITYLUM</u>	0.98	2.22	0.000	0.00	00.00
<u>EXUVIAELLA</u>	27.08	42.22	18.68	330.85	68.99
<u>GONYAULAX</u>	7.89	2.22	0.00	0.00	0.00
<u>GRAMATOPHORA</u>	1.98	8.88	0.801	0.48	40.44
<u>NAVICULA</u>	15.85	80.00	28.160	771.35	177.67
<u>NITZCHIA</u>	6.78	11.11	5.261	22.14	77.59
<u>PERIDINIUM</u>	8.15	11.11	6.173	30.48	75.68
<u>PLEUROSIGMA</u>	0.81	2.22	0.033	0.01	4.07
<u>RHIZOLENIA</u>	10.37	8.88	7.76	45.26	74.88
<u>RHIZOSPHAERA</u>	23.57	40.00	12.330	143.75	52.34
<u>SKELETONEMA</u>	17.46	13.33	10.090	84.84	57.77
<u>SURIRELLA</u>	0.89	4.44	0.120	0.07	13.43
<u>THALLASIONEMA</u>	15.50	75.55	12.320	147.49	79.52
<u>TINTINOPS</u>	2.63	6.66	1.700	1.92	64.58

#

 TABLA 4

 ESPECIES DE FITOPLANCTON RECONOCIDAS

ESPECIE	CARACTERISTICAS
<u>Coscinodiscus marginatus</u>	(Según CUFF, 1950 y Ferguson, 1968)
<u>Dinophysis tripos</u>	DIAMETRO DE 36 A 97 MICRAS. DISTRIBUCION AMPLIA. COMUN EN CALIFORNIA.
<u>Navicula distans</u>	LONGITUD 100 MICRAS.
<u>Nitzschia closterium</u>	LARGO DE 70 A 120 MICRAS. ANCHO DE 14 A 18 MICRAS. LITORALES. SE ENCUENTRAN OCASIONALMENTE EN EL PLANCTON.
<u>Skeletonema costatum</u>	LARGO DE 25 A 100 MICRAS. MUY COMUN EN EL PLANCTON.
<u>Surirella fastuosa</u>	CADENAS LARGAS. NERITICAS. DISTRIBUCION MUNDIAL
<u>Thalassionema nitzchioides</u>	LARGO: 70 MICRAS. ANCHO: 40. COMUN EN EL SUR DE CALIFORNIA.
	LARGO DE 30 A 80 MICRAS. ANCHO DE 2 A 3.5 MICRAS. MUY COMUN EN CALIFORNIA.

(μ)

Espacio Interbranquial

580

530

480

430

$Y = 34.33397 (X) + 94.12320$

Coefficiente de Correlación
 $r = 0.79$

Longitud del pez

9.0

11.0

13.0

(cm)

Figura 10. Amplitud de los espacios interbranquiales (longitud del arco branquial entre el número de branquias), en función de la longitud total del pez.

Se logró identificar 14 géneros de diatomeas 3 de dinoflagelados, 1 de radiolario y 1 de tintinido, (tabla 3). La mayor frecuencia de ocurrencia se encontró en el género Navicula (80.0 %); las menores para Riddulphia, Gonaulax, Ditylum y Pleurosisma (2.22 %). La mayor media de frecuencia numérica fue para Exuviaella (27.08 %) y la menor para Pleurosisma (0.81 %), (tabla 3). Las especies y sus características de distribución y morfometría se encuentran en la tabla 4.

6. Grupos de zooplancton.

Respecto a los grupos de zooplancton presentes en el contenido estomacal, se observó que en la mayoría se encuentran copepodos, como grupo predominante. Las familias encontradas fueron Coryceidae, Eucalanidae, Calanoidae y Metrididae. De otros grupos se encontraron Cladóceros, Teliaceae, Ostrácosos, y larvas de decápodos. Para la identificación de los géneros y especies del plancton se utilizaron las claves y referencias siguientes: Meunier, 1913; Jahn, 1949; Cupp, 1950; Massuti y Margaleff, 1950; Davis, 1955; Balech y Ferrando, 1964; Ferguson, 1968; Wimpenny, 1972; Yamaji, 1972; Rose, 1975; Vidal y Carbonell, 1977; Sournia, 1978.

VII. DISCUSION

Como se indicó en la sección de resultados, el análisis de las frecuencias de longitudes y pesos nos indica que existe una tendencia hacia la captura de peces de tallas inferiores. Siendo la media de 11.0 cm para la longitud la moda esta hacia la izquierda (10.5 cm). Respecto a los pesos la media es de 7.5 gr. y la moda de 6.5.

Siguendo las estimaciones de Sakasaga y Kimura en 1975, en observaciones del crecimiento de la anchoveta en laboratorio, la edad media de los peces muestreados es de aproximadamente 15 meses; por lo tanto, la clase media anual fue de 1982. No obstante, se encuentran individuos de 4 meses y 2 años de vida. Esto implica que aunque no se sabe la composición de la estructura de edad del cardumen debido al arte de pesca utilizado y la abertura de malla de la red, el cardumen está constituido por organismos de diferentes edades.

Nikolsky (1963), distingue cuatro asociaciones temporales de peces. Define al banco, "shoal", como una asociación de peces más o menos duradera, orientados mutuamente y con condiciones biológicas similares, unidos por un comportamiento también similar. Las cuatro asociaciones son, por desove, migración, invernal y de alimentación. Las dos primeras comprenden una edad específica; sin embargo, la asociación alimenticia es más variable, implica el agrupamiento de diferentes edades. Aunque concluye, que los peces de las mismas edades usualmente se alimentan juntos.

Un hecho interesante es el resultado del análisis del factor de condición múltiple (KM) en el cual se encuentran los peces (Kuri-Nivón, 1979). El factor de condición múltiple, representa adecuadamente el estado de los organismos y elimina errores provocados por las variaciones en la altura de los peces. No obstante que existe la asociación masiva en esta especie, la cual implica el aumento en la competencia intraespecífica por el alimento, el estado fisiológico medio en que se encuentran es óptimo, para las distintas clases. Los resultados indican que respecto a la longitud, el 71.22 % de los individuos y el 68.22 respecto a los pesos, están en un estado óptimo fisiológico. Según Snedecor (1982), en una distribución normal las concentraciones de las mediciones cercanas a la media más una desviación estándar, son mayores del 66 % y que el 95 % entran dentro del intervalo de la media y más o menos dos desviaciones estándar. Por lo tanto, se infiere que el estado fisiológico se está distribuyendo de una manera normal, por consiguiente, la distribución del alimento dentro del cardumen también tiene una distribución normal ya que las relaciones alimenticias determinan, en parte, los niveles de población, tasas de crecimiento y condición de pez (Lasler, 1975).

No obstante, la KM puede variar según la calidad y cantidad del alimento, estado gonádico del pez, etc. (Kuri-Nivón, 1979).

El hecho de que se muestreara en una sola época del año, no permite la extrapolación de estos resultados; no obstante, la distribución normal en el estado fisiológico sugiere que el alimento consumido por los distintos componentes del cardumen se asimila de una manera eficaz.

Ya que la dimensión de la boca está correlacionada con la longitud del pez, implica que la velocidad de pastoreo es el principal determinante del volumen de agua filtrada para obtener el alimento (Durbin y Durbin, 1983). Esto es, a una amplitud dada de boca, el principal factor que interviene para determinar la cantidad de agua filtrada es la velocidad del pez y por consiguiente el tiempo en que se mantiene a esa velocidad.

Los resultados obtenidos indican que existe una correlación entre la longitud del pez y la amplitud de la boca; por lo tanto, un pez de mayor edad podrá pastorear con mayor velocidad y filtrará mayor cantidad de agua que un pez de menor talla. Se encontró que existe una correlación positiva y lineal entre la longitud del arco branquial y la longitud del pez. Esto es, a mayor edad, los arcos branquiales se hacen más largos. Hildebrand en 1943, en su revisión de las anchovetas americanas, indica que en Engraulis mordax mordax, el número de branquispinas aparentemente no aumenta con la edad, el número encontrado tuvo un rango de 38 a 45 (similar a lo obtenido en el presente trabajo); la media fue de 39.87 (lo obtenido en este trabajo fue de 40.99). Sin embargo, Mc Hush en 1951, menciona que el material que utilizó Hildebrand fue inadecuado para demostrar el lento pero gradual incremento del número de branquispinas. Por lo tanto Mc Hush (op. cit.), concluye, que si hay un incremento en el número de branquispinas conforme el pez crece. A su vez, indica que existe un dimorfismo sexual, la media para las hembras en el sur de California fue de 40.72 y la de los machos 42.10.

Las diferencias de opinión que existen sobre el aumento o no del número de branquispinas con la edad, son grandes. La posición del presente autor, siguiendo los resultados obtenidos en éste trabajo, es que el número de branquispinas no aumenta con la edad. Por lo tanto en análisis posteriores se tomará como base este hecho.

Por consiguiente, si la longitud del arco branquial aumenta con la edad, y el número de branquispinas no se incrementa, esto da como resultado que los espacios que existen entre branquispina y branquispina se hacen más grandes.

Es importante hacer notar que, no obstante que el grosor de la

branquispina se incrementa con la edad, este aumento no iguala la rapidez con la cual los espacios se van haciendo más grandes; aunque no se hizo medición alguna del grosor de la branquispina, basta una sola observación de un pez de 9 cm (con una amplitud de 390 micras) y otro de 14.5 cm (con una amplitud de 610 micras) para deducir que la amplitud de los espacios no es la misma. El crecimiento de la branquispina es más evidente hacia la región interior de la cavidad bucal (figuras 7A y 7B), esto es, el incremento del grosor es en un sentido transversal. El resultado de la relación A/B, se expresa en micras. No obstante, se hace hincapié que ésta no es la medida real del espacio interbranquispinal. Se calcula, que su longitud aproximada es un tercio de lo manejado en este trabajo, esto debido, al grosor y ensanchamiento de la branquispina.

Esta dinámica de amplitud de los espacios, da como resultado diferencias en la eficiencia de filtrado (capacidad de retención de las partículas del plancton por las branquispinas). Así, los peces de menor talla, tendrán una mayor eficacia para retener partículas más pequeñas. Leong y O'Connell (1969), en su trabajo sobre el hábito alimenticio de la anchoveta en el laboratorio, encuentran una relación inversa entre el peso del pez y la cantidad proporcional de alimento consumido, siendo el alimento larvas nauplio de Artemia. Este hecho lo encuentran inconcebible, ya que esto implicaría que los peces pequeños filtran a mayor velocidad que los grandes. Por lo tanto, indican que la posible explicación de sus resultados es que el período de alimentación fue muy corto en su experimento. Otra explicación, según nuestros datos, correspondería a que los peces más pequeños, cuando filtran, lo hacen más eficientemente debido a la mayor capacidad de retención (espacios más cerrados) de las branquispinas.

Dado que existe una diferencia en la eficiencia de filtrado, esto no implica necesariamente que exista un deterioro en el mantenimiento de la estabilidad fisiológica, puesto que el filtrado no es la única estrategia por la cual la anchoveta obtiene su alimento, ya que el mordisqueo es utilizado para mantener sus necesidades alimenticias en condiciones de baja concentración de plancton. (Leong y O'Connell, op. cit.) y por otra parte, en 1969, Shih-Chieh Shen, observó también, que el fitoplancton se encuentra en mayores proporciones en post-larvas y juveniles de Engraulis japonica y que el fenómeno está relacionado con los cambios que existen en la estructura del aparato filtrador.

Los feopismentos totales (cantidad de feopismentos presentes en el contenido estomacal) se graficaron en función de la longitud del pez. Los resultados obtenidos indican que no existe correlación para estas dos variables. Lo que implica que a cualquier longitud dada, podemos encontrar diferentes cantidades de feopismentos; por lo tanto, parece ser que la cantidad de fitoplancton ingerido es independiente de la longitud. Sin embargo, al graficar el peso del contenido estomacal en función de la longitud total, se encuentra una tendencia positiva y lineal. Esto es lógico, ya que al crecer

el pez, consume mayor cantidad de alimento. Cuando se graficó el contenido de feopismentos por miligramo de contenido estomacal en función de la longitud, se denota un cambio, la correlación se hace negativa. La cantidad de feopismentos por peso del contenido estomacal es sensiblemente mayor en peces pequeños que en los de mayor talla. Este hecho es más evidente al promediar los feopismentos y los pesos del contenido estomacal en tamaños de clases de 3 mm. Por otra parte, se encontró que existe correlación marcada entre el peso del contenido estomacal y la cantidad total de feopismentos. Así entonces, la cantidad de feopismentos y el peso del contenido estomacal son mayores en peces de talla más grande. Sin embargo, al graficar los promedios de los feopismentos en clases de 5 mm, se encuentra que la relación es inversa ($r = -0.74$) y al hacer los intervalos más grandes (1 cm), la correlación es más significativa, el coeficiente de correlación fue de -0.89 . La hipótesis nula se rechaza al nivel de 5 % (Snedecor, 1967).

Lo arriba descrito nos indica que la diferencia en la retención de las partículas del microplankton se pone en evidencia, sólo analizando los valores de feopismentos por miligramo de contenido estomacal, ya que si se valora solamente la cantidad total de feopismentos, se encuentra una tendencia en la cual, los peces de tallas mayores presentarán una cantidad mayor de feopismentos, pasando por alto la diferencia existente.

Sin embargo, para estar más seguros y tener mejores bases para aceptar cualquier conclusión, es necesario obtener otra medición del fenómeno estudiado y poder comparar resultados.

La cuenta total de células de microplankton en el contenido estomacal se graficó en función de la longitud total del pez. Se observa, que a pesar que la correlación es baja ($r = 0.20$), se encuentra la tendencia de que en peces mayores, exista una mayor cantidad de número de células. No obstante, al obtener el valor del número de células de microplankton por mg del contenido estomacal y graficarlo en función de la longitud, se encuentra que la relación se hace inversa con correlación muy baja ($r = -0.10$). Por lo tanto, existe la tendencia de que la cantidad de número de células de microplankton por miligramo de contenido estomacal, sea mayor en peces de menor talla. Si se compara este resultado con lo obtenido en la cantidad de microgramos de feopismentos por miligramo de contenido estomacal se encuentra una tendencia similar, de igual manera, al promediar el número de células de microplankton, en clases de 1 mm, y graficarlos en función de la longitud total del pez, se observa una tendencia positiva y lineal. Lo mismo sucede con el peso del contenido estomacal a los mismos rangos. Las fluctuaciones entre el peso de contenido estomacal y las feopismentos son las mismas, que el número de células y el peso. Al hacer los promedios más grandes, el fenómeno se hace más claro, se obtiene que el peso está correlacionado con el número de células.

La figura 20 nos destaca un hecho importante, el cociente del número de células por miligramo de contenido estomacal en promedios de 3 mm, decrece significativamente en función de la longitud del pez ($r = -0.80$), no obstante que el peso del contenido estomacal a los mismos rangos, crece exponencialmente ($r = 0.77$). Como se puede observar, los fecopismentos y el número de células tienen conductas similares, no obstante que los análisis fueron realizados con distintos ejemplares.

Con base en estos resultados se plantea un modelo para predecir el comportamiento y los cambios que existen en el peso del contenido estomacal y el número de células por peso, a diferentes longitudes del pez y con tamaños de clase promedios de 3 mm. La figura 21 nos ilustra el caso. El coeficiente de correlación lineal (cociente) fue de -0.80 , el nivel de significancia es del 99 %. El coeficiente de correlación exponencial (peso), es de 0.77 y el nivel de significancia es del 95 % (Snedecor, 1967).

La ecuación que describe el modelo lineal es:

$$Y = -44.39278 (X) + 743.66500$$

La ecuación para el comportamiento exponencial es:

$$Y = 0.9434 e^{**} 0.0377 (X)$$

Al plantear este modelo, se infiere entonces, que existe un cambio gradual en la composición de la dieta de la anchoveta. A menores tallas, retienen con mayor eficiencia las partículas menores de 200 micras, no obstante que también se alimentan de partículas mayores (zooplankton). A tallas mayores, la eficiencia de retención disminuye (los espacios interbranquiales aumentan), no obstante que también en peces de tallas mayores se encuentran partículas menores de 200 micras. Por lo tanto, la anchoveta es un omnívoro en su dieta (Louskaskin, 1970).

Así entonces, el cambio de la dieta existente está "disfrazado" en el sentido de que es gradual en las tallas o edades, a diferencia de lo que se encuentra, por ejemplo, Rojas de Mendiola (1971), al analizar los resultados del contenido estomacal de la anchoveta peruana, Engraulis ringens, afirma que existe una marcada diferencia en el hábito alimenticio (fitoplanctófaga en el norte y zooplanctófaga en el sur). Asimismo indica, que estas diferencias están correlacionadas con la diferencia existente en el número de branquias, mayor en el norte y menor en el sur. Aunque cabe aclarar, que se trabajó con distintas poblaciones de la misma especie. También en ésta especie (*E. ringens*), se han reportado cambios en la en diferentes épocas del año (Alamo, 1981).

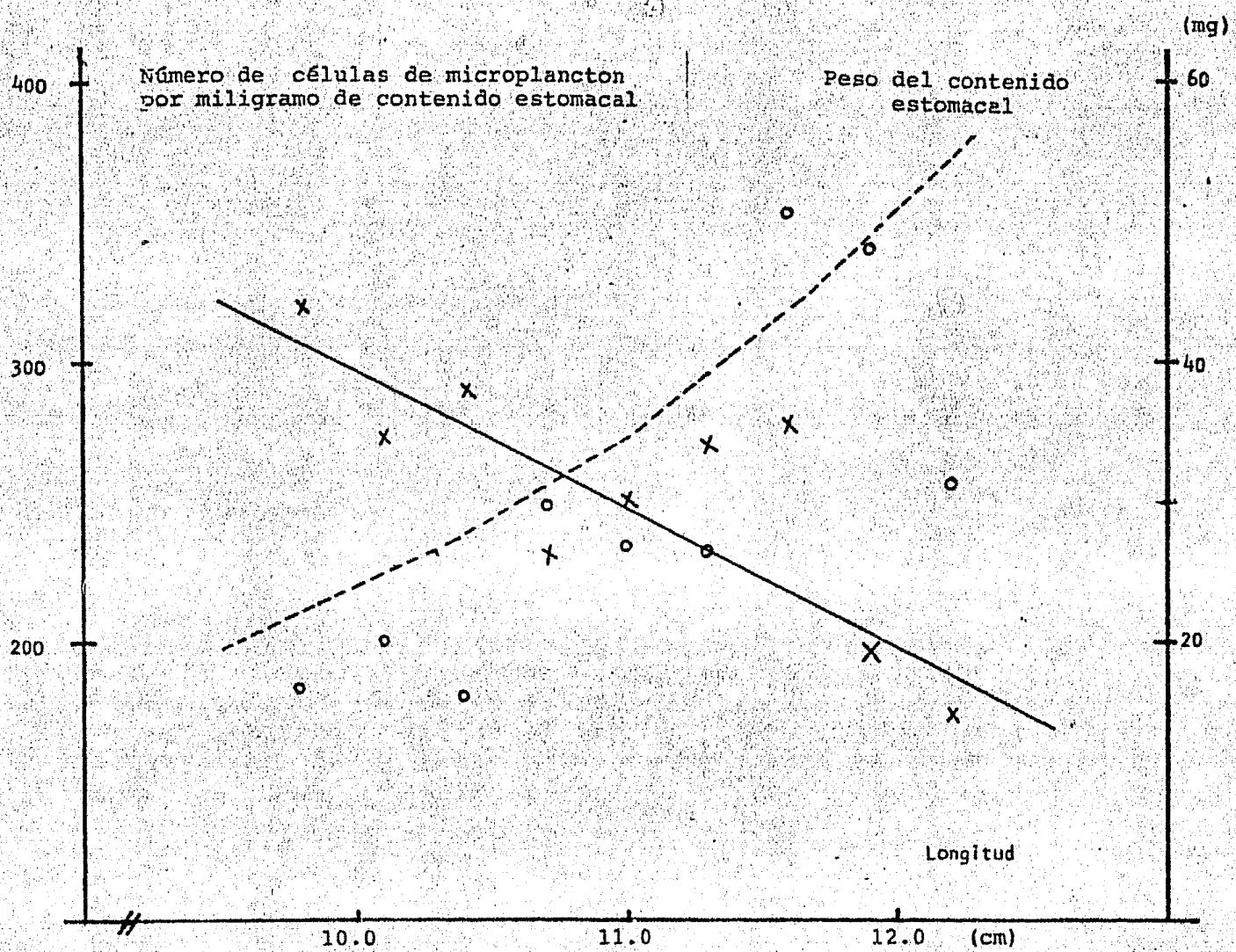


Figura 21. Regresión lineal (línea continua) del número de células de microplancton por miligramo de contenido estomacal (puntos experimentales = X). Coeficiente de correlación de Pearson $r = -0.80$. Y Regresión exponencial (línea punteada) del peso del contenido estomacal (puntos experimentales = O). Coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.77$. Ambas regresiones en función de la longitud total del pez y con tamaños promedios de clase de 3 mm.

Según Essgers (1976), se esperaría que la cantidad de alimento ingerido fuera menor en especies formadoras de cardúmenes, puesto que la competencia existente entre individuos es mayor. Una consecuencia de esto, es que la captura de presa por individuo no es constante a lo largo de todo el cardumen. Lo que sugiere, que los individuos que están en la parte central o posterior en un cardumen se encuentran en desventaja de disponibilidad de alimento respecto a los primeros del grupo, a no ser que la cantidad de plancton sea suficientemente grande. Por lo tanto, el hecho de formar cardúmenes como los que forma la anchoveta, vendría siendo contraproducente para la especie, puesto que los peces en un cardumen frecuentemente tienen los mismos ritmos diurnos de alimentación, en los cuales, los organismos empiezan y terminan de alimentarse juntos y al mismo tiempo (Novikova, en Nikolsky, 1963). Sin embargo, de existir un pastoreo diferencial como el que aquí se sugiere, permite que en una asociación masiva de peces la competencia intraespecífica por el alimento se minimice a individuos de la misma talla y por lo tanto individuos de iguales características del aparato filtrador. Durbin y Durbin en 1983, mencionan que aunque Brevoortia tyrannus, otro pez planctófago formador de cardúmenes, es selectivo en el tamaño de la presa; esta selectividad sólo refleja el tamaño de la malla de las branquiaspinas, y no representa una selección activa por un específico tipo de presa. Sin embargo, la anchoveta si es selectiva en el tamaño de la presa (Leong u O'Connell, 1969). Esta selectividad puede reflejar, en el comportamiento del pez, la pérdida gradual en la efectividad de retención por las branquiaspinas.

El análisis continuo a lo largo de las estaciones del año, así como el muestreo en diferentes cardúmenes y regiones, permitirá conocer mas ampliamente lo presentado en éste trabajo. Así, aünados a los análisis del contenido estomacal, la morfometría y características biológicas de la especie, esclarecerán las incógnitas que permanecen sobre la asociación masiva de peces.

IX. CONCLUSIONES

1. El estado fisiológico de la especie en la época muestreada, está distribuido de una manera normal; por lo tanto, se asume que esta distribución refleja un estado fisiológicamente óptimo.
2. Debido al incremento en la longitud del arco branquial y la aparente estabilidad en el número de branquias a lo largo de su vida, la anchoveta presenta un incremento en los espacios inter-branquiales conforme el pez crece, dando como resultado una diferencia significativa en la eficiencia de retención de las partículas del plancton.
3. Existe un cambio gradual en la dieta de la anchoveta, la cantidad de microplancton (principalmente diatomeas y dinoflagelados) presente en el contenido estomacal, es proporcionalmente mayor en peces de tallas menores.
4. Este cambio gradual en la dieta puede propiciar que la competencia intraspecífica por el alimento se abata, dando como resultado que la asociación masiva, y todos los beneficios que ésta implica se mantenga, reflejándose esto en un estado fisiológico aceptablemente bueno.

REFERENCIAS

Ahlstrom, E.H. 1959. "Vertical distribution of pelagic fish eggs and larvae of California and Baja California." U.S. Fish.Wild.Serv. Fish.BULL. 161:107-146.

Alamo, A. 1981. "Estudio sobre la alimentación de la anchoveta peruana Engraulis ringens J. Durante los años 1976, 1977. in: Boletín del Instituto del Mar del Perú. Volúmen extraordinario." Callao, Perú.

Anónimo, 1967. "Behavior studies on anchovies. CalCofi. Reports, vol. XI. pp. 19-20.

Bakun, A., y R.H. Parrish, 1982. "Turbulence, transport and pelagic fish in the California and Peru current systems." CalCofi. Reports. vol. XXIII. pp. 99-112.

Balech, E., y H.J Ferrando. 1964. "Fitoplancton Marino." Ed. EUDEBA. Buenos Aires. pp. 157.

Bernes, L.J. 1959. "The food of the larvae of the northern anchovy (Engraulis mordax)." Inter-American Tuna Commission Bull. 4(1):1-22.

Bond, C.E. 1979. "Biology of Fishes." W.B. Saunders Co. U.S.A. 514pp.

Cervigón, F. 1967. "Los Peces." in: Ecología Marina. Fundación la Salle. Ed. Dossat. España. Capítulo 10:308-355.

Chávez, H.S., S, Silva, y J.S. Sumada. 1979. "La pesquería de la anchoveta, Engraulis mordax, en California y Baja California durante 1975. Con datos sobre el desarrollo de la industria en 1976 y 1977." Instituto Nacional de la Pesca. Serie científica No. 20.

Cupp, E.E. 1950. "Marine plankton of the western coast of north America ." in: Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 5:237.

Cushing, D.H. 1969. "Upwelling and fish production." FAO Fish. Technol. Pap. 84.

-----, 1975. "Ecología Marina y Pesquerías." Ed. Acribia, España. pp. 255.

Davis, Ch.C. 1955. "The marine and fresh water plankton." Michigan State University Press.

Dickie, L.M., y J.E. Valdivia. 1981. "Investigación cooperativa de la anchoveta y su ecosistema (ICANE) entre Perú y Canadá." Informe Sumario. Boletín del Instituto del Mar del Perú. Volúmen Extraordinario. PP. I-XII.

Downie, N.M., y R.W. Heath. 1973. "Métodos Estadísticos Aplicados." Ed. Harla, México. pp.373.

Durbin, A.G., y E.G. Durbin. 1975. "Grazing rates of the Atlantic Menhaden Brevoortia tyrannus, as a function of particle size and concentration." Marine Biology. 33:265-277.

-----, 1983. "Energy and nitrogen budget for the Atlantic Menhaden, Brevoortia tyrannus, (Pisces:Clupeidae), a filter-feeding planktivore." Fish. Bull. vol. 81, No. 2.

Eggers, A.M. 1976. "Theoretical effects of schooling by planktivorous fish predators on rate of prey consumption." J. Fish. Res. Board. Can. 33:1964-1971.

Ferguson, E.J. 1968. "Dinoflagellates of the caribbean sea and adjacent areas." University of Miami Press. U.S.A.

Grant Gross, M. 1977. "Oceanography." Prentice-Hall, Inc. Second Edition. New Jersey. pp. 497.

Gulland, J.A. 1971. "Ecological aspects of fishery research." pp. 115-176. in Advances in ecological research, Vol.7 Academic.

Hildebrand, S.F. 1943. "A review of the american anchovies (Family Engraulidae)." Bingham Ocean. Collection Bull. vol. 8 art. 2.

Hyslop, E.J. 1980. "Stomach contents analysis. A review of methods and their application." J. Fish. Biol. 17, 411-429 pp.

Instituto Nacional de la Pesca, 1982. "Análisis de la pesquería de la anchoveta y sardina." Reunión Nacional sobre Investigación Científica en el marco de la explotación y el desarrollo pesquero. Cocosoc, Mor. En Prensa.

Jahn, T.L. 1949. "How to know the protozoa." Pictured Key Nature Series. W.M. C. Brown Co. Publishers, Iowa, pp. 234.

Jordan, D.S., y B.W. Evermann. 1986-1900. "The fishes of North and Middle America." Bull. U.S. Nat. Mus; 47(14):1-3313.

Krebs, Ch.J. 1972. "Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance." Harpers International Edition. N. York. pp. 694.

Kuri-Nivón, 1979. "Determinación del factor de condición múltiple (KM)." Manuales técnicos de acuicultura, Departamento de Pesca, México, 1(1).

Lasler, K.F. 1975. "Freshwater Fishery Biology." Dubuque, Iowa. Brown pp. 421.

-----, 1977. "Ichthyology." John Wiley and Sons Inc. N.York. pp. 506.

Lasker, R. 1981. "Marine fish larvae (Morphology, Ecology and relation to fisheries)." University of Washington Press.

Leons, R.J.H., y C.P. O'Connell. 1969. "A laboratory study of particulate and filter feeding of the northern anchovy (Engraulis mordax)." J. Fish. Resh. Bd. of Canada. vol. 26. pp. 557-582.

Lewis, R.C., 1929. "The food habits of the California sardine in relation to the seasonal distribution of microplankton." Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Technical Series. vol. 2 No.3 ; 155-180. La Jolla, Calif. U.S.A.

Loukashkin, A.S. 1970. "On the diet and feeding behavior of the northern anchovy Engraulis mordax (Girard)." Proc. of the Calif. Acad. of Sciences. vol. XXXVII, No. 13: 419-458.

Malone, T.C. 1971. "The relative importance of nanoplankton and net plankton as primary producers in the California current system" Fishery Bulletin. Vol. 69 (4).

Margalef, R. 1967. "El Ecosistema." in: *Ecología Marina*. Fundación la Salle, Ed. Dossat, España, Capítulo. 12:377-453.

Massuti, M., y R. Margaleff. 1950. "Introducción al Estudio de Plancton Marino." Consejo Superior de Investigación Científica. Patronato Juan de la Sierva de Inv. Técnica, Barcelona. 182 pp.

Mc Hush, J.L. 1951. "Meristic variations and populations of northern anchovy (Engraulis mordax)." *Scripts Inst. Oceanogr. Bull.* 6(3):123-160.

Meunier, A. 1913. "Microplankton de la mer Flamande." *Mémoires du Musée Royal D'Histoire Naturelle de Belgique*. Bruxelles, L'Académie Royale de Belgique. Tomo VIII. 1 y 2(28).

Morris, I. 1980. "Physiological Ecology of Phytoplankton." Ed. I. Morris. Oxford: Blackwell. 652 pp.

Nelson, G.J. 1967. "Epibranchial organs in lower teleostean fishes." *J. Zool, London*. 153:71-89.

Nie, N.H., C. Hadlai-Hull., J.G. Jenkins., K. Steinbrenner y D.H. Bent. 1975. SPSS, "Statistical Package for the Social Sciences." 2nd. ed. MC. Graw-Hill, U.S.A. pp. 675.

Nikolsky, G.V. 1963. "The Ecology of Fishes." Traducido del Ruso por L. Birkett. Academic Press. London-New York. 352 pp.

O'Connell, C.P. 1963. "The structure of the eye of Sardinops caerulea, Engraulis mordax, and four other pelagic marine teleosts." *J. Morphol.* 113:287-330.

-----, 1972. "The interrelation of biting and filtering in the feeding activity of the northern anchovy (Engraulis mordax)." *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 29:285-293.

Perry, A.E. 1930. "Is the presence of the phytoplankton in the stomach content of the California sardine caused by special pursuit, or merely due to incidental ingestion?" *Ecology*, vol. XI, No. 2 (notes and comments) pp. 465-468.

Rojas de Mendiola, B. 1971. "Some observations on the feeding of the Peruvian anchoveta Engraulis ringens J. in two regions of

the Peruvian coast." in Fertility of the Sea. Gordon and Breach Science Publish. vol. 2:417-440.

Rojas de Mendiola, R., y O. Gómez. 1981. "Primera alimentación, sobrevivencia y tiempo de actividad de las larvas de anchoveta (Engraulis ringens, J)." Boletín del Instituto del Mar del Perú. Volumen extraordinario. Callao, Perú.

Rose, M. 1975. "Manuel de Planctonologie Méditerranéenne." Centre national de la recherches scientifique. Paris. Tomo I, II.

Sakasawa, G.T., y M. Kimura. 1975. "Growth of laboratory-reared northern anchovy (Engraulis mordax) from southern California." National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Center, La Jolla, California. Anchovy Workshop Meeting, July 21-22, 1975.

Shaw, E. 1962. "Los Bancos de Peces." Selecciones de Scientific American. (Oceanografía), H. Blume ediciones. España.

-----, 1978. "Schooling Fishes." American Scientist. vol. 66:166-182.

Shih-Chieh Shen. 1969. "Comparative study of the gill structure and feeding habits of the anchovy, Engraulis japonica (Hout)." Bull. Inst. Zool. Academia Sinica, 8:21-35.

Smith, P.E., y R.W. Eppley. 1982. "Primary production and the anchovy population in the southern California bight. Comparison of time series." Limnol. Oceanogr., 27(1) pp. 1-17.

Snedecor, G.W., y W.G. Cochran. 1982. "Métodos Estadísticos." C.E.C.S.A. México. Novena impresión. pp. 703.

Sournia, A. 1978. "Phytoplankton Manual." UNESCO. United Kingdom.

Strickland, J.D.H., y T.R. Parsons. 1968. "A practical handbook of seawater analysis." Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. Bull. 167 pp. 311.

Van Olst, J.V., y J.R. Hunter. 1970. "Some aspects of the organization of fish schools." J. Fish. Res. Bd. Canada. 27:1225-1238.

Vidal, L.A., y M.C. Carbónell. 1977. "Diatomeas y Dinoflagelados de la bahía de Cartagena." Tesis de Grado. Universidad de Bogotá.

Weatherley, A.H. 1972. "Growth and ecology of fish population." Academic Press, London-New York, pp. 293.

Wimpenny, R.S. 1976. "The Plankton of the Sea." Faber and Faber LTD, London. pp. 426.

Yamaji, I. 1972. "The plankton of Japanese Coastal Waters." Holkusha, Publish Co. Japan. pp. 327.