

Características biológicas de Phycis blennoides
(Brünnich, 1768) con especial referencia a algu-
nas modificaciones debidas al efecto de la explo-
tación pesquera.

Memoria redactada para aspirar
al grado de Doctor en Ciencias
Biológicas por la Universidad
de Barcelona, por
MANUEL GALLARDO CABELLO

Este trabajo ha sido dirigido
por el Dr. D. CARLOS BAS PEIRED,
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN del
Instituto de Investigaciones
Pesqueras (C.S.I.C.)

Vº Bº

Dr. D. Carlos Bas Peired

A mis padres y
a Elena

I N D I C E

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
1.1 Agradecimientos	9
1.2 Material y Métodos	11
1.2.1 Especie y área estudiada	11
1.2.1.1 Posición taxonómica de <u>Phycis blennoides</u>	11
Supragenérica	11
Genérica	11
Específica	12
Nombre común	16
1.2.1.2 Distribución geográfica	17
1.2.1.3 Características del área de estudio	17
Situación	17
Configuración del fondo	19
Naturaleza del fondo	20
Masas de agua	23
Corrientes	27
Nubrientes	30
Oxígeno	34
1.2.1.4 Especies acompañantes	36
1.2.2 Metodología empleada	38

II. DETERMINACION DE LA EDAD DE Phycis blennoides.

	Pág.
2.1 El sistema laberíntico en los Teleósteos: forma y función.	42
2.2 Descripción de la "sagitta" de <u>Phycis blennoides</u> y su variación con la edad.	46
2.3 Desarrollo del otolito	51
2.4 Estructura	57
Anillo de crecimiento	57
Ultraestructura	62
Composición cristalográfica	76
Otolitos cristalinos	84
2.5 Patrón de crecimiento estacional	86
Tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento	86
Relación entre la formación de bandas de creci- miento y parámetros físicos y biológicos.	89
Temperatura	89
Alimentación	90
Desove	90
Edad	92
2.6 Relación entre el crecimiento del otolito y el del pez	94
2.7 Relación edad longitud	98
Interpretación de los anillos de crecimiento	98
Diferencia entre sexos	99

III. ESTUDIO DEL CRECIMIENTO DE Phycis blennoides

	Pág.
3.1 Crecimiento en longitud	101
3.1.1 Análisis de frecuencias de tallas	101
Método de Petersen	101
Método del papel de probabilidades	108
Método de Bhattacharya	115
Valoración de los métodos empleados	126
3.1.2 Expresiones matemáticas del crecimiento	129
Ecuación de Brody	129
Ecuación de von Bertalanffy	130
Métodos para calcular las constantes de von Bertalanffy	133
Ford-Walford	133
Gulland	137
Tomlinson y Abramson	138
Allen	144
Beverton	154
Selección y valoración de los coeficientes de crecimiento	156
Ecuación de crecimiento de <u>Phycis blennoides</u>	160
3.1.3 Crecimiento según el sexo	169
Ecuación del crecimiento para machos de <u>Phycis blennoides</u>	169
Ecuación del crecimiento para hembras de <u>Phycis blennoides</u>	172
Diferencias del crecimiento entre sexos.	175

	Pág.
3.2 Crecimiento en peso	182
Relación talla peso	182
Peso en cada edad	186
Crecimiento teórico en peso	189
3.3 Crecimiento compensatorio	193
3.4 Edad límite o longevidad	196

IV. CONSIDERACIONES BIOECOLOGICAS DURANTE EL CRECIMIENTO DE Phycis blennoides.

4.1 Desove	202
4.1.1 Características de las gónadas	202
4.1.2 Ciclo de madurez gonádica	205
4.2 Alimentación y desarrollo	210
4.2.1 Régimen alimenticio y su variación con respecto a la edad	210
4.2.2 Variaciones estacionales en la composición de la dieta	215
4.2.3 Acumulación de ácidos grasos en el hígado	222
4.2.4 Hábitos alimenticios	229
Desarrollo del sistema nervioso y de los órganos de los sentidos	231
Encéfalo:	233
Telencéfalo	233
Mesencéfalo	236
Metencéfalo	238
Mielencéfalo	240
Organos olfatorios	243
Sacos nasales	243
Placas nasales	246

Organos gustatorios	249
Aletas pélvicas	249
Importancia de los órganos de los sentidos en los hábitos de <u>Phycis blennoides</u>	254

V. CONSIDERACIONES SOBRE LA MORTALIDAD

5.1 Mortalidad total	263
5.1.1 Estimación de la mortalidad total y sobrevivencia por medio de las curvas de captura	265
5.2 Mortalidad natural	268
5.2.1 Estimación de la mortalidad natural por medio del método de Taylor	268
5.3 Mortalidad por pesca	274
5.3.1 Selectividad	274
5.3.2 Análisis y estimación del reclutamiento	284

VI. ESTIMACIONES DEL RENDIMIENTO POBLACIONAL A PARTIR DE DATOS DE CRECIMIENTO

6.1 Posible estimación del rendimiento máximo sostenible	290
--	-----

VII. CONCLUSIONES GENERALES

VIII. BIBLIOGRAFIA

IX. APENDICE

I INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION

El mar Catalán se encuentra situado en el mar Mediterráneo, al noreste de la península Ibérica. El límite norte se localiza en la latitud 42º 20'N y 38º 50'N como su límite sur. La fauna ictiológica presente en esta área está constituida aproximadamente por un número de 460 especies, de las cuales se explotan comercialmente alrededor de 23.

Siendo la pesca uno de los recursos importantes, aunque escaso, con que cuenta esta región, existen muy pocos estudios que nos permitan conocer la biología y el régimen de explotación que están soportando las diferentes especies.

La sección de Recursos del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona, a cargo del Profesor de Investigación Dr. Carlos Bas Peired, propuso los estudios necesarios para conocer el ciclo de vida y el grado de explotación a que están sometidas las especies de importancia pesquera.

Dentro de este proyecto y bajo la dirección del Dr. Bas, me fué asignado el estudio y desarrollo de la presente Tesis Doctoral sobre la especie Phycis blennoides, (brótola de fango).

La especie que nos preocupa en este estudio pertenece a una familia de alto valor comercial. De acuerdo con las estadísticas pesqueras publicadas por la Subsecretaría de la Marina Mercante para el año de 1974, la captura de brótola para la

región de Tramontana alcanzó un total de 285 toneladas, con un valor de 24.648.000 pesetas.

Los trabajos realizados sobre Phycis blennoides son fundamentalmente los siguientes:

1768.- Brünnich, describió esta especie a la cual denominó Phycis blennoides.

1933.- D'Ancona, realizó un trabajo sobre el desarrollo larvario de P. blennoides en el Mediterráneo.

1948.- Hart, publicó un estudio sobre la determinación de la edad de P. blennoides de las costas de Inglaterra, empleando vértebras y huesos operculares de 51 ejemplares.

1964.- Bas, realizó un estudio sobre el crecimiento relativo de diversas especies del Mediterráneo occidental, en donde incluye un análisis sobre los diferentes cambios morfológicos de P. blennoides en relación con su medio ambiente.

1969.- Larrañeta, reportó datos sobre la selectividad de las redes de poliamida en ejemplares de P. blennoides pertenecientes a las costas de Castellón.

1969.- Wheeler, publicó algunos datos sobre la alimentación y crecimiento de esta misma especie en las costas de Inglaterra.

1977.- Macpherson, dió a conocer un estudio sobre la dieta alimentaria de esta especie en el mar Catalán.

De acuerdo con los anteriores trabajos podemos concluir que los estudios realizados sobre esta especie son escasos, por lo que para el desarrollo de la presente investigación proponemos los siguientes objetivos:

- a).- Estudio del ciclo de vida de Phycis blennoides estimando parámetros como la edad, crecimiento, desove, acumulación de ácidos grasos, alimentación y hábitos alimenticios.
- b).- Determinación de parámetros tales como son: la mortalidad natural y por pesca, selectividad y reclutamiento.
- c).- Aplicación de modelos para la estimación del grado de explotación que está soportando esta especie en el mar Catalán; y y evaluación del posible rendimiento máximo sostenible de esta pesquería.

En toda población sometida a explotación el rendimiento o producto de la pesquería viene dado generalmente, por la interacción entre factores positivos como puedan ser el crecimiento y el reclutamiento, y factores negativos como son la mortalidad natural y por pesca, tendiendo esta relación a mantener un equilibrio.

De esta manera llegamos a la conclusión de que el crecimiento es un parámetro fundamental para el estudio de la diná-

mica de poblaciones. Las características de este elemento estarán representadas por una serie de parámetros matemáticos, a los cuales deberemos recurrir para analizar el efecto del crecimiento en relación con las demás fuerzas que intervienen en la dinámica de poblaciones.

La colección de datos para esta clase de estudios pasa por diferentes fases fundamentales, una de ellas es la de encontrar la relación edad-longitud.

En el presente trabajo se han empleado los otolitos "sagitta" de Phycis blennoides para aplicar las técnicas correspondientes en la determinación de la edad. Para facilitar el análisis y comprensión de este parámetro hemos realizado un estudio que además de dar a conocer datos sobre la edad de esta especie, aporte información sobre diferentes aspectos del otolito. A continuación se enumeran los estudios realizados:

- 1).- Descripción anatómica de la "sagitta" de esta especie, a partir de la cual es posible su identificación como presa de otros peces demersales en estudios de dinámica trófica del mar Catalán.
- 2).- Estudio del crecimiento del otolito y su relación con el crecimiento del pez, tomando en cuenta las interrelaciones de su desarrollo con respecto a parámetros físicos y biológicos.
- 3).- Determinación del tiempo de formación de bandas hialinas y opacas con respecto al ciclo anual.

- 4).- Análisis de la estructura del otolito con respecto a la depositación del material cálcico en determinadas zonas de la "sagitta" de Phycis blennoides.
- 5).- Estudio de la ultraestructura del otolito. De los antecedentes bibliográficos que conocemos, indicamos que este es el segundo de este tipo que se realiza para el Mediterráneo.
- 6).- Determinación de la composición cristalográfica de la "sagitta" de Phycis blennoides, primer análisis para esta especie y para el mar Catalán.
- 7).- Obtención de la relación edad-longitud.

La determinación de la edad y el crecimiento puede llevarse a cabo por medio de técnicas basadas en el análisis de frecuencias de tallas. En el presente trabajo se emplearon las técnicas de Petersen (1892), Cassie (1950, 1954 y 1963) y Bhattacharya (1967), las cuales proporcionaron datos que nos permitieron establecer un criterio de comparación entre los resultados obtenidos por medio de estos métodos y del análisis de otolitos.

Para el análisis del crecimiento se empleó la ecuación de von Bertalanffy (1938). La obtención de los parámetros de dicha ecuación se realizó aplicando las técnicas de Ford-Walford (1933 y 1946), Gulland (1965), Tomlinson y Abramson (1961), Allen (1966) y Beverton (1954).

Los diferentes métodos empleados para la evaluación de los parámetros del crecimiento anteriormente citados han sido exhaustivamente desarrollados y comparados con los siguientes propósitos:

- a).- Establecer la ecuación de crecimiento que mejor se ajusta a Phycis blennoides.
- b).- Realizar un análisis minucioso de la metodología empleada por los diferentes autores, con el objeto de que el presente trabajo sirva como una guía o manual para todas aquellas personas que se dedican al estudio del crecimiento.

Por otra parte, se proporcionan datos sobre el crecimiento: ponderal, por sexos y compensatorio, así como la edad límite o longevidad de Phycis blennoides.

Así mismo, se realizó un análisis sobre las características del crecimiento de cada uno de los períodos del ciclo de vida de Phycis blennoides en relación al patrón estacional, discutiendo rasgos de éste con respecto a la diversidad de la dieta, disponibilidad del alimento, competencia, factor de condición, índice de reepción gástrica, desarrollo gonádico y acumulación de ácidos grasos. Aportándose por primera vez, datos sobre la época de desove, características morfométricas de las gonadas y proporción de machos y hembras de esta especie.

Por otra parte se analizaron las variaciones en el crecimiento de la forma del cuerpo, las diversas partes del en-

céfalo y los órganos de los sentidos de Phycis blennoides, asociados con cambios en su habitat (migraciones verticales) realizadas a través de su ciclo de vida.

A partir de la estimación de las frecuencias de los grupos de edad en relación a las distintas clases de tallas, se calculó el valor de la mortalidad total (Z) discutiéndose los efectos de la misma a través de las clases anuales. La estimación de la tasa de mortalidad natural, se obtuvo a partir de los parámetros del crecimiento por medio del método de Taylor (1958).

En el presente estudio se aportan datos sobre la selectividad de las redes de poliamida en ejemplares de esta especie; y también se ha realizado un análisis y estimación del reclutamiento por medio del método del área de barrida, el primero para el mar Catalán.

Finalmente, combinando los valores de los parámetros de crecimiento, tasa de mortalidad natural, reclutamiento, edad al entrar en la fase de explotación y la talla media de selección, hemos aplicado el modelo de Beverton y Holt (1966) y obtenido una estimación del rendimiento máximo sostenible para esta pesquería en relación a los efectos de los cambios en la selectividad de las redes.

Hubiese sido interesante para el desarrollo del presente trabajo disponer de datos de la captura comercial de Phycis

blennoides, lo que nos hubiese permitido establecer una comparación entre valores de mortalidad y la aplicación de otros modelos para estimaciones de parámetros poblacionales. Pero dado que en la actualidad no existen registros de la captura comercial de las especies que se explotan en el mar Catalán; ha sido imposible el análisis de estos datos en el presente estudio.

Sin embargo, queremos señalar, que a partir del estudio de la edad y crecimiento de una especie se pueden llegar a obtener parámetros poblacionales, a través de los cuales, se pueden proponer algunas normas para una buena administración pesquera.

Agradecimientos

Quiero manifestar mi agradecimiento a todas aquellas personas que me ayudaron en el desarrollo de la presente memoria.

Al Dr. Jorge Carranza, Director de la Sección de pesquerías del Departamento de Pesca en México, quien me facilitó la oportunidad -por medio de una beca- de permanecer en el Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona y realizar la presente Tesis Doctoral.

Al Dr. Carlos Bas, Profesor de Investigación del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona, por la dirección y revisión de este trabajo.

Al Dr. Ramón Margalef, Catedrático de Ecología de la Universidad Central de Barcelona, por el apoyo, consejos y sugerencias recibidos durante la elaboración de la presente investigación.

Al Dr. Jacinto Nadal, Catedrático de Zoología -Sección Vertebrados- de la Universidad Central de Barcelona, por su colaboración en la realización de este estudio.

Quiero hacer especial mención a D. Jaime Rucabado por su gran ayuda y constante estímulo en la consecución de gran parte de los aspectos aquí tratados. Y mi más sincero agradecimiento a Conchita Allué por su inapreciable ayuda y valiosa colabo-

ración. Gracias a ellos fué posible la realización de esta memoria.

Quiero expresar mi agradecimiento a Asunción Gual quién me orientó y sugirió gran parte de los temas en relación a la alimentación de Phycis blennoides. A Pilar Sánchez por su amable colaboración en la realización del apartado de hábitos alimenticios. A Domingo Lloris por sus valiosas opiniones y consejos que me ayudaron en los apartados de Sistemática, Oceanografía y Reclutamiento. Muy especialmente a Conchita Borrueal por su colaboración en diversos aspectos de este trabajo. A Rosario Allué por la revisión matemática de los resultados obtenidos mediante la aplicación de cada uno de los modelos de crecimiento.

Quiero dar las gracias a Ma^a Luisa Cros, Geóloga y Perito Químico del Inst. Invest. Pesq. por su colaboración en el estudio de la composición cristalográfica del otolito de Phycis blennoides. A José Chinchón del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona, quién amablemente realizó la inclusión y pulido de los otolitos para su análisis en el microscopio electrónico de barrido.

Al patrón Sr. Manuel Alsina y tripulación de la barca "Zorrilla" el haberme proporcionado, día a día, las muestras empleadas en este trabajo.

Finalmente quiero dar las gracias a todas aquellas personas del grupo de Pesquerías que de alguna manera colaboraron en la elaboración de esta memoria.

1.2 MATERIAL Y MÉTODOS

1.2.1 Especie y área estudiada

1.2.1.1 Posición taxonómica de Phycis blennoides.

Supragenérica

Lloris (comunicación personal) confirma la siguiente Posición sistemática para Phycis blennoides:

Clase: Osteichthes

Superclase: Elopocephala

Cohorte: Clupecocephala

Subcohorte: Euteleostei

División: Neognathi

Subdivisión: Neoteleostei

Superorden: Paracanthopterygii

Orden: Gadiformes

Suborden: Gadoidei

Familia: Gadidae

Género: Phycis

Especie: Phycis blennoides (Brünnich, 1768)

siguiendo para la posición sistemática el valioso trabajo de Greenwood (1979) y para la nomenclatura binomial la propuesta por Svetovidov en CLOFNAM (1973).

Genérica

Artedi, 1792 en Walbaum. Describe el género Phycis, por primera vez. (Clofnam, 1973).

Röse, 1793 (en Fowler 1936 y Lozano Rey 1960), describe este género de la siguiente manera:

Diagnosis:

Cuerpo alargado, su altura máxima está contenida 5 veces en la longitud total. Boca grande. La mandíbula superior cubre una parte de la inferior. En las mandíbulas y en el vómer hay bandas anchas de dientes desiguales y puntiagudos. Estos no se presentan en los palatinos.

Las membranas branquióstegas están unidas con el itsmo.

Presenta dos aletas dorsales y una aleta anal, siendo la longitud de la base de ésta más corta que la segunda dorsal. La primera aleta dorsal presenta de 9 a 11 radios, de los cuales el primero puede sobresalir de los demás en forma de filamento agudo, pero sin alcanzar la longitud cefálica. Aletas ventrales insertas en los flancos un poco alejadas del perfil ventral del cuerpo, con su porción basal alargada que posteriormente se divide en dos largos filamentos que corresponden a los radios primero y segundo, existiendo un tercer radio pequeño, que no suele verse porque está envuelto por la piel. Presenta un apéndice debajo del extremo de la mandíbula inferior.

Específica

Esta especie, ha sido descrita, por primera vez, por Brünnich, en 1768 (en Lozano Rey 1960), de la siguiente manera: Cuerpo fusiforme, bastante regular, (figura, I.1) aunque suele presentar una parte saliente en su porción abdominal, debido a que los tejidos cedan ante la presión que ejercen las vísceras sobre las paredes de esta parte del cuerpo.

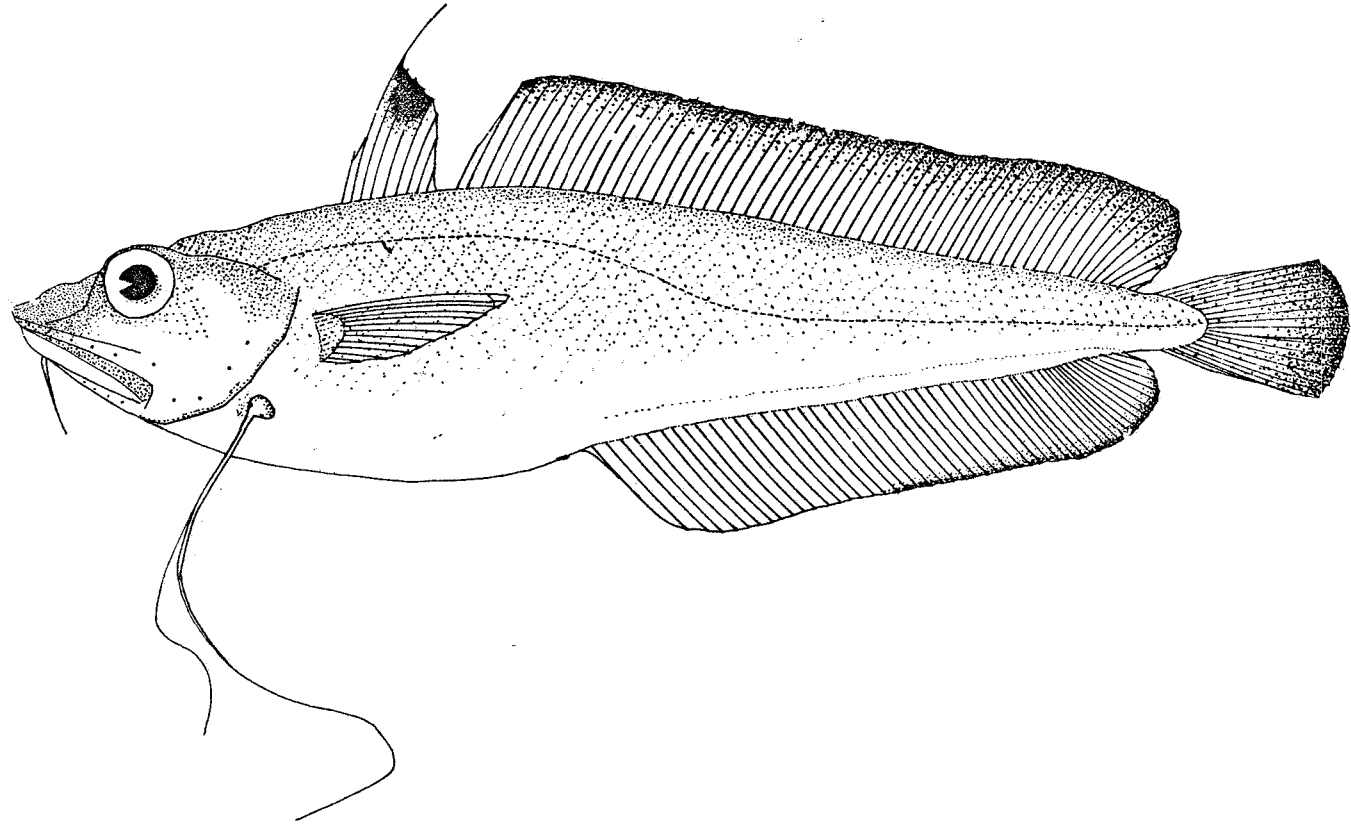


Figura I.1 Phycis blennoides (Brünnich, 1768). Brótola de fango

La altura máxima del cuerpo está contenida de 4.5 a 5.0 veces en la longitud total. El pedúnculo caudal es estrecho, siendo su altura mínima menor que el diámetro ocular. Este está contenido alrededor de 6 veces ó más en la longitud cefálica.

El rostro es prominente. Las aberturas nasales anteriores están en el último tercio de la longitud del rostro. Las posteriores son altas y oblongadas, equidistan de las anteriores y de los ojos y están un poco más bajas que éstos.

Los ojos alcanzan el perfil dorsal de la cabeza y son relativamente grandes, estando contenido su diámetro de 3.5 a 4.5 veces en la longitud cefálica. Siendo doble, o más del doble, que la anchura mínima interorbitaria. Sobre todo en los jóvenes, donde los ojos son relativamente grandes.

La boca es grande, pero el extremo posterior del maxilar puede no alcanzar a la vertical que pasa por el borde posterior del ojo. La mandíbula superior es más larga que la inferior y la barbilla de ésta suele ser más corta que el diámetro del ojo. Se presentan bandas de diminutos dientes en ambas mandíbulas y en el vómer. Los de la mandíbula superior forman unas 8 series irregulares y algunas de la serie externa son más largas. Los de la inferior son todos casi iguales y están dispuestos en cuatro o cinco series irregulares.

La primera aleta dorsal es triangular, más alta que la segunda. La longitud de la base de esta aleta está contenida tres veces en la longitud cefálica. Presenta de 9 a 11 radios.

La segunda aleta dorsal es más prolongada que la primera, de modo que la longitud de su base es igual o mayor que la mitad de la longitud total del cuerpo. Presenta de 56 a 61 radios.

La aleta anal tiene su origen, aproximadamente, debajo del final del primer cuarto de la longitud de la base de la segunda aleta dorsal, presenta de 52 a 56 radios.

La aleta caudal, tiene el borde posterior redondeado y presenta 21 radios aproximadamente.

Las aletas ventrales son notablemente largas; su primer radio suele alcanzar el origen de la aleta anal y el segundo puede sobrepasar el punto medio de la longitud de la base de esa aleta, llegando a ser más largo que la mitad de la longitud total del cuerpo. Ambos radios están envueltos en gran parte de su porción basal, por una vaina común que oculta un tercer radio.

Las escamas son cicloideas. Se extienden por la cabeza y por la base de las aletas, donde son menores que en el resto del cuerpo. Se presentan siete escamas o menos en una serie transversal entre la primera aleta dorsal y la línea lateral.

La línea lateral describe una amplia curva hasta llegar por encima del principio del segundo tercio de la base de la aleta anal, siguiendo desde allí recta y horizontal hasta el final de la cola.

La piel y la carne son poco consistentes y la pigmentación poco intensa.

Nombre común.

El nombre común por el cual se conoce a Phycis blennoides en las distintas regiones de España, Cataluña y en el extranjero, de acuerdo con Rodríguez 1963; y Lozano Cabo 1965; es el siguiente:

Vascongadas.- Lotza, Mastrana.

Santander.- Locha.

Asturias.- Locha.

Galicia.- Bertán.

Andalucía.- Brótola, Escolar

Levante.- Fura, Móllera de fango

Cataluña.- Molla de bou

Baleares.- Molla, móllera de fango.

Canarias.- Abriote.

Francia.- Moustelle, Petit lingue.

Inglaterra.- Greater Fork-beard, Forked hake.

Portugal.- Abrotea.

Alemania.- Gabeldorsch.

Noruega.- Stenbrosme.

Dinamarca.- Skaelbrosme.

Suecia.- Fjällbrosme Kumrill.

Islandia.- Lilla brosma.

Malta.- Lip.

Argel.- Fica, Tanche de mer.

Italia.- Mustella, Fica.

Yugoslavia.- Tabinja bjelica.

Grecia.- Pontiki.

1.2.1.2 Distribución geográfica

El área de distribución de Phycis blennoides es amplia, presentándose en el Mediterráneo y Atlántico N.E., desde Madera al mar del Norte (Dieuzeide, 1954).

1.2.1.3 Características de la zona de estudio

Situación

El mar Mediterráneo, en base a sus características físicas y químicas puede dividirse en dos zonas fundamentales: la Oriental y la Occidental, ambas separadas por el estrecho de Pantelaria (Canal de Sicilia).

Prescindiendo de la zona Oriental por estar muy alejada de las costas españolas, la occidental se subdivide de acuerdo con los trabajos realizados por Nielsen en 1912, en dos áreas diferentes: el mar Tirreno y el mar Balear. A su vez, en el mar Balear se distinguen tres áreas importantes: el mar de Alborán que se encuentra entre la costa sur de España y el norte de Marruecos formando la entrada atlántica del Mediterráneo; el golfo de León que se localiza entre el mar Tirreno al norte y el cabo de Creus al sur; y el mar Catalán, que se extiende desde las islas Baleares hasta el cabo de Creus y golfo de León por el norte y cabo de la Nao por el sur, área donde se han realizado los estudios del presente trabajo (figura I.2).

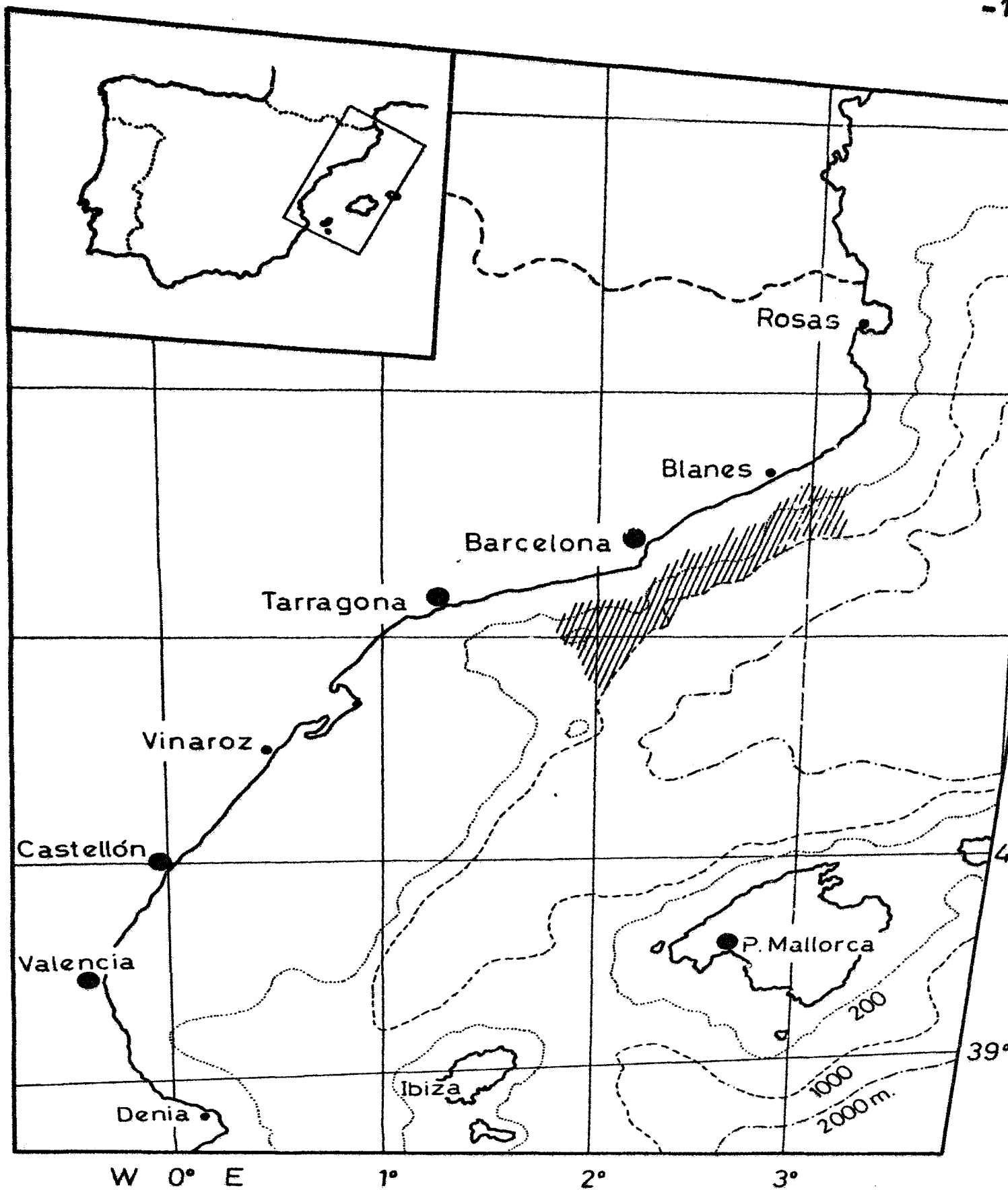


Figura I.2 Mar Catalán y situación del área de estudio (en rayado). Modificado de Llesis 1977.

Configuración del fondo

El mar Catalán en su mayor parte queda incluido dentro de la isóbata de los 2000 m. Sin embargo ofrece paredes muy abruptas, las isobatas de 200, 1000 y 2000 metros están casi juntas muy cerca de la costa (Bas, 1955).

La plataforma continental es sumamente estrecha, se puede observar que la isóbata de 100 m está situada a lo largo de la costa catalana hasta la mitad de la provincia de Tarragona, a una distancia de 4 a 10 millas de la costa; en el golfo de San Jorge se amplian hasta las 18 millas, volviendo a disminuir a 10 millas frente a la desembocadura del Ebro; a partir de aquí se amplia considerablemente alcanzando frente a las costas de la provincia de Castellón hasta 40 millas; en la provincia de Valencia se reducen a unas 15 millas, para finalmente aumentar un poco en ciertas zonas de la provincia de Alicante (Muñoz, 1975). En las islas Baleares los 100 metros de fondo coinciden aproximadamente con la distancia de tres millas de la costa (Oliver, 1959).

La isóbata de los 200 metros se sitúa de 2 a 6 millas paralela a la anterior, ampliándose ligeramente frente al golfo de Rosas (11 millas), San Felú de Guixols (12 millas), desembocadura del Ebro (11 millas) y al sur de los islotes Columbretes (11 millas)(Muñoz, 1975).

De acuerdo con Lloris (comunicación personal) la superficie aproximada de la plataforma continental es la siguiente:

TABLA I.1

Estratos de profundidad (m.)

Zonas	50	150	300	400	Total por zona.
	150	300	400	450	
Superficie en millas ²					
Rosas	250	120	60	80	510
Blanes	350	140	60	130	680
Barcelona	200	80	70	80	430
Tarragona	450	70	40	50	610
Castellón	2120	150	70	90	2420
Gandía	440	80	40	90	650
Alicante	770	140	70	60	1040
Ibiza	50	55	60	80	245
Total por estrato	4630	835	460	660	6585

De la tabla I.1 se deduce que la plataforma continental de la provincia de Castellón, representa aproximadamente el 37 % de toda la costa mediterránea considerada en este estudio.

Naturaleza del fondo

El fondo se halla constituido, en términos generales, por una mezcla de cienos de globigerinas y de fangos azules. En conjunto ofrece una coloración gris pardusco, posiblemente

gris en un principio, adquiriendo luego un tono castaño debido a los procesos de oxidación (Bas, 1955).

A continuación se presentan los datos correspondientes a los muestreos obtenidos mediante la draga Van Veen a lo largo de todas las pescas efectuadas en la campaña "Mediterráneo II" en profundidades comprendidas entre 50 y 550 m (tomado de Lloris, 1977).

TABLA I.2

Naturaleza del fondo. Campaña "Mediterráneo II". Muestras ordenadas de menor a mayor profundidad.

<u>Pesca</u>	<u>Prof.</u>	<u>% CO₃Ca</u>	<u>Consistencia</u>
19	44-58	19.67	Arena fina con restos de concha, <u>Nonion sp</u> ; espículas.
28	70-80	24.59	Arena muy fina (limos), restos de concha.
29	70-84	21.31	Arena muy fina (limos) con restos de conchas y globigerinas.
27	82-82	-----	Fondo de pizarra.
30	85-85	21.31	Arena fina, con globigerinas restos de conchas.
9	65-105	20.49	Arena muy fina (limos), mica, restos de conchas.
18	80-90	30.32	Arena muy fina (limos), micas y restos de conchas.
8	85-95	18.85	Arena muy fina (limos).
23	100-120	23.77	Arena muy fina (limos), mica.
26	105-120	17.21	Arena fina con restos de conchas.

TABLA I.2 (cont.)

<u>Pesca</u>	<u>Prof.</u>	<u>% CO₃Ca</u>	<u>Consistencia</u>
31	120-130 •	22.95	Arena fina con restos de conchas, globigerinas, <u>Elphidium sp.</u> , espículas
5	120-175	34.42	Arena muy fina (limos), mica, espículas, globigerinas.
14	190-215	32.78	Arena muy fina (limos), globigerinas.
20	225-250	23.77	Arena muy fina (limos), globigerinas.
21	240-345	22.95	Arena muy fina (limos), globigerinas.
22	275-320	22.95	Arena muy fina (limos), globigerinas y restos de organismos no identificados.
13	330-340	32.78	Arena muy fina (limos), globigerinas.
32	280-420	22.95	Arena gruesa; detritus, globigerinas, dentalinas, nodosarias y restos de organismos no identificados.
7	360-420	22.95	Arena muy fina (limos).
11	330-490	50.81	Arena muy fina (limos), globigerinas.
6	265-560	19.67	Arena muy fina (limos), mica, globigerinas, <u>Nonion sp.</u>
24	400-450	23.77	Arena muy fina (limos), globigerinas.
4	310-550	30.32	Arena muy fina (limos), globigerinas.

TABLA I.2 (cont.)

<u>Pesca</u>	<u>Prof.</u>	<u>% CO₃Ca</u>	<u>Consistencia</u>
2	330-540	27.86	Arena muy fina (limos.
25	415-480	23.77	Arena muy fina (limos), globigerinas.
10	525-550	42.62	Arena muy fina (limos), globigerinas.

Se observa que los fondos de fango son los situados a mayor profundidad, mientras que en las partes poco profundas (plataforma continental) inferiores a los 200 m, son abundantes los detritus, y fragmentos de conchas. La consistencia general es arcillosa-arenosa (Bas, 1955; Lloris, 1977).

La cantidad de Ca CO₃ encontrada oscila entre 17.21 % y 46.62 % con un valor medio de 26.59 %. En las muestras señaladas parece que las correspondientes a grandes profundidades ofrecen un valor cercano a la media general, mientras que en las aguas más superficiales muestran valores bastante bajos (Lloris, 1977).

Masas de agua

Bas et al. 1974, realiza un análisis en el cual resume los trabajos realizados sobre las características hidrológicas del mar Catalán reportando lo siguiente.

En el mar Catalán se pueden distinguir tres masas de agua: Atlántica o superficial, Septentrional o invernal y Mediterránea o de fondo, presentando las siguientes características.

Agua Atlántica o superficial.-- Se caracteriza por su elevada temperatura (13.5°-24°C) y baja salinidad (37.5-38.2 o/oo). Se encuentra confinada en la superficie por su baja densidad, se extiende por toda la región durante el verano, desapareciendo o bien disminuyendo durante el invierno. Tiene su origen en las aguas superficiales del océano Atlántico de donde procede siguiendo las costas orientales de las islas Baleares y penetrando en el mar Catalán por el norte y sur de Mallorca y el canal entre Ibiza y cabo de La nao. La penetración de agua atlántica en superficie muestra una clara tendencia en el límite oriental y por el sur, mientras que al norte, cerca de la costa, se observa una cuña de agua superficial ligeramente desalada que no va más allá de Barcelona atribuida a la influencia del río Ródano.

Agua Septentrional o invernal.-- Se caracteriza por su baja temperatura (menos de 13°C) tiene su origen, en el enfriamiento de una gruesa columna de agua por acción de los vientos continentales (Mistral, Tramontana y Mestral) en invierno. La profundidad en la que se aloja esta agua depende de la intensidad de los vientos y de la salinidad, situándose por debajo de la termoclina cuando ésta empieza a formarse. Su existencia es transitoria ya que se va mezclando por difusión con las capas adyacentes hasta desaparecer absolutamente en la parte sur del mar Catalán.

Agua Mediterránea o de fondo.-- Se caracteriza por su fuerte salinidad (38.4-38.6 o/oo) y baja temperatura (13-13.5°C). Aunque su existencia está confinada a profundidades superiores a 200 m puede alcanzar cotas próximas a la superficie

(75 m) en ciertos lugares de divergencia o en ciertas épocas del año. Normalmente se presenta esta masa dividida en dos capas por una zona de mínimas temperaturas relativas (menos de 13°C) que más adelante quedará definida como agua septentrional profunda. De ellas una siempre se encuentra por encima de los 500 m y es llamada por Furnestin, (1960) agua oriental intermedia, mientras que la otra, llamada agua de fondo se sitúa siempre por debajo de dicho mínimo térmico.

La parte central del mar Catalán, comprendida entre Barcelona y Valencia, muestra una mayor homogeneidad termohalina que el resto de la región. Ello puede deberse a su mayor alejamiento de las fuentes de perturbación, que se encuentran: al norte (río Ródano), los canales entre las Islas y entre Ibiza y el cabo de La Naó.

La ausencia en esta parte de salinidades superiores a 38.45 o/oo, podría explicarse teniendo en cuenta la topografía del fondo, que impide la entrada de agua profunda entre los canales de las Islas, quedando limitada a las aberturas norte y sur.

Variaciones estacionales

Verano.-- Se caracteriza por la presencia de agua atlántica o superficial de baja salinidad con una pequeña proporción de agua continental procedente de los ríos (figuras I.3 y I.4). El límite inferior de la termoclina está definido por la temperatura de 13.5°C con una salinidad del 38.0 o/oo. Por debajo de la termoclina, entre los 100 y 300 m, se encuentran las bajas temperaturas invernales en un mínimo relativo a los 13°C, que van desapareciendo a mediados del verano al combinarse el agua invernal con las capas inmediatamente en contacto con ellas. El agua superficial entra en contacto con el agua de fondo, ocupando esta última toda la columna bajo la termoclina a finales del verano.

Otoño e invierno.-- Las tormentas otoñales provocan un enfriamiento superficial con un ascenso de agua de fondo hacia costas más elevadas, el agua superficial se hace inobservable durante el invierno, ya sea porque se retire hacia el sur y el oeste, o bien se mezcle con el agua de fondo. Este proceso, se inicia por el norte (golfo de León) con los vientos Mistral y Tramontana, adentrándose en el mar Catalán.

La intersección de la isoterma de 13.5°C con la superficie marca el inicio de una etapa de inestabilidad de la columna de agua, que se extiende por un par de meses hasta profundidades que pueden oscilar de un año a otro y de un lugar a otro entre los 400 a 800 metros o más.

Aun cuando en esta época la homotermia es muy acusada, pueden aparecer salinidades superficiales inferiores a los

38 o/oo, las cuales quizás estén relacionadas con las aguas continentales. En este período tiene lugar la formación del agua invernal por enfriamiento y mezcla del agua superficial con el agua de fondo.

Primavera.- El aumento de la temperatura superficial que se establece al final del invierno por la acción conjunta de las radiaciones solares y de la menor salinidad del agua superficial que fluye o ha estado fluyendo al mar Catalán, da lugar a la estratificación que durará todo el verano. El agua invernal que ocupaba una buena parte de la columna se sitúa bajo la termoclina, combinándose progresivamente por difusión con las capas adyacentes hasta desaparecer conforme la termoclina va descendiendo por engrosamiento de la superficie de mezcla.

En este esquema debemos considerar fluctuaciones de corta duración que pueden tener su causa en períodos de fuertes vientos o lluvias persistentes.

Corrientes

En el mar Catalán se distinguen dos corrientes importantes: la primera, que recorre la plataforma continental de norte a sur, hasta Castellón desviándose posteriormente para alcanzar la isla de Mallorca. Y la corriente del sur, que recorre la costa occidental de las islas Baleares, desviándose hacia el oeste entre las islas de Ibiza y Mallorca.

Dichas corrientes pueden originarse a partir de dos giros ciclónicos, presentes, uno en la mitad del mar Catalán entre Barcelona y la isla de Menorca y el otro en la parte

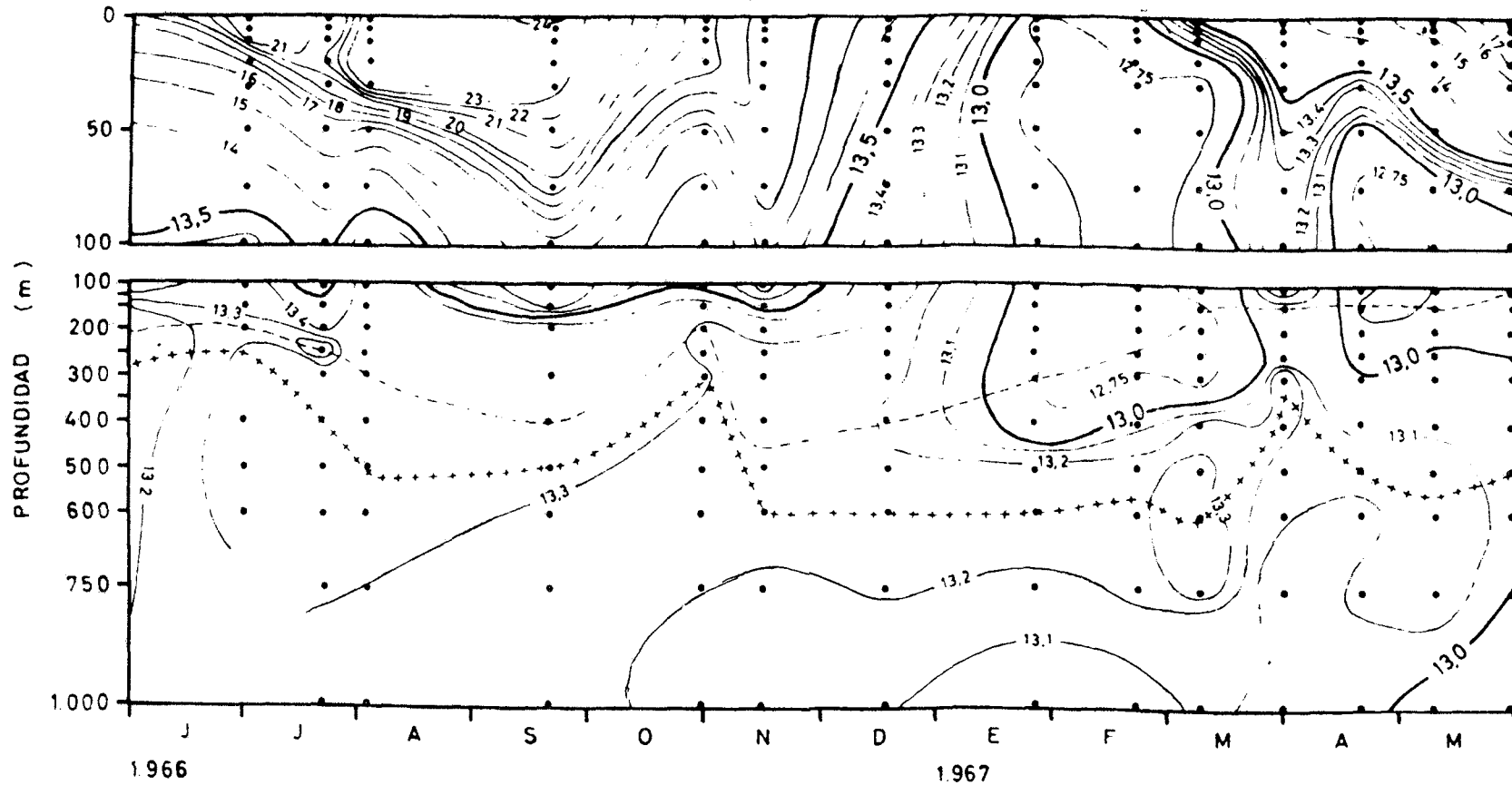


Fig. I.3 Distribución de las temperaturas expresadas en $^{\circ}\text{C}$ entre junio de 1966 y mayo de 1967. La línea de cruces representa el nivel correspondiente a la temperatura máxima relativa en la profundidad. La línea de trazos representa el nivel de temperatura mínima. (Tomada de Ballester y col. 1967).

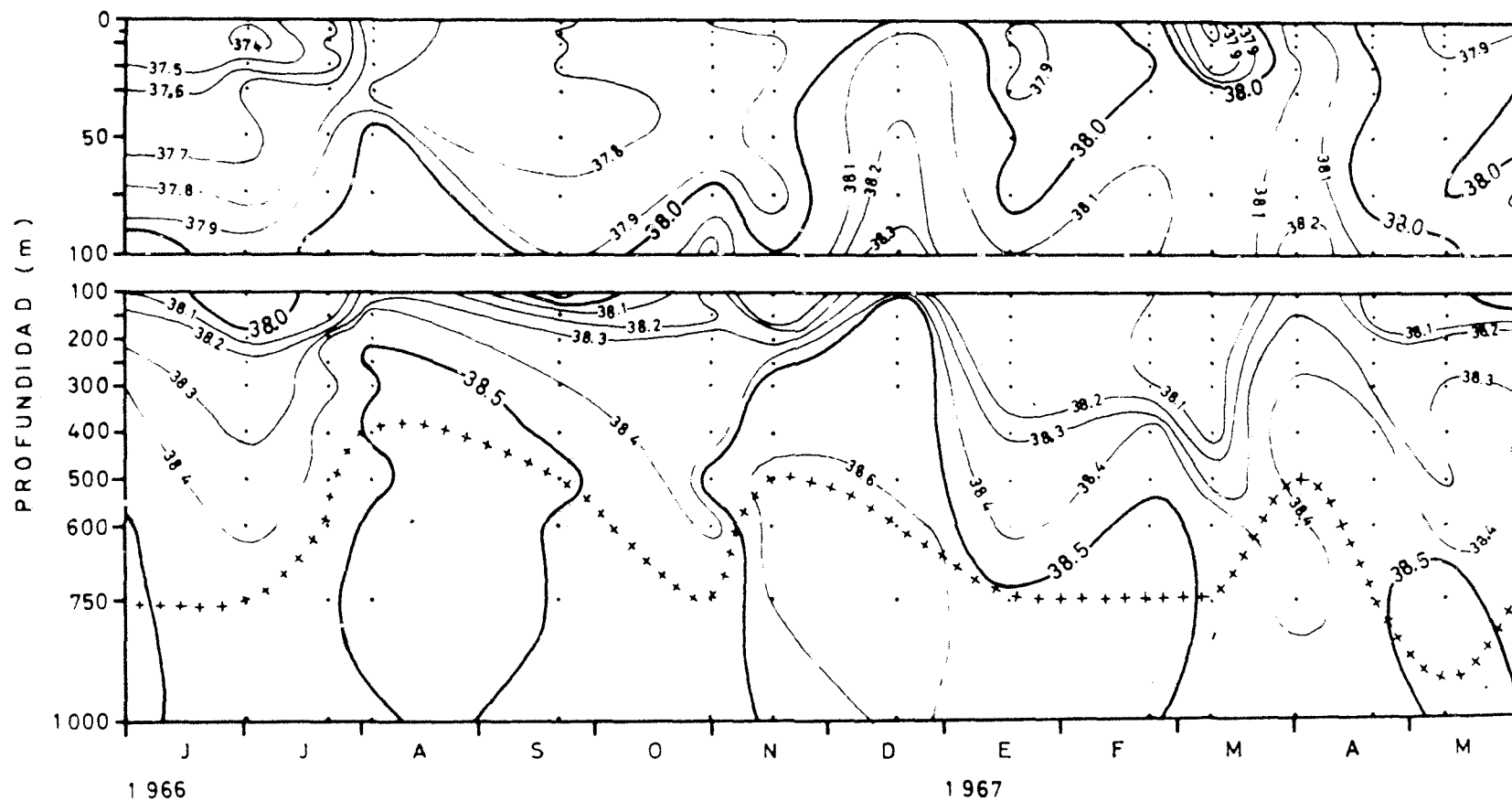


Fig. I.4 Distribución de las salinidades entre junio de 1966 y mayo de 1967 (expresadas en o/oo). La línea de cruces representa el nivel de salinidad máxima. (Tomado de Ballester y col. 1967).

meridional entre la isla de Ibiza y la costa valenciana. Estos giros ciclónicos parece ser que se originan debido a la presencia de aguas de menor densidad en las zonas norte y oeste, influenciadas por la penetración del agua superficial de los ríos locales.

Los giros ciclónicos provocan la penetración del agua superficial en la mitad sur del mar Catalán así como el ascenso de aguas de fondo a cotas superiores debido a la divergencia que generan en su interior (Cruzado, 1974)

Nutrientes

Los estudios realizados por Ballester 1967, consideran que los valores obtenidos para cada uno de los parámetros son los siguientes:

Fosfatos.— En términos generales, la distribución de los fosfatos presenta un máximo en niveles comprendidos entre 300 y 1000 m de profundidad (figura I.5) correspondiendo con gran aproximación al nivel mínimo del oxígeno disuelto, lo cual podría deberse a la acción simultánea de los procesos de mineralización del fósforo orgánico y de oxidación de la materia orgánica. Durante el verano aparecen, relativamente, altos valores de fosfatos en superficie y en el invierno, al iniciarse la mezcla vertical alcanza sus valores mínimos.

Nitratos.— La distribución vertical de las concentraciones medias de los nitratos, muestra valores bajos en superficie que aumentan gradualmente con la profundidad. Antes de los 100 m, las concentraciones son bajas (menos de 1 ug-at N/l), pero a mayores profundidades se llegan a detectar concentra-

ciones de 10 ug-at N/l (figura I.6).

Con respecto a la variación estacional, se observa que la concentración de nitratos presenta sus máximos valores en invierno y un mínimo en los meses de verano; el enriquecimiento en superficie proviene de la mezcla vertical de las aguas profundas, ricas en nitrato, con las aguas superficiales que han permanecido estratificadas durante los meses estivales. Los fosfatos presentan una concentración mínima, coincidiendo con los valores altos de los nitratos, durante los meses de invierno, indicando que son los primeros, uno de los factores limitantes de la producción biológica. En verano las bajas concentraciones de nitratos coinciden con los elevados valores de fosfatos, indicando que en la época estival los nitratos son el factor limitante de la fotosíntesis.

Nitritos.- En la superficie las concentraciones de nitrito a lo largo del año son muy pequeñas y adquieren cierta importancia en los meses de diciembre a febrero. Este aumento en la concentración de nitritos precede al máximo de nitrato en superficie. La máxima concentración se localiza alrededor de los 100 m variando su intensidad a lo largo del año, esto puede deberse, a la actividad reductora del fitoplancton que en esta profundidad encuentra poca iluminación y mayor contenido de nitrato (Blasco, 1971).

Por debajo de los 100 m, la cantidad de nitrito es de nuevo muy baja y sigue así hasta alcanzar los 300 m, en que las concentraciones vuelven a adquirir un nuevo significado pudiendo hablar de un máximo secundario de nitrito, lo cual quizás podría deberse a la acción bacteriana.

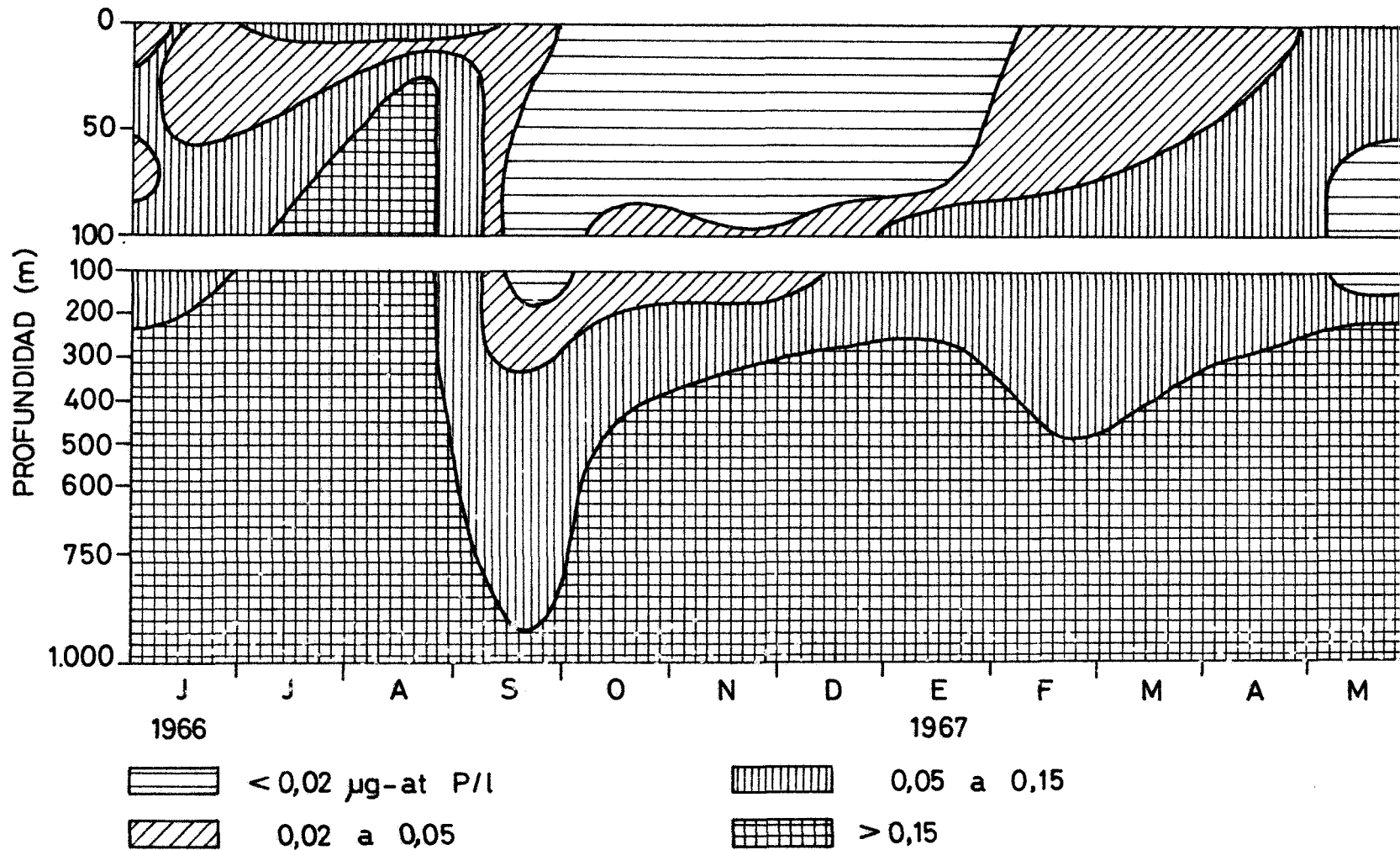


Figura 1.5 Distribución de las concentraciones de fósforo inorgánico expresadas en $\mu\text{g-at/l}$, entre junio de 1966 y mayo de 1967 (tomado de Ballester y col. 1967).

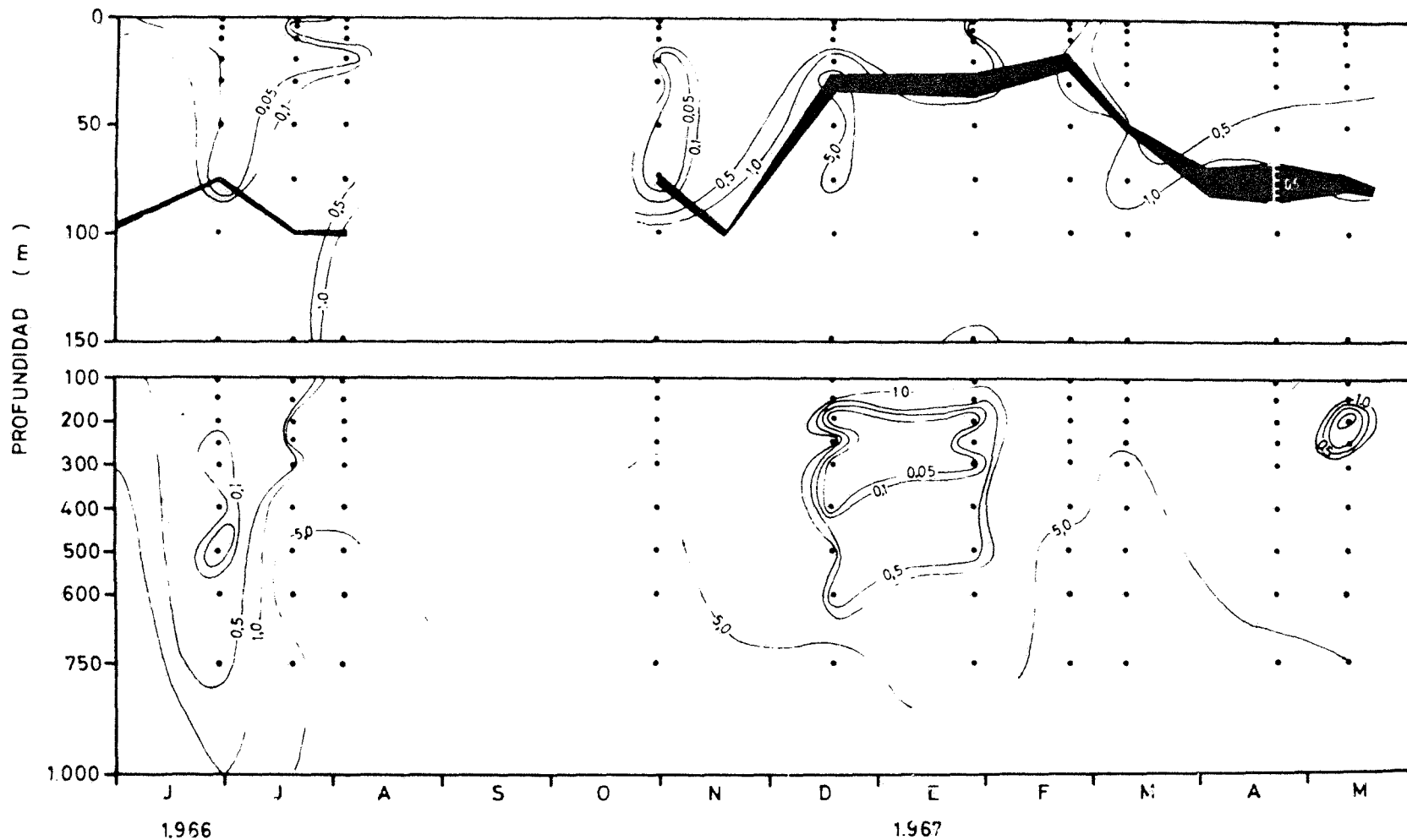


Fig. 1.6 Distribución de las concentraciones de nitratos, expresados en $\mu\text{g-at/l}$, entre junio de 1966 y mayo de 1967. El trazo negro representa el nivel donde se ha localizado el máximo de nitritos y su amplitud es proporcional a la concentración de nitritos referida a la escala situada sobre la banda negra en trazos blancos.

Oxígeno

En la figura I.7 se observan los valores obtenidos por Ballester et al. 1967, para este parámetro. Salvo en los momentos de ascenso de agua profunda, la concentración hallada por debajo de los 300 m oscila entre 4.50 y 5.00 ml/O₂/l, siendo quizás el de 4.50 ml/l el valor más característico de un "agua intermedia", en la que la degradación ha ido hasta el fin, como indican por otro lado los bajos valores de fósforo orgánico encontrados en ella.

El valor de 5.50 ml/l puede ser considerado como el umbral por encima del cual la fotosíntesis sea el proceso que más influya, de este modo las épocas de mayor productividad serán aquellas en las que el contenido en oxígeno disuelto estuviese por encima de 5.50 ml/l, es decir, hacia fines de octubre, entre enero y abril y a principios de junio. En la primera época se inicia la mezcla vertical como consecuencia de los fuertes vientos de Levante (octubre-noviembre) cuando éstos se presentan. Entre enero y abril, esta mezcla se hace realmente efectiva, favorecida por las bajas temperaturas y el viento constante del NW. Con la llegada del agua superficial a fines de mayo se observa un aumento en la concentración de fosfatos y de la productividad. A lo largo de los meses estivales, la productividad sigue siendo relativamente alta en los niveles inferiores a la termoclina.

La zona comprendida entre los niveles eufóticos y el "agua intermedia", con un fuerte gradiente de concentración de oxígeno, parece indicar la existencia de una superficie de

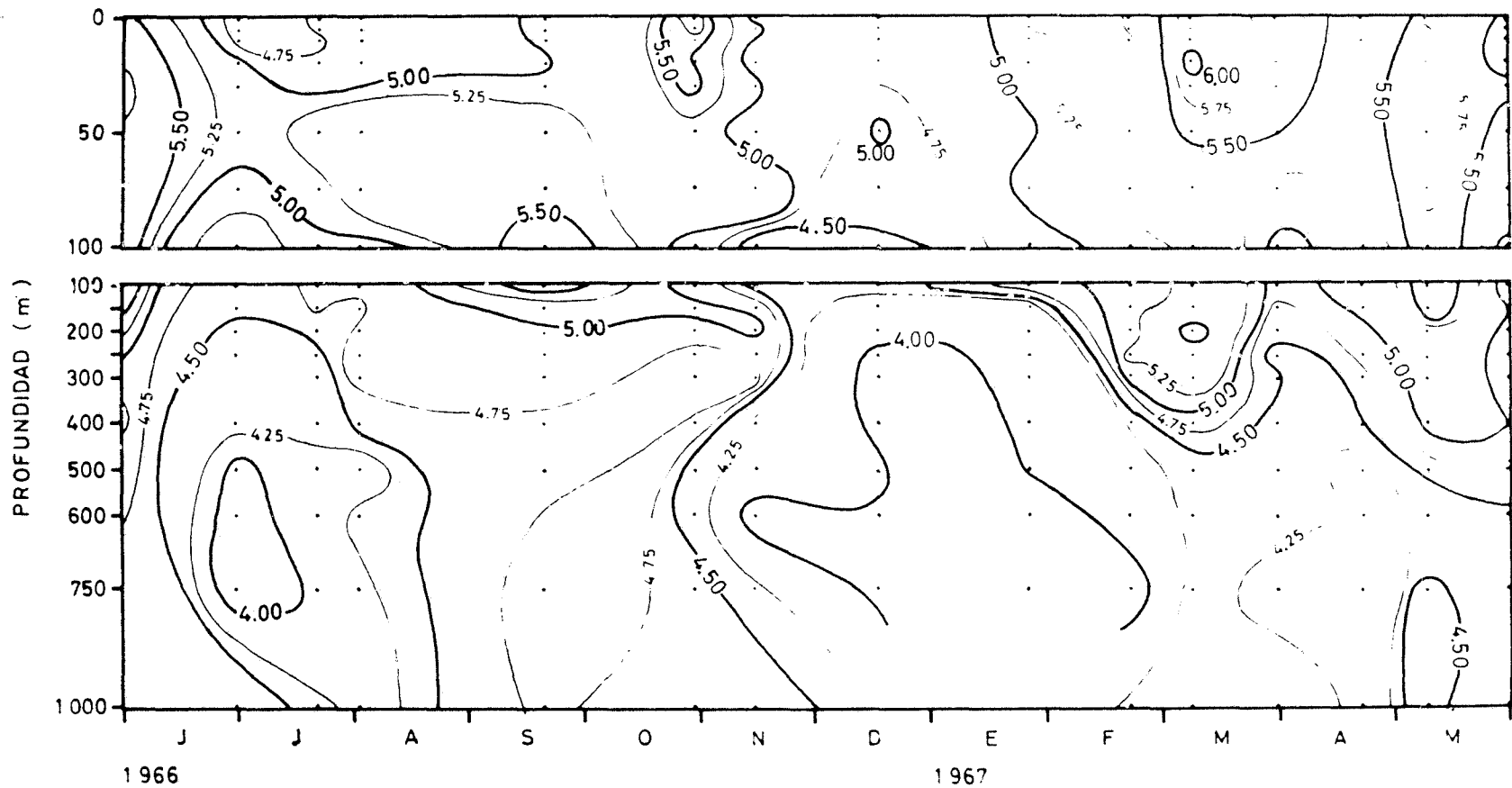


Fig. I.7 Distribución de las concentraciones de oxígeno disuelto, expresadas en ml/l, entre junio de 1966 y mayo de 1967. (Tomado de Ballester y col. , 1967).

discontinuidad, posible lugar de movimientos horizontales relativos de masas de aguas superpuestas. La acumulación de materia orgánica en esta interfase daría lugar a un gran consumo de oxígeno.

1.2.1.4 Especies acompañantes de Phycis blennoides.

De acuerdo con Lloris (1977) la fauna de acompañamiento de Phycis blennoides es la siguiente:

Familia: Scyliorhinidae

Scyliorhinus canicula (Linnaeus, 1758)

Galeus melastomus Rafinesque, 1810

Familia: Squalidae

Etmopterus spinax (Linnaeus, 1758)

Familia: Sternoptychidae

Argyropelecus hemigymnus Cocco, 1829

Familia: Stomiatidae

Stomias boa boa (Risso, 1810)

Familia: Myctophidae

Notoscolecus elongatus elongatus Nafpaktitis, 1975

Familia: Congridae

Conger conger (Artedi, 1738 Linnaeus, 1758)

Familia: Macrouridae

Coelorhynchus coelorhynchus (Risso, 1810)

Trachyrhynchus trachyrhynchus (Risso, 1810)

Familia: Merlucciidae

Merluccius merluccius (Linnaeus, 1758)

Familia: Gadidae

Gadiculus argenteus argenteus Guichenot, 1850

Micromesistius poutassou (Risso, 1826)

Molva dypterygia macrophthalma (Rafinesque, 1810)

Gaidropsarus vulgaris (Cloquet, 1824)

Familia: Caproidae

Capros aper (Linnaeus, 1758)

Familia: Scorpaenidae

Helicolenus dactylopterus dactylopterus (Delaroche, 1809)

Familia: Scophthalmidae

Lepidorhombus boscii (Risso, 1810)

Familia: Cynoglossidae

Symphurus nigrescens Rafinesque, 1810

Familia: Lophiidae

Lophius piscatorius Linnaeus, 1758

1.2.2 Metodología empleada.

En esta sección se presenta una descripción muy generalizada de la metodología empleada en el presente estudio. La explicación detallada de cada una de las técnicas aplicadas aparece en los apartados correspondientes. Hemos creído que de esta manera se facilita la lectura y comprensión de cada uno de los capítulos que constituyen esta memoria.

Los datos biológicos fueron obtenidos de un total de 5.397 ejemplares de Phycis blennoides (brótola) procedentes de los muestreos biológicos y de la captura comercial. De septiembre de 1976 a julio de 1977, los datos fueron registrados por la Sra. Conchita Borruei y el Dr. Jordi Lleonart, siéndome amablemente cedidos por el Dr. Carlos Bas, director del Grupo de Recursos del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona, para el análisis y obtención de resultados. En los meses de marzo y agosto de 1977, no se realizaron muestreos. Y del período de septiembre de 1977 a septiembre de 1978, los datos fueron registrados personalmente.

Los ejemplares se obtuvieron frente a las costas de Cataluña (Mediterráneo Occidental) entre Blanes y Vilanova i la Geltrú en profundidades que oscilan entre 150 y 650 m.

Los muestreos de la captura comercial se efectuaron varias veces a la semana y una vez al mes se realizó un muestreo biológico efectuando arrastres a distintas profundidades: el primero entre 150 y 300 m, el segundo entre 300 y 400 m y el tercero entre 400 y 600 m, utilizando para ello una red comercial (bou) con un copo de 35 mm y un sobrecopo de 10 mm

de abertura de malla. Estos muestreos además de proporcionar gran cantidad de material de estudio, aportaron información de la fauna de acompañamiento.

Los ejemplares fueron separados de acuerdo con las profundidades con que fueron capturados y conservados en una cámara frigorífica a una temperatura de -10°C . Los lotes de peces fueron estudiados en las 24 horas siguientes, de cada uno de ellos se consignaron en las hojas de muestreo los siguientes datos: fecha de la captura, caladero, profundidad y peso y número de la captura total, así como una serie de características morfométricas, ponderales y biológicas que se detallarán a continuación.

Cuando la captura era muy abundante se escogió una muestra al azar, en otras ocasiones en que el número de ejemplares fue menos numeroso se estudió la totalidad de la captura.

Para obtener las mediciones se utilizó un ictiómetro IIP, colocándose el ejemplar sobre el costado derecho para determinar su longitud total, mientras que para obtener los pesos se recurrió a una balanza marca "Mobba" y a otra eléctrica marca "Kern". Para mediciones de mayor precisión se empleó un "pie de rey" marca "Sibur".

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

- 1) Longitud total: se midió al centímetro más próximo, desde la punta del hocico hasta el extremo final de la aleta caudal.
- 2) Peso: se determinó el peso total y desviscerado de cada ejemplar, con aproximación al gramo.

- 3) Sexo y estado de madurez gonádica: efectuándose un corte longitudinal desde el orificio anal hasta los arcos branquiales y separando las vísceras, quedan al descubierto las gonadas, pudiéndose determinar "in visu" el sexo y el estado sexual del individuo. La escala utilizada para determinar la madurez sexual se explica en la sección correspondiente. También se obtuvo el peso de las gonadas con aproximación al gramo.
- 4) Estados de replección gástrica: los estómagos se clasificaron empleando cuatro criterios arbitrarios: (I) vacío; (II) con contenido estomacal poco abundante; (III) cuando este era muy abundante y (IV) estómagos evaginados. El coeficiente de replección gástrica se obtuvo dividiendo el número total de estómagos llenos entre el número total de estómagos, exceptuando los evaginados.
- 5) Peso del hígado. Para una estimación de la grasa adicional, se obtuvo el peso de este órgano para cada uno de los ejemplares con aproximación al gramo.
- 6) Longitud de las diferentes partes del encéfalo: practicando una incisión transversal en la cabeza del pez, cortando y separando la parte superior de la bóveda craneana, queda al descubierto el encéfalo, pudiéndose obtener por medio de un "pie de rey" la longitud del telencéfalo, mesencéfalo, metencéfalo y mielencéfalo con aproximación al milímetro.
- 7) Longitud de las aletas pélvicas: se obtuvieron con aproximación al centímetro, desde su extremo superior, a nivel de su implantación hasta su extremo final.

Por otra parte, se efectuó la extracción de otolitos, "sagitta", levantando el basioccipital mediante un corte de tijera por su parte posterior, con lo que quedaban al descubierto las cápsulas óticas.

Los otolitos fueron limpiados entre los dedos con agua y guardados en seco en sobres de papel en donde constaba el número del ejemplar y la fecha de su captura.

II DETERMINACION DE LA EDAD DE Phycis blennoides.

2.1 EL SISTEMA LABERINTICO EN LOS TELEOSTEOS: FORMA Y FUNCION

Para una mayor comprensión de la estructura de los otolitos se debe considerar, previamente, su posición anatómica, su morfología y sus funciones como parte del sistema auditivo de los peces.

Los otolitos son partes constituyentes del sistema laberíntico de los Teleósteos, éste consta de dos laberintos membranosos situados en el interior de los huesos craneales cercanos al cerebro (Figura II.1). Cada uno de ellos está formado por una "pars superior", que comprende tres canales semicirculares y una cámara llamada "utrículus" (Figura II.2). Los canales se abren en el "utrículus" que a su vez está comunicado con la "pars inferior" del laberinto formada por dos cámaras, llamadas "sacculus" y "lagena" (Blacker, 1974).

Los canales semicirculares poseen en su extremo posterior un ensanchamiento llamado ampolla, el extremo anterior se comunica con la cavidad vestibular. Cada una de las ampollas está recubierta por tejido neuro-epitelial, compuesto por células de soporte, neuromastos y células sensoriales, que poseen unas largas terminaciones en forma de pelos, (Lowenstein, 1957).

En la pared de las cámaras, "sacculus", "utrículus" y "lagena" están situadas las manchas acústicas, zonas sensitivas formadas por células de soporte y neuromastos de terminaciones más cortas que las pertenecientes a las ampollas. Sobre la superficie de cada mancha se forma la membrana del otolito, que es una gruesa capa de materia gelatinosa, en la

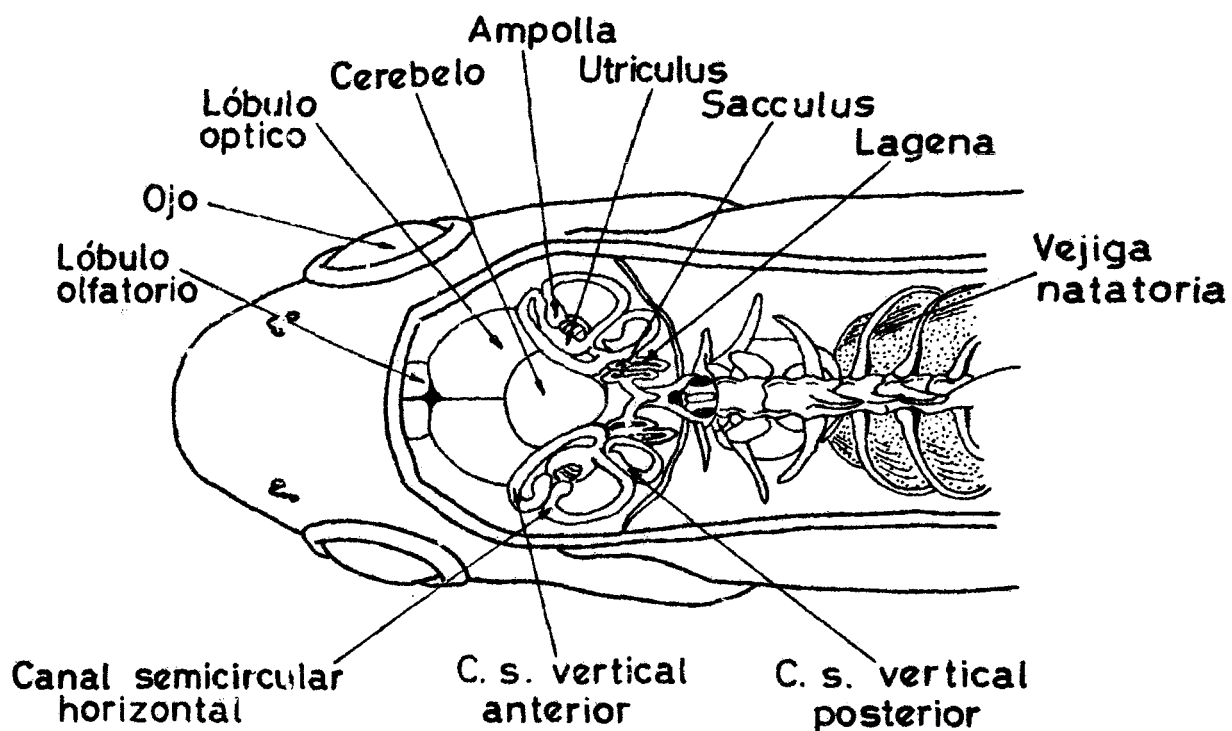


Figura II.1 Esquema mostrando la posición del sistema laberíntico de los Teleósteos (tomado de Lagler, 1962)

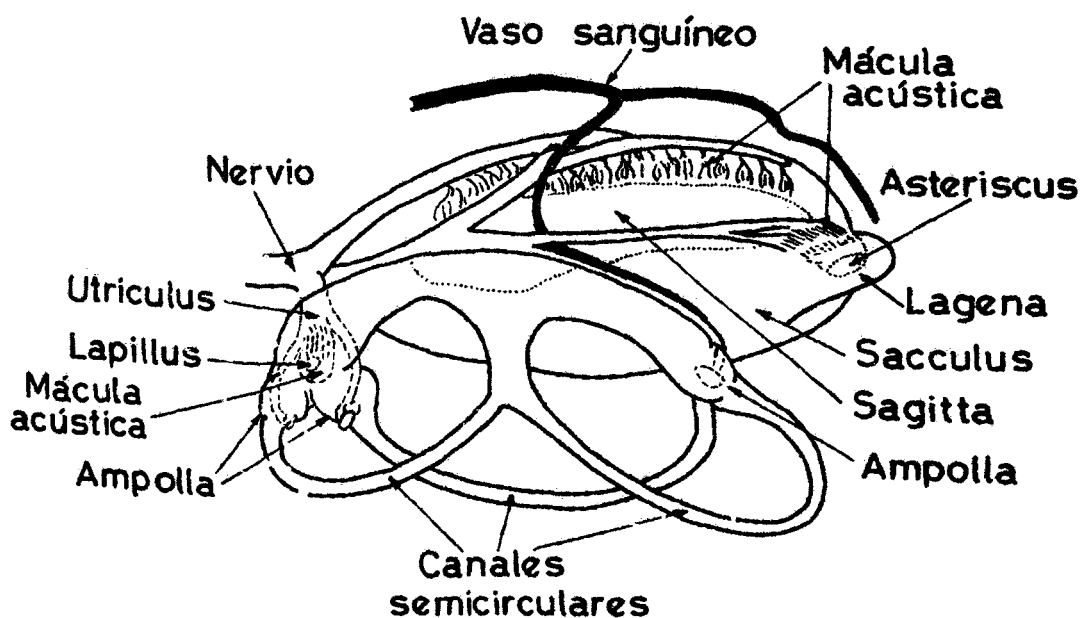


Figura II.2 Aparato auditivo interno de los Teleósteos (tomado de Blacker, 1974)

que penetran grupos de terminaciones de los neuromastos. En la parte externa de las membranas se depositan los otolitos (Morales, 1978).

En cada cámara se situa un otolito, el "lapillus" en el "utrículus", la "sagitta" en el "sacculus" y el "asteriscus" en la "lagena". Los otolitos se encuentran en contacto con un área sensorial llamada "mácula acústica", la cual juega un importante papel en la formación del otolito (Mugiya, 1964, 1966, 1968).

La mácula acústica así como los neuromastos de las cámaras y ampollas están inervadas por fibras del octavo nervio craneal; el nervio auditivo.

El laberinto membranoso está lleno de endolinfa. Los pasajes y túneles de los huesos craneales que rodean el laberinto, contienen un líquido llamado perilinfa.

La irrigación sanguínea del laberinto se efectúa a través de la arteria carótida interna. Los capilares sanguíneos irrigan abundantemente el tejido conectivo, situado en los espacios comprendidos entre el laberinto y los huesos craneales, así como la mácula acústica, pero no penetran en la membrana otolítica (Blacker, 1974).

Las funciones del otolito han sido resumidas por Lowenstein, (1957) de la siguiente manera:

- Regulación del tono muscular.
- Recepción de estímulos debidos a la aceleración angular, gravedad y sonido.

Lowenstein demostró en sus experimentos, que la "pars

inferior" tienen funciones diferentes. La "pars superior" (los canales semicirculares y el "utrículus") es la responsable de las respuestas a los estímulos de las aceleraciones angulares y de la gravedad, las áreas sensoriales de los canales semicirculares producen además, descargas nerviosas espontáneas que contribuyen al mantenimiento del tono muscular, aun cuando el laberinto está en descanso. La "pars inferior" (el "sacculus" y la "lagena") está relacionada con la recepción del sonido, parte de la mácula sacular participa en la respuesta a los cambios posturales.

No existe ninguna parte del laberinto de los peces que corresponda anatómicamente a la coclea y otras partes del oído de los vertebrados superiores. Otra diferencia significativa entre las formas superiores y los teleósteos, es el gran tamaño que alcanza el laberinto y los otolitos de estos últimos, con respecto al tamaño del cuerpo.

Los tres pares de otolitos de los peces presentan amplias variaciones en tamaño, pero en la mayoría de las especies, la "sagitta" es la mayor.

El tamaño y forma de los otolitos difiere para cada especie por lo que pueden usarse como un caracter taxonómico (Sanz Echeverría, 1949 y Frost, 1925), lo que implica que debe existir un factor genético que controla el desarrollo del otolito (Blacker, 1974).

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS "SAGITTAS" DE PHYCIS BLENNOIDES Y SU VARIACIÓN CON LA EDAD.

En la brótola, *Phycis blennoides*, las "sagittas" son bastante grandes, caracter común a la familia de los gádidos. Son gruesas lo que dificulta la identificación de las bandas de crecimiento lento y rápido, problema que se acentúa conforme el animal va envejeciendo y las dimensiones de los otolitos aumentan en tamaño y en grosor.

La "sagitta" es alargada, la altura máxima está contenida de 2.71 a 3.1 veces en la longitud (Figura II.4, II.5).

El borde anterior presenta un "rostrum" saliente, redondeado o con pequeñas denticiones; la "excisura mayor" es reducida y el "antirostrum" está poco desarrollado.

El borde dorsal es ascendente, desde el rostrum hasta el centro del otolito y desciende con suave inclinación hasta el borde posterior, tiene pequeñas denticiones bastante regulares en forma de sierra, que tienden a desaparecer conforme el animal envejece, observándose en individuos de 360 mm de longitud total, un borde dorsal liso.

El borde posterior presenta un "postrostrum" agudo y bien desarrollado, carece de "excisura menor" y "parastrostrum".

El borde ventral es ligeramente curvo desde el "rostrum" hasta el centro del otolito y rectilíneo conforme asciende desde el centro del otolito hasta el borde posterior, presenta denticiones, las cuales tienden a hacerse irregulares o bien a desaparecer cuando el animal envejece (figura II.3).

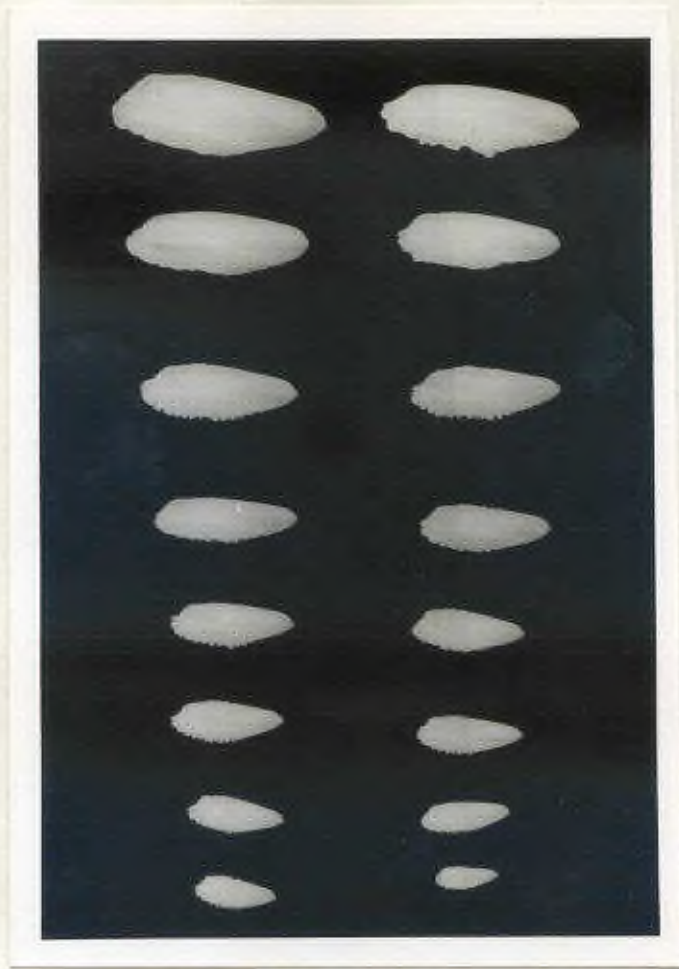


Figura II.3 Selección de "sagittas" de Phycis blennoides ("sagitta" izquierda, cara interna) mostrando las diferencias en forma y tamaño de acuerdo a las diferentes clases de tallas y grupos de edad (aumentado 2.4 veces).

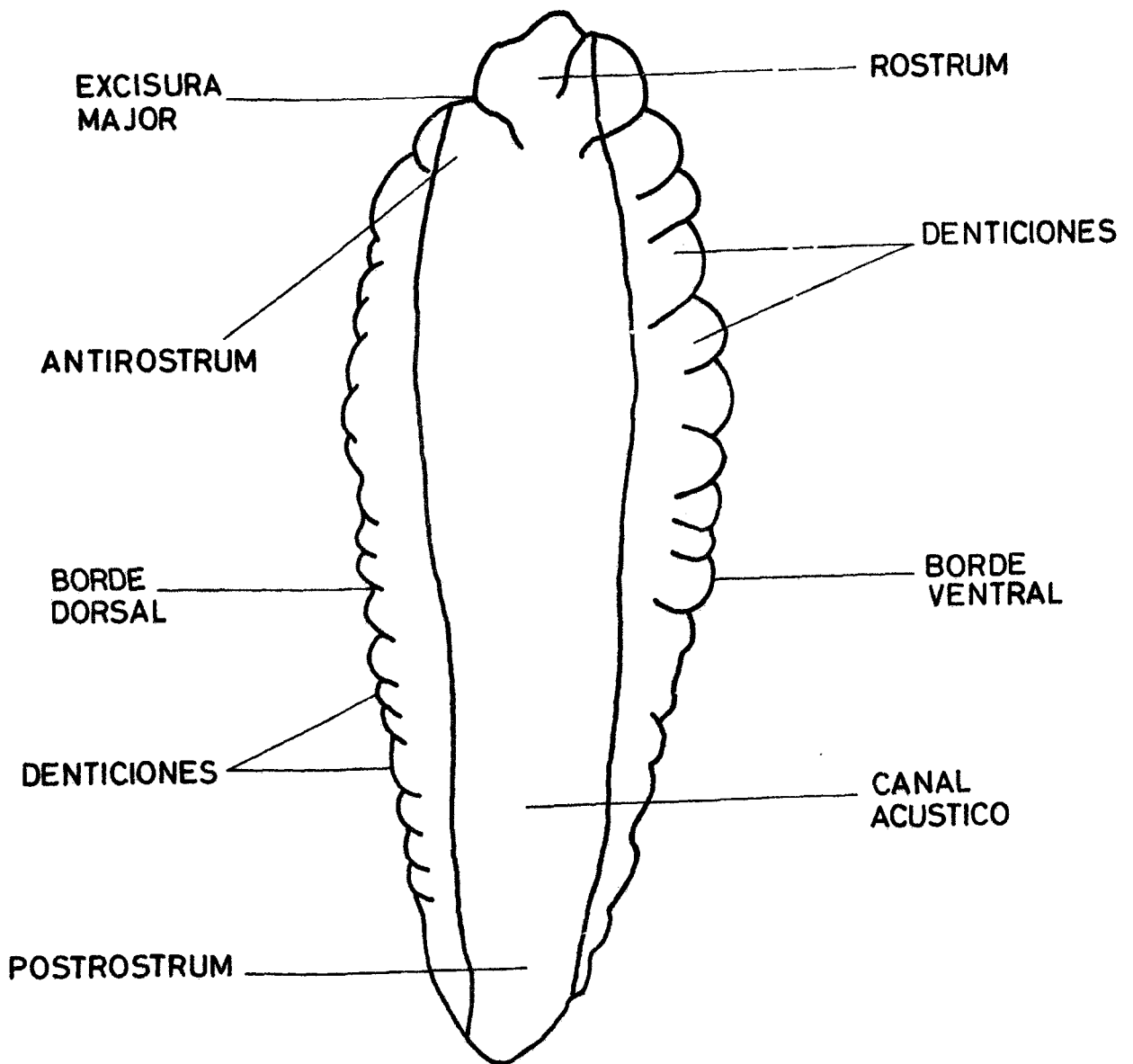


Figura II.4 Otolito de Phycis blennoides ("sagitta" derecha, cara interna) mostrando sus características distintivas (aumentado 15.5 veces).

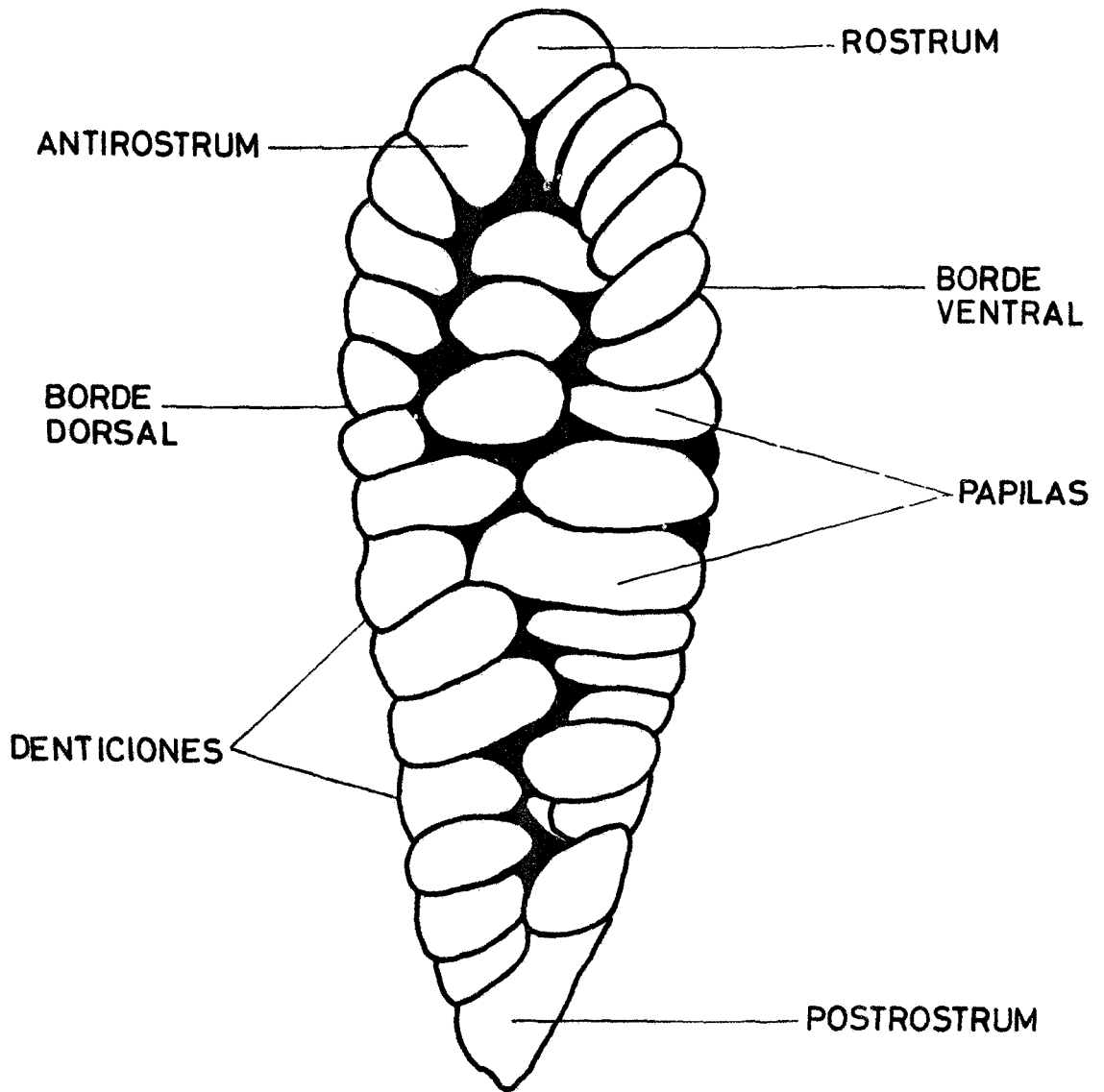


Figura II.5 otolito de *Phycis blennoides* ("sagitta" izquierda, cara externa) mostrando sus características distintivas (aumentado 32.4 veces).

La cara interna del otolito es bastante convexa, caracter que se acentúa con la edad, su superficie es plana y está recorrida en su totalidad por el "sulcus" que es ancho, poco profundo y uniforme, sin presentar una clara diferenciación en "ostium" y "cauda".

La cara externa es cóncava y está recorrida en su totalidad por numerosas papilas o granulaciones de diferente tamaño, las cuales están menos marcadas en otolitos de mayor tamaño, el borde dorsal, presenta una disminución brusca de espesor en sentido longitudinal, a nivel de la línea de papilas.

2.3 DESARROLLO DEL OTOLITO

Los peces presentan durante su desarrollo cambios morfológicos externos e internos que están en estrecha relación con variaciones fisiológicas y ambientales, siendo necesario por lo tanto, conocer estos fenómenos alométricos para tener una visión clara del ciclo de vida de una determinada especie.

El estudio del desarrollo del otolito de la brótola, Phycis blennoides, como en todas las especies, es fundamental por formar parte de un sistema esencial en la recepción de impulsos vitales, siendo una de las estructuras donde se acusan de una manera más patente los cambios en el crecimiento relativo de las diferentes partes del organismo. Para el estudio del desarrollo del otolito de Phycis blennoides, se examinaron un total de 1132 otolitos ("sagitta" derecha), pertenecientes a ejemplares de 70 a 490 mm de longitud total. Los otolitos fueron observados por medio de una lupa binocular provista de un ocular graduado y sumergidos en agua. De cada uno de ellos se registro la longitud total, la anchura y el peso (tabla II.1 apéndice). Con los resultados obtenidos se trazaron las gráficas de relación entre la longitud y la anchura del otolito, y la longitud y el peso del mismo, usando el método de mínimos cuadrados.

En la figura II.6 se observa un punto de inflexión en la línea de regresión entre la longitud y la anchura del otolito, que corresponde a la longitud total del pez de 170 mm. Como se demostrará más adelante (Capítulo IV) la diferencia-

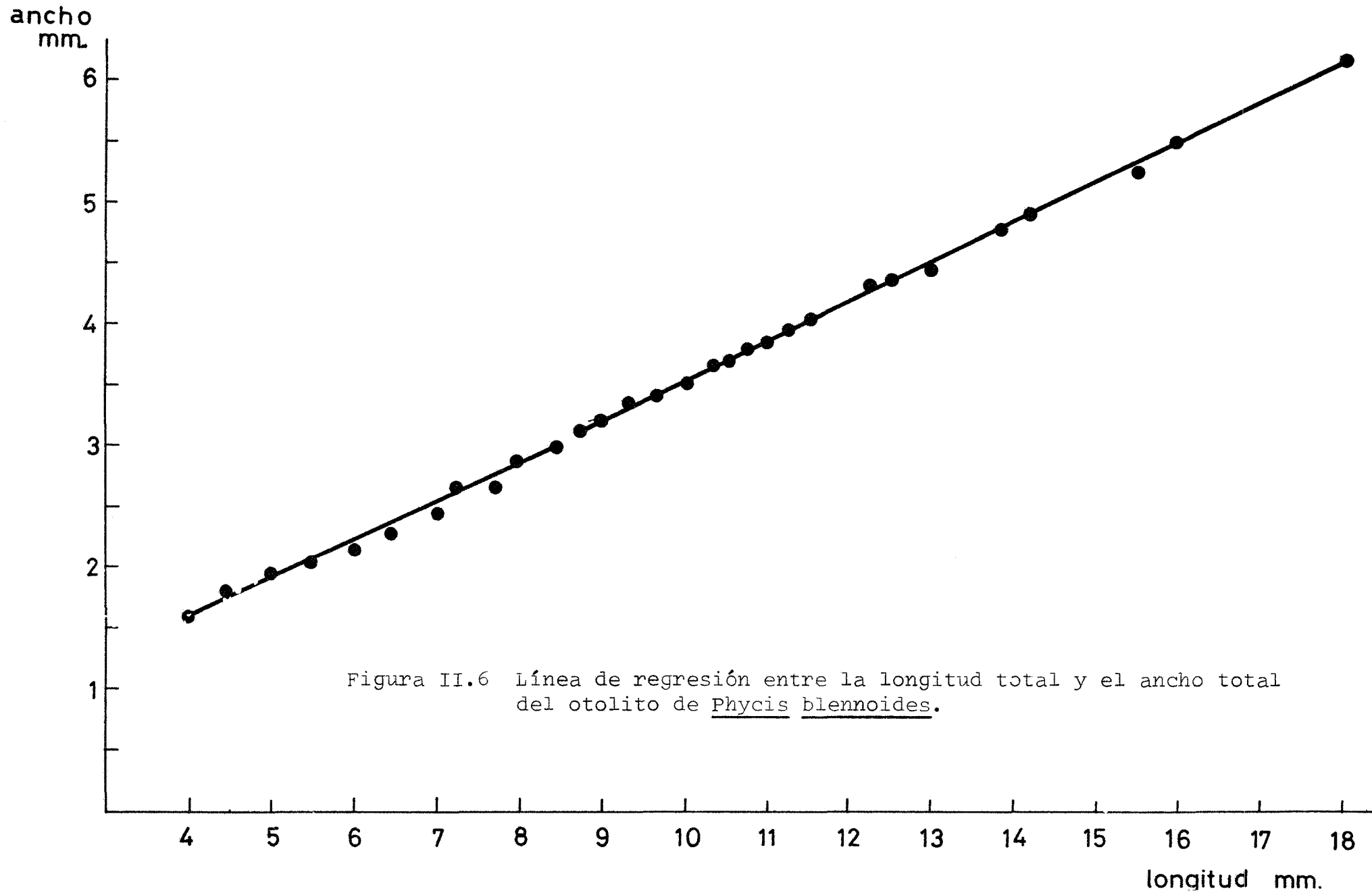


Figura II.6 Línea de regresión entre la longitud total y el ancho total del otolito de Phycis blennoides.

ción de las glándulas sexuales de Phycis blennoides se inicia a partir de dicha talla, razón por la cual se han desdoblado las series de datos en dos partes: 70-170 mm y 180-490 mm de longitud total del pez.

La relación alométrica existente entre la longitud y la anchura del otolito, viene expresada por el valor del exponente o índice alométrico, $k = 0.96$, se trata por lo tanto de una relación de crecimiento muy próxima a la isometría. El índice de correlación que se ha hallado para comprobar la relación entre las dos series de datos es igual a 0.998. La fórmula encontrada es la siguiente:

$$y = 0.382 x^{0.96}$$

Donde y representa la anchura y x la longitud del otolito.

En la primera parte del período estudiado (70-170 mm de longitud total) el otolito muestra un crecimiento significativamente isométrico, el valor del índice alométrico es de $k = 1.010$. Durante el resto de la vida de Phycis blennoides (180-490 mm de longitud total) el crecimiento del otolito muestra una clara tendencia hacia una alometría negativa obteniéndose un valor del índice de regresión de $k = 0.889$.

De lo anterior se concluye que en la primera etapa, el crecimiento del otolito es isométrico sin variaciones a lo largo del desarrollo, con lo que la forma substancial de los mismos se mantiene constante y que una vez que comienza la diferenciación sexual de esta especie, el otolito muestra una clara tendencia hacia una alometría negativa, lo cual puede deberse a que a partir de esta época la actividad me-

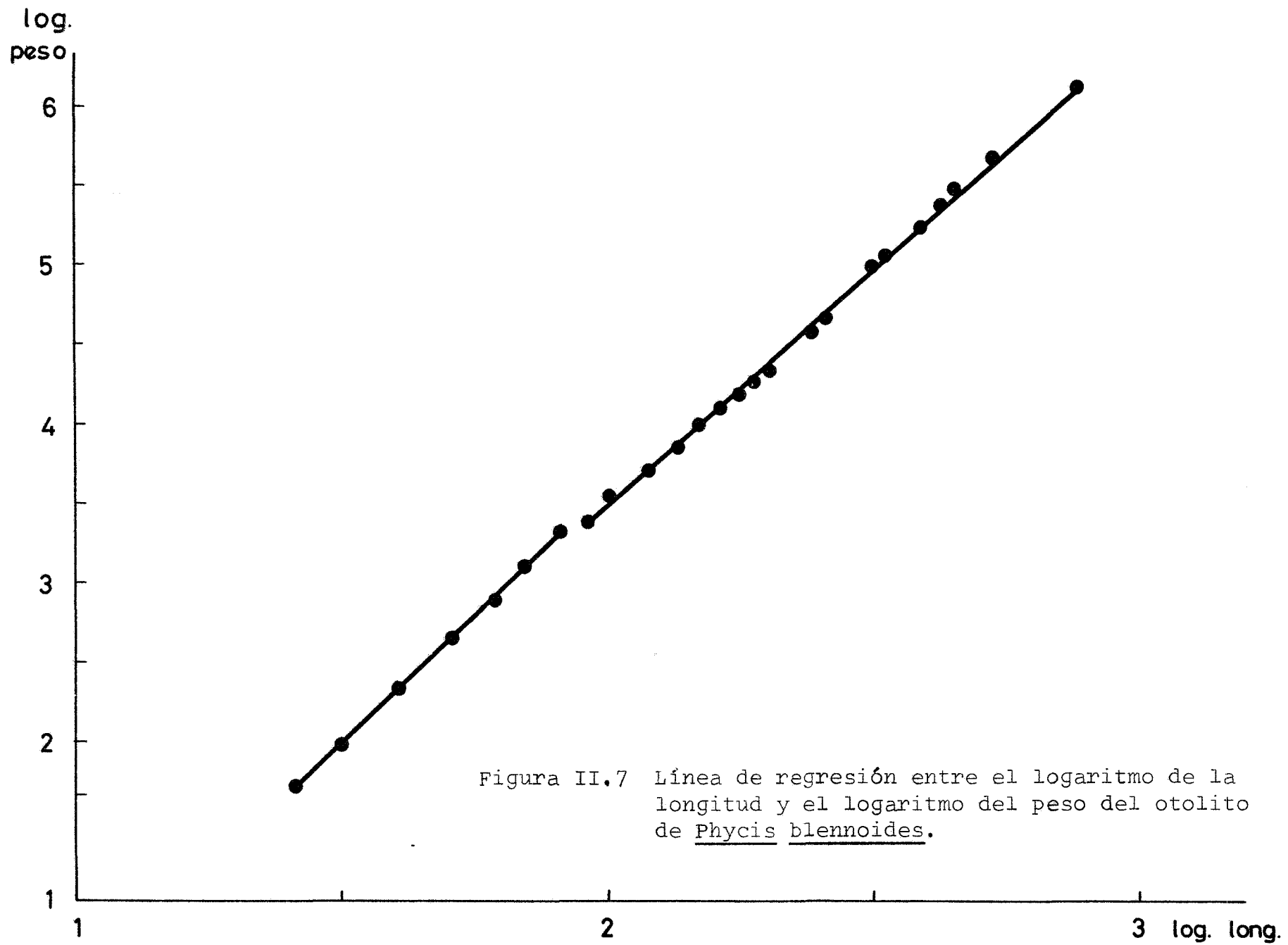
tabólica del pez, y particularmente el metabolismo del calcio, se encuentran orientados hacia su desarrollo gonádico y a la formación de los productos sexuales, habiendo un considerable gasto de energía en la formación de los mismos que se traduce en una disminución de las dimensiones del otolito.

La relación entre la longitud y el peso del otolito, se caracteriza por el valor del índice alométrico $k = 3.034$, se trata por lo tanto de una relación de crecimiento isométrica. El índice de correlación que se ha hallado para comprobar la relación entre estas dos series de datos es de 0.997. La fórmula encontrada es la siguiente:

$$y = 0.074 x^{3.034}$$

Donde y representa el peso y x la anchura del otolito.

En la figura II.7 se observa un punto de inflexión en la línea de regresión entre el log de la longitud y el log del peso del otolito, que corresponde a la longitud total del pez de 140 mm. Se han desdoblado las series de datos en dos partes 70-140 mm y 150-490 mm de longitud total del pez, obteniéndose en la primera parte del período estudiado un valor de $k = 4.32$, que corresponde a un crecimiento alométrico positivo, mientras que el valor obtenido para el segundo período estudiado es de $k = 2.85$, que corresponde a un índice alométrico negativo. El valor del índice de regresión $k = 3$ describe un crecimiento isométrico, los valores mayores y menores que 3 describen un crecimiento alométrico, (Ricker, 1975).



Como se verá más adelante, la brótola Phycis blennoides alcanza el primer año de edad en la longitud de 140 mm, por lo tanto, de lo anterior podría deducirse que el primer período (70-140 mm) corresponde a la formación del núcleo del otolito y de las primeras bandas de crecimiento rápido y lento, cuya amplitud es mayor, lo que trae como consecuencia un mayor depósito de sales de calcio, el resto de las bandas formadas durante el transcurso de la vida del pez (140-490mm) presentan un crecimiento mucho más limitado.

2.4 ESTRUCTURA

Anillos de crecimiento

Cuando el crecimiento del pez se detiene por algún tiempo, reanudándose después, se producen unas impresiones o detenciones en los órganos duros, tales como huesos, escamas, opérculos, otolitos etc, que pueden servir para reconocer la edad y el ritmo de crecimiento del animal.

En los otolitos se forman dos marcas anuales, o anillos cada año. Una corresponde a la época de crecimiento rápido, de aspecto visual opaco y otra correspondiente a la época de crecimiento lento, mucho más translúcida, a la que se llama banda hialina.

En el otolito la determinación de la edad se basa en la formación regular de una banda hialina y otra opaca en torno al núcleo.

Material y métodos.

Para el estudio de los anillos de crecimiento presentes en las "sagittas" de Phycis blennoides, los otolitos fueron analizados empleando los siguientes métodos:

- a).- La "sagitta" fueron observadas por medio de una lupa binocular con iluminación directa o transmitida y sumergidos en xilol como líquido aclarante.
- b).- Se obtuvieron secciones transversales del otolito a nivel del núcleo por simple rotura de la "sagitta" entre los dedos y se observaron por medio de una lupa binocular y sumergidos en xilol.

c).- Método de Christensen (1964). Las secciones del otolito al nivel del núcleo fueron quemadas con un mechero Bunsen. De esta forma las bandas hialinas al poseer mayor proporción de proteínas toman un tono tostado más intenso que el resto del otolito.

d).- Técnica de Aker (1961), las secciones de los otolitos fueron teñidas con benzoato de metilo, colorante que presenta afinidad por las capas protéicas, distinguiéndose más claramente los anillos de crecimiento.

El método que proporcionó mejores resultados fue el primero, empleando luz transmitida de gran intensidad. Por lo que en todos los casos se decidió observar los otolitos por transparencia. En estas condiciones las onas hialinas aparecen claras y las opacas como bandas oscuras, al revés de como se van con la luz reflejada.

A fin de conocer las variaciones en el tamaño del núcleo y de la amplitud de las bandas del otolito de Phycis blennoides, se obtuvieron las mediciones correspondientes. Dicho examen se realizó con una lupa binocular provista de un objetivo graduado, colocando la "sagitta" en sentido transversal y sobre el borde dorsal de la cara interna.

Todas las mediciones fueron efectuadas en la "sagitta" derecha, para eliminar posibles diferencias debidas a variaciones existentes entre los otolitos del mismo ejemplar.

Resultados

Las interpretaciones de los anillos de crecimiento de la "sagitta" de Phycis blennoides aparecen en la tabla II.2.

La anchura de los núcleos examinados varía dentro de una amplitud de 0.83 a 1.30 mm, siendo la anchura promedio de 1.10 mm.

Una vez que se ha formado el núcleo la depositación del nuevo material no es uniforme y las bandas concéntricas varían en amplitud en las diferentes partes del otolito. En el crecimiento el longitud del otolito se observa que es mayor el número de bandas que se forman en la parte posterior que en la anterior, similarmente, en sentido transversal crece más rápido el lado dorsal que el ventral y en la cara interna se deposita una mayor cantidad de material que en la externa. Como resultado el núcleo es excéntrico en cada plano del otolito. Fenómeno que se acentúa conforme el pez envejece y alcanza la madurez sexual. Un patron muy similar se observa en los otolitos de otros Gádidos (Bas, 1966; Blacker, 1974).

La primera banda de crecimiento lento (hialina) o sea la que se forma después del nucleo, se halla totalmente delimitada y completamente desarrollada, el valor de la amplitud media es de 0.29 mm, (Tabla II.2). En la banda siguiente que es la primera de crecimiento rápido (opaca), el crecimiento es más intenso y alcanza una anchura promedio de 0.39 mm. Por el contrario, en la segunda banda de crecimiento lento el descenso es considerable como se puede deducir del valor medio observado 0.19 mm. La segunda banda de crecimiento rápido presenta un tamaño medio de 0.27 mm, valor inferior con respecto a la primera banda opaca pero superior al señalado para la banda anterior. En el resto de los

anillos de crecimiento se observa una disminución progresiva de la anchura, con la particularidad de que esta disminución no aparece de forma continua, sino más bien describiendo un ritmo ondulatorio con tendencia a desaparecer. Este ritmo presenta los valores máximos en la época de crecimiento rápido y los mínimos en la época de crecimiento lento.

En el interior del núcleo de algunos ejemplares jóvenes (80 a 140 mm de longitud total) se observó una fina banda hialina, que podría corresponder al cambio de habitat pelágico al bentónico durante el período juvenil. Esta banda hialina tiende a desaparecer conforme los otolitos aumentan sus dimensiones para formar un núcleo de aspecto completamente denso y compacto.

TABLA II.2

Diagrama del otolito de Phycis blennoides

<u>Anillo</u>	<u>Característica</u>	<u>Anchura promedio (mm)</u>
1º	Crec. lento	0.29
1º	Crec. rápido	0.39
2º	Crec. lento	0.19
2º	Crec. rápido	0.27
3º	Crec. lento	0.13
3º	Crec. rápido	0.19
4º	Crec. lento	0.10
4º	Crec. rápido	0.14
5º	Crec. lento	0.07
5º	Crec. rápido	0.10
6º	Crec. lento	0.05
6º	Crec. rápido	0.07
7º	Crec. lento	0.03
7º	Crec. rápido	0.04

Ultraestructura.

Introducción

Los estudios sobre la estructura molecular de los otolitos fueron iniciados por Immermann (1908) quien describió la ultraestructura del otolito de Pleuronectes platessa. Maier (1908) realizó un análisis similar en Gadus morhua.

Hickling (1931) investigó los otolitos de Merluccius merluccius llegando a la conclusión de que estos estaban formados por una matriz de materia orgánica, con fibras radiales y concéntricas y carbonato cálcico en forma de aragonito.

Irie, (1955 y 1960); Carlström (1963); Deuser y Haedrich, (1969) determinaron por medio de la difracción de rayos X, que los otolitos estaban compuestos en su mayor parte por carbonato cálcico en forma de aragonito.

Degens, (1969) analiza la estructura y composición de los otolitos de veinticinco especies, determinando las cantidades de aminoácido y distribución de isótopos de oxígeno y carbono en la fracción de carbonato. La materia orgánica estudiada por este autor corresponde a una proteína fibrosa de elevado peso molecular y bioquímicamente única a la que denomina otolina.

Pannella, (1971 y 1979) relacionó las bandas de otolina con incrementos de crecimiento diario utilizándolas para determinar la edad de los peces, con una frecuencia menor a la estacional.

Rannou y Thirirot (1975) encuentran resultados semejantes en otolitos de la especie abisal Coryphaenoides guentheri, demostrando que en esta especie abisal están presentes las mismas marcas de crecimiento diario que en las especies de zonas fóticas.

Brothers et al. (1976) realizan un estudio de los otolitos de diferentes especies, en adultos y larvas, llegando a la conclusión de que los incrementos de crecimiento diario pueden utilizarse para determinar la edad de los peces durante la etapa larvaria y adulta, tanto si son de aguas tropicales como frías.

Struhsaker y Uchiyama (1976) analizan los otolitos de larvas y adultos de anchoveta, Stolephorus purpureus, determinando la curva de crecimiento de esta especie en los primeros seis meses de vida.

Estos ritmos diarios que se presentan en la mayoría de las especies, se traducen a nivel de marcas anuales, como bandas hialinas y opacas, empleadas en la determinación de la edad.

Material y métodos

Para poder estudiar las posibles marcas de crecimiento de ritmo inferior al anual presentes en las "sagittas" de Phycis blennoides, se ha empleado un microscopio electrónico de barrido, marca Stereoscan 180, Cambridge Instruments, perteneciente al Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona.

Para la observación de la estructura interna del otolito se han seguido dos procesos:

- a).- Fracturar el otolito transversalmente y estudiar la superficie de fractura.
- b).- Incluir las "sagittas" en la resina plástica araldita. El bloque obtenido se corta y se pule mediante muelas de precisión , que emplean como abrasivos carburundum, wiria y pasta de diamante, hasta obtener la superficie pulida del otolito a nivel del núcleo y dispuesta perpendicularmente al eje transversal del otolito.

En algunos casos la muestra se ha desmineralizado mediante ácido clorhídrico al 0.1 normal, durante doce segundos, para facilitar la observación de la superficie del otolito.

El proceso seguido para la observación de las muestras en el microscopio electrónico es el siguiente:

El material ha sido fijado a la platina de observación mediante plata coloidal.

La superficie a observar ha sido metalizada con una capa de carbono, de gran poder de penetración y finalmente con una capa de oro. El grosor total del metalizado es de varios amstrongs. El propósito de metalizado es hacer a la superficie tratada conductora eléctrica. Esta conductividad permite obtener la imagen de la muestra mediante el haz de electrones del microscopio electrónico de barrido.

Ultraestructura del otolito de Phycis blennoides.

El otolito está formado por una matriz proteica mineralizada, compuesta por una proteína fibrosa de elevado peso molecular y por carbonato cálcico cristalizado en forma de aragonito.

La proteína ha sido denominada otolina por Degens (1969). Su peso molecular es superior a 150.000 y está formada principalmente por grandes concentraciones de ácido glutámico y aspártico, cistina e hidroxiprolina y pequeñas cantidades de aminoácidos básicos y aromáticos.

El contenido total de la materia orgánica en los otolitos de las diferentes especies varía entre 0.2 a 10 % del total, siendo de mayor concentración, en aquellas especies cuyos otolitos son de menor tamaño y grosor (Degens, op cit.).

La otolina se dispone formando una matriz, con fibras radiales y concéntricas. En las figuras II.8 y II.9, puede observarse la sección de una "sagitta" de Phycis blennoides, perpendicular al núcleo mostrando las fibras radiales orientadas del núcleo al margen del otolito y las fibras concéntricas dispuestas en torno al núcleo. Estas últimas son de dos tipos, unas más finas y otras más gruesas formadas por grupos de las primeras.

El aragonito se forma por crecimiento epitaxial sobre la matriz protéica, uniéndose a esta por puentes de hidrógeno.

En las figuras II.10, II.11 y II.12, se muestran diversas fases de los cristales de aragonito, obtenidas a partir de la sección transversal de un otolito de Phycis blennoides, realizada por simple rotura entre los dedos.

Los ejes de los cristales de aragonito están orientados perpendicularmente a la superficie de las bandas de proteína concentricas y se prolongan del centro al margen del otolito, sin ser interrumpidas en su crecimiento por las bandas de otolina.

Cada cristal de aragonito puede estar formado por miles de segmentos individuales de crecimiento.

La interacción entre las fibras protéicas y los cristales de aragonito, dan a estos últimos una forma de intercrecimiento en zig-zag, (figura II.12).

Las bandas transversas a los cristales de aragonito, figuras II.8 y II.9 tiene la apariencia de suturas, pero no interfieren la orientación de los segmentos individuales de crecimiento (Degens, 1969). Los cristales de aragonito se forman entre las fibras radiales y se prolongan a través de las fibras concéntricas de otolina desde el centro del otolito a la periferia (Hickling, 1931).

Las bandas de otolina han sido consideradas por Kelly, 1961; Dannevig, 1956 y Degens, 1969 como marcas de crecimiento que corresponden a periodos estacionales por medio de los cuales se puede llegar a determinar la edad de los peces.

Pannella, (1971) realiza un estudio sobre el crecimiento de Merluccius bilinearis, Gadus morhua y Urophycis chuss,

tratando de encontrar el significado de la formación de las bandas en relación a un período menor al estacional. Dicho autor encuentra, que en el otolito se depositan cada día, una capa de proteína y otra de aragonito y cuya periodicidad diaria responde a un ritmo metabólico interno del pez. Resultados semejantes han sido observados por Rannou y Thirirot, (1975) en especies abisales.

Estas bandas empiezan a formarse al eclosionar la larva y al absorverse el saco vitelino (Brothers, 1976; Struhsaker 1976) pudiéndose determinar la edad de las formas larvarias y juveniles con exactitud.

Los distintos tipos de bandas corresponden a dos períodos diferentes de producción del material fibroso, uno mucho más rápido que el otro produce incrementos de crecimiento diario más finos, densos y numerosos que los incrementos producidos durante el período de crecimiento lento. La formación diaria de estas bandas se repite muchas veces durante la formación de los anillos estacionales.

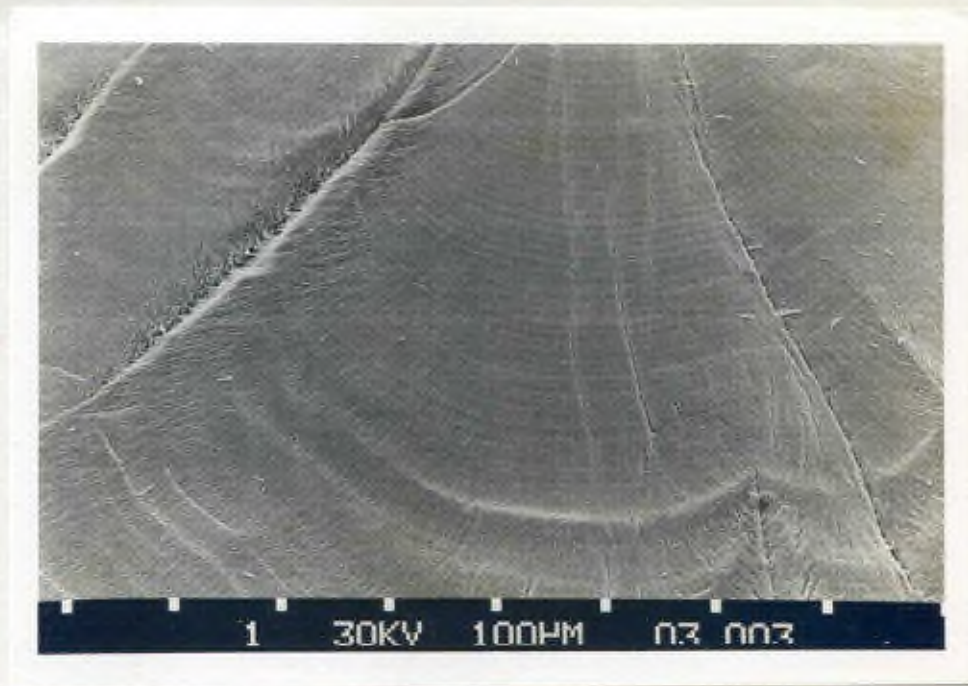
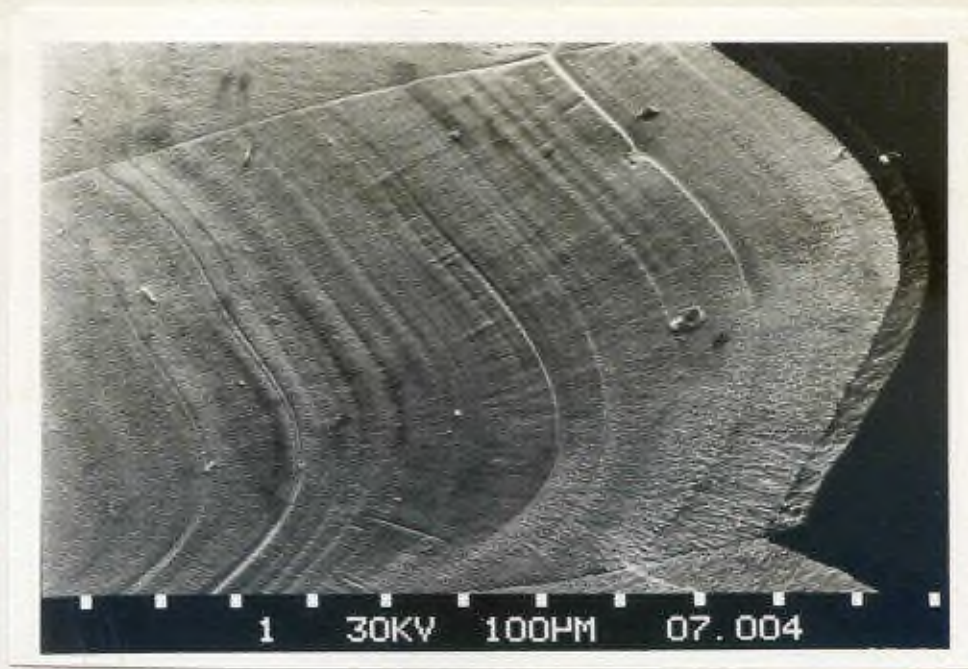
Durante el período de formación de bandas de crecimiento rápido tiene lugar una mayor producción de fibras orgánicas y cristales de aragonito que en el de crecimiento lento, siendo mayor la producción de aragonito (un 90 % del total) en relación a las bandas de otolina.

En el período de formación de bandas de crecimiento lento, la producción de bandas de otolina y aragonito es menor que en la fase anterior, pero la proporción de materia orgánica es mayor que la de inorgánica.

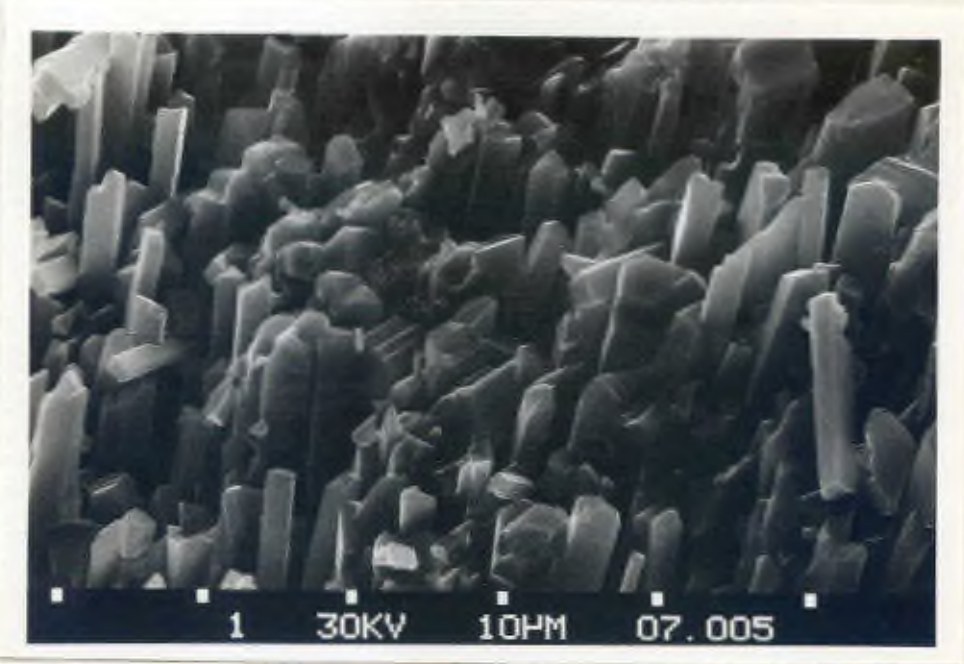
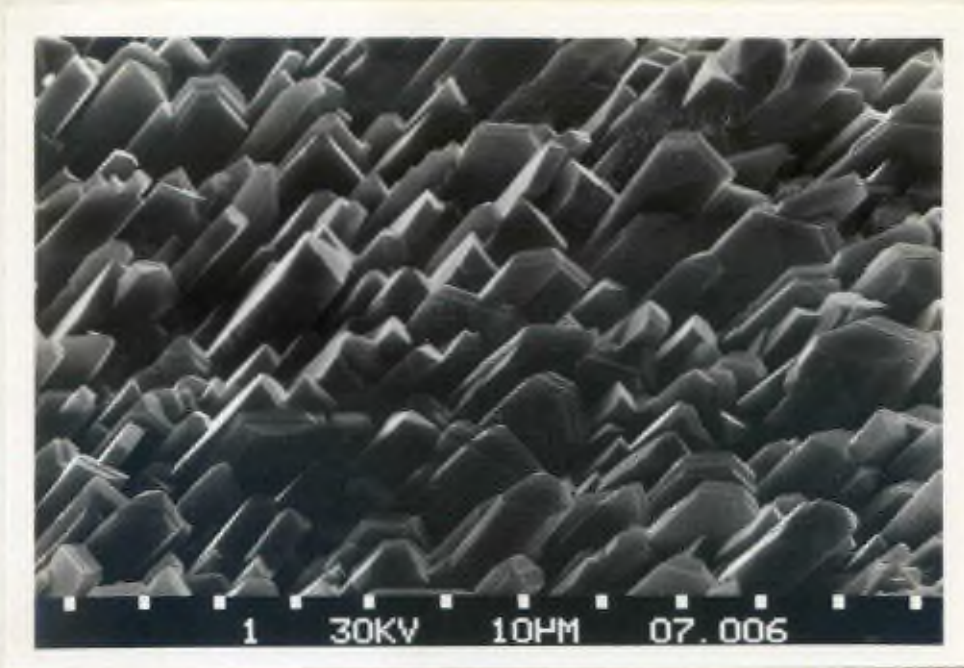
La razón del grosor de las bandas de crecimiento rápido y lento es de 1:20 en la etapa juvenil y de 1:3 en la adulta.

En las figuras II.15, II.16 y II.17 se aprecia la sección se una "sagitta" de Phycis blennoides, cercana al núcleo mostrando los incrementos de crecimiento diario. Obsérvense las capas de otolina en color oscuro y los cristales de aragonito en un tono más claro. De acuerdo con Pannella (1971) en Merluccius bilinearis, Gadus morhua y Urophycis chuss, las bandas de otolina llegan a alcanzar entre 0.5 y 2.5 u de grosor y las bandas de aragonito entre 0.5 y 1.0 u . La amplitud de estas bandas puede variar entre las distintas especies.

En la figura II.17 se denotan las zonas de crecimiento lento (borde inferior derecho de la fotografía, en un tono más claro) y rápido (resto de la fotografía, tono más oscuro). En ésta última los incrementos de crecimiento diario son más anchos y posiblemente con fibras de otolina más gruesas y cristales de aragonito más grandes en relación a los incrementos de las zonas de crecimiento lento.



Figuras II.8 y II.9 Electromicrofotografías (Scanning) de la sección longitudinal de una "sagitta" de Phycis blennoides, mostrando las bandas radiales y concéntricas de otolina, aumentado 100 y 137 veces respectivamente (superficie pulida).



Figuras II.10 y II.11 Electromicrofotografías (Scanning) de la sección transversal de una "sagitta" de Phycis blennoides, mostrando los cristales de aragonito, aumentado 1000 y 1870 veces, respectivamente.

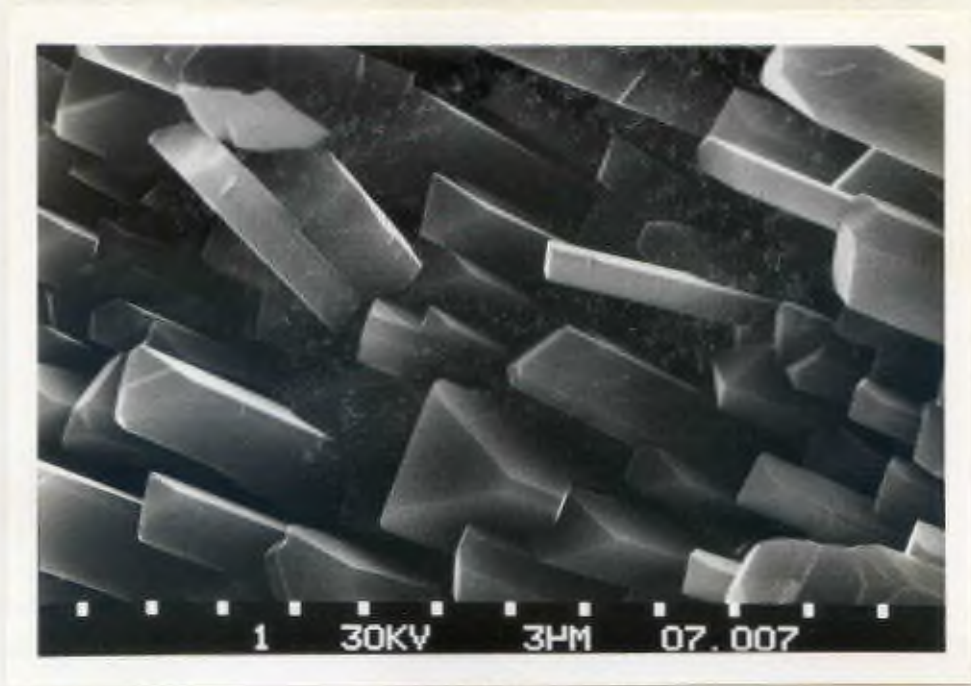


Figura II.12 Electromicrofotografía (Scanning) de la sección transversal de una "sagitta" de Phycis blennoides, mostrando los cristales de aragonito, aumentado 3.200 veces.

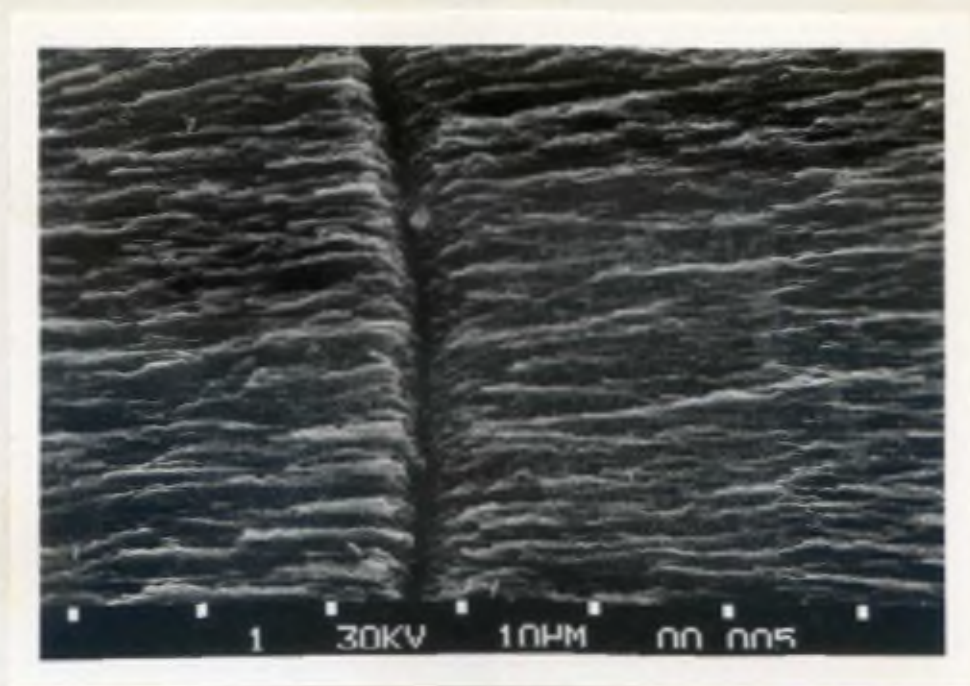


Figura II.13 Electromicrofotografía (Sanning) de la sección longitudinal de una "sagitta" de Phycis blenoides, mostrando una marca de detección del crecimiento y los cristales de aragonito desmineralizados, aumentado 1.640 veces (superficie pulida).

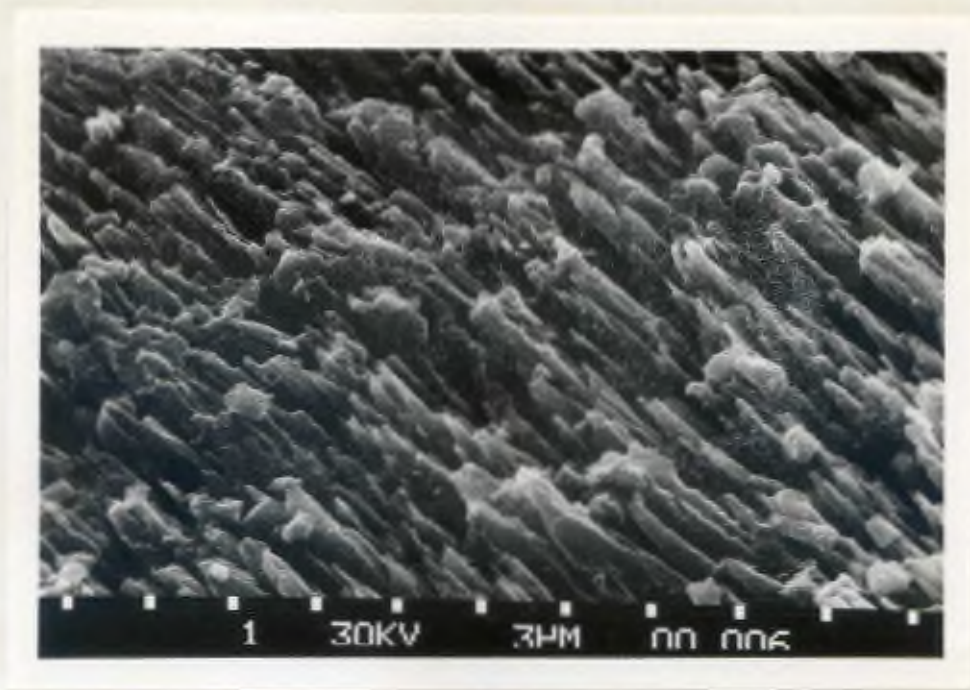


Figura II.14 Electromicrofotografía (Scanning) de la sección transversal de una "sagitta" de Phycis blennoides, mostrando los cristales de aragonito desmineralizados con H Cl al 0.1 normal, aumentado 3.600 veces (superficie pulida).

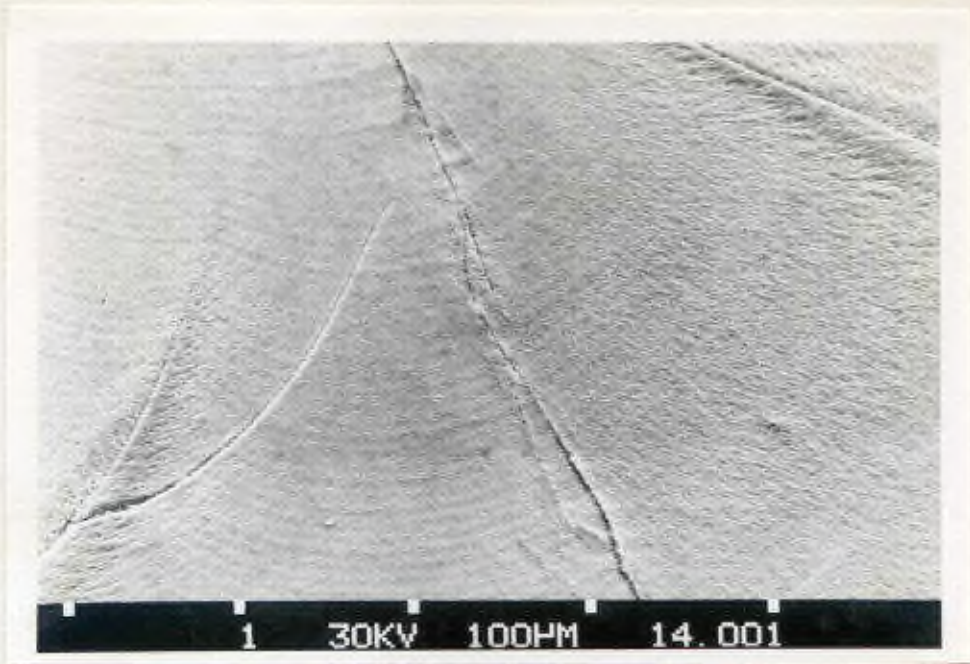
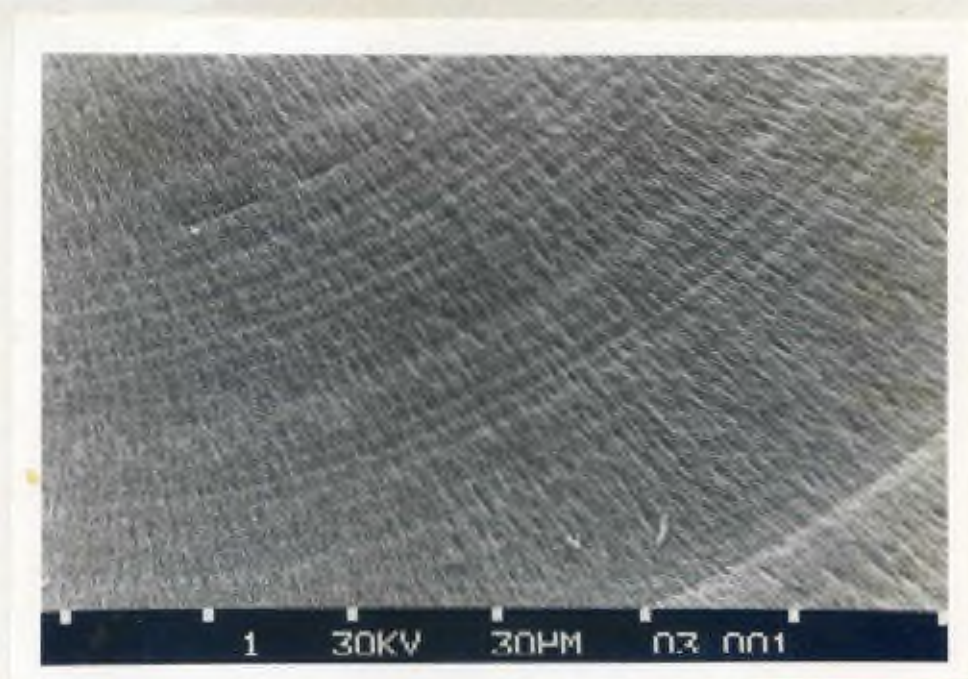
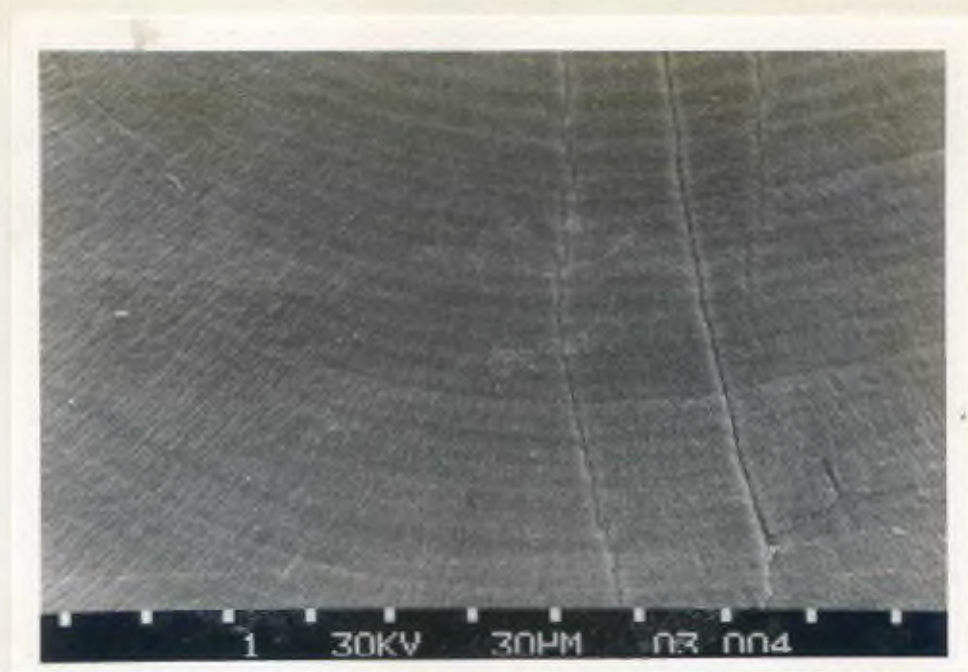


Figura II.15 Electromicrofotografía (Scanning) de la sección longitudinal de una "sagitta" de Phycis blennoides, mostrando los incrementos de crecimiento diario, aumentando 218 veces.



Figuras II.16 y II.17 Electromicrofotografías (Scanning) de la sección longitudinal de una "sagitta" de Phycis blennoides, mostrando los incrementos de crecimiento diario, aumentado 360 y 600 veces, respectivamente.

Composición cristalográfica

Introducción

Los otolitos de los vertebrados pueden estar compuestos por dos clases de sales de calcio: fosfato cálcico y carbonato cálcico.

La primera de estas sales sólo ha sido encontrada en ciclóstomos: Lampreta fluvialis y Myxine glutinosa, la difracción de rayos X de los depósitos encontrados en estas dos especies, dan un patrón similar al de la apatita presente en los huesos y dientes de los vertebrados, aunque en estos se encuentra sólo en estado coloidal, no cristalino.

El resto de los vertebrados presentan otolitos constituidos por carbonato cálcico, material que sólo aparece en esta estructura, en los huevos de las aves y en depósitos patológicos.

El carbonato cálcico anhídrico (Ca CO_3) puede cristalizar en tres estados diferentes: Calcita, Aragonito y Vaterita. Mientras que la calcita pertenece al sistema romboédrico, el aragonito y la vaterita cristalizan en el sistema ortorómbico.

En el carbonato cálcico en sus tres estados, polimórficos, los grupos CO_3 presentan planos paralelos entre sí, arreglo que explica la alta birrefringencia de estos carbonatos.

Bajo condiciones normales, la calcita es la estructura más estable y es a menudo la forma predominante del carbonato cálcico. Puede ser obtenida fácilmente in vitro, en estado

puro. El aragonito es menos estable y su transformación en calcita es generalmente un proceso muy lento.

La calcita, in vitro, a temperaturas elevadas (30-70°C) y en la presencia de pequeñas cantidades de Mg^{+2} , Sr^{+2} , Ba^{+2} , Pb^{+2} ó SO_4^{-2} puede formar aragonito. Bajas temperaturas parecen favorecer la precipitación de la vaterita, pero es difícil obtenerla en estado puro sin contaminación de las otras dos.

Debido a que las condiciones fisiológicas de la endolinfa son poco conocidas, no es posible explicar la formación en vivo del aragonito y la vaterita (Carlström, 1963).

La calcita es la estructura más común del carbonato cálcico y se encuentra formando los otolitos de los reptiles, aves y mamíferos y constituye las sales de los exoesqueletos de muchos invertebrados: foraminíferos, equinodermos y crustáceos (Chave, 1954).

El aragonito es menos común y se encuentra en estado puro en los exoesqueletos de hidrocorales y octocorales (Chave, op. cit.) y es el constituyente de los otolitos de elasmobranquios, peces pulmonados, teleósteos y anfibios (Carlström, op. cit.).

El aragonito y la calcita pueden presentarse mezclados en las conchas de moluscos y como constituyentes de las perlas (Wilbur, 1960).

La vaterita es muy rara en la naturaleza. Ha sido encontrada en los tejidos de regeneración de las conchas de gasterópodos en combinación con la calcita y el aragonito

(Mayer, 1931). También ha llegado a presentarse en calcificaciones patológicas como cálculos urinarios (Lagrenge, 1962).

Carlström (1969) reporta esta estructura como el componente del otolito de Acipenser sturio. Concluyendo que la presencia de vaterita pura en el laberinto de esta especie, indica la presencia de algún componente estabilizante.

El carbonato cálcico puede llegar a presentar un estado no cristalino, si el proceso de cristalización es interrumpido por la presencia de fosfato, resultando un material amorfo. Fenómeno que se presenta en los gastrolitos y caparazones de muchos crustáceos (Carlström, 1969).

Morris y Kittleman (1967) encontraron que el sodio está presente en los otolitos de los peces óseos en una concentración de 1-2 % en un mol de calcio. Por lo que sugieren la presencia de cristales de shortita $\text{Na}_2 \text{Ca}_2 (\text{CO}_3)$ y pirssonita ($\text{Na}_2 \text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) como un componente de los otolitos de los teleósteos.

Material y métodos.

Para poder estudiar la composición cristalográfica de las "sagittas" de Phycis blennoides, se ha empleado un Difractómetro de polvo de rayos X marca Philips, PW 1001, perteneciente al departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Central de Barcelona.

Para el análisis de la composición cristalográfica del otolito se siguió el siguiente proceso: los otolitos fueron lavados perfectamente con agua destilada para desprender los restos de materiales adheridos. Posteriormente fueron seca-

dos en una estufa a una temperatura de 50°C durante varias horas.

Una vez se comprobó que el material estaba completamente seco, se pulverizó empleando un mortero de ágata hasta obtener un fino polvo. A continuación se colocó una muestra del mismo de 0.1 g, sobre la cual se hizo incidir un haz de rayos X. El patrón de difracción fue registrado con radiación de cobre y pasado por un monocromado de grafito.

Resultados

En la figura II.18 se muestra el diagrama de difracción obtenido en el presente trabajo. Los ángulos de incidencia () aparecen al pie del diagrama, con valores de 20 a 69. En el resto de la figura se observan los picos correspondientes a las intensidades ópticas (I) obtenidos para cada ángulo.

En la tabla II.3 se muestran los valores de los ángulos de incidencia, a partir de los cuales se obtuvieron los valores de las distancias del retículo en amstrongs (dA) por medio de la ley de Bragg: $n = 2d \sin \theta$ donde: λ es la longitud de onda Cu, ($K_1 = 1.78892$ y $K_2 = 1.79278$ A°, empleándose en este caso el promedio de ambos). $d = a$ a la distancia del retículo en amstrongs y θ , es el ángulo de incidencia.

Los valores de la intensidad óptica (I) se obtuvieron a partir de una escala relativa, que consiste en medir con una regla en centímetros, la altura de los picos, asignándole al mayor de ellos el valor 100 y obteniendo a partir de

éste los valores relativos de los demás picos.

A continuación se compararon los valores obtenidos en nuestros análisis, con los correspondientes a las fichas características de otras substancias que aparecen en el Joint Committee on Powder Diffraction Standards, consultándose los referentes a la calcita y el aragonito. Siendo éste último (tabla II.4: ficha 5-0453 del J.C. P.D.S.) el que muestra valores de d_A (distancia del retículo en amstrongs) muy similares a los obtenidos en el presente estudio.

En la tabla II.3 se observa que en nuestros resultados, aparecen dos valores de d_A : 3.969 y 1.6182 correspondientes a los ángulos de incidencia 22.40 y 56.90 respectivamente, que no aparecen en el aragonito en estado puro (tabla II.4).

TABLA II.3

Valores obtenidos en el análisis cristalográfico del otolito de Phycis blennoides.

2θ	d_A	I
21.20	4.19	8
22.40	3.969	3
26.35	3.382	75
27.35	3.261	42
31.30	2.858	3
33.20	2.698	35
36.30	2.475	83
37.40	2.4045	17
38.00	2.368	23
38.60	2.332	100
41.30	2.186	18
43.10	2.099	100
46.00	1.9728	100
48.45	1.8786	59
50.35	1.8122	24
52.10	1.7554	7
52.50	1.743	18
53.10	1.7246	22
54.05	1.6966	3
56.90	1.6182	9
59.30	1.5582	12
60.30	1.5348	4
61.90	1.499	11
62.95	1.4764	6
63.50	1.465	14

TABLA II.4

Valores de dA (distancia del retículo en amstrongs) e I (intensidad óptica) del aragonito en estado puro. (Ficha característica).

<u>dA</u>	<u>I</u>
4.212	2
3.396	100
3.273	52
2.871	4
2.700	46
2.481	33
2.409	14
2.372	38
2.341	31
2.188	11
2.106	23
1.977	65
1.877	25
1.814	23
1.759	4
1.742	25
1.728	15
1.698	3
1.557	4
1.535	2
1.499	4
1.475	3
1.466	5

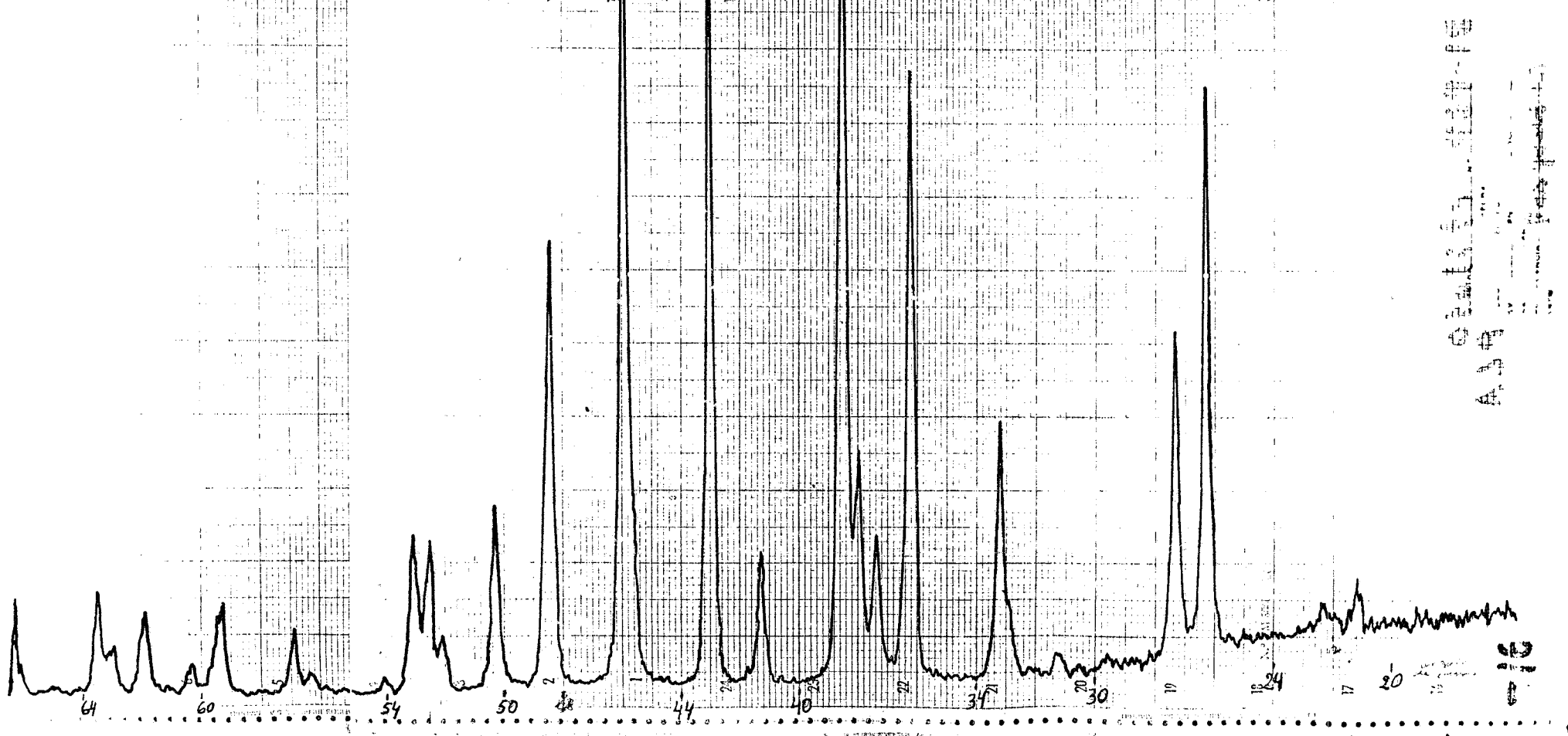


Fig. II.18 Diagrama de difracción obtenido del análisis cristalográfico del otolito de Phycis blennoides.

Estos valores pueden representar a ciertas sustancias impuras presentes en los otolitos de Phycis blennoides.

Para esclarecer el significado de estos picos de escasa intensidad, se consultaron las fichas del J.C.P.D.S., correspondientes a la shortita y pirssonita, pero en ninguno de los casos se observó alguna correspondencia entre nuestros valores con los de las sustancias comparadas. Por lo que podrían atribuirse a alguna otra sustancia constituyente del otolito, o bien ser efecto de ruido de fondo (ejem: vibración del aparato empleado durante nuestro estudio).

De lo anterior podemos concluir que el material inorgánico presente en las "sagittas" de Phycis blennoides está constituido por Ca CO_3 en forma de aragonito con un alto grado de pureza. Los resultados obtenidos coinciden con los hallados por Immermann, (1908), Brandenberger y Schintz, (1945), Sasaki y Miyata, (1955), Irie, (1955 y 1960) y Carlström, (1969) en las "sagittas" de otros teleósteos marinos.

No se registró la presencia de Ca CO_3 en forma de calcita, reportada por Devereux, 1967, como componente de los otolitos de los teleósteos marinos.

Tampoco se registró la presencia de cristales de shortita y pirssonita, citadas por Morris y Kittleman, (1967) como probables componentes del otolito de los teleósteos. Fenómeno que puede ser debido a las bajas concentraciones de Na en las "sagittas" (1-2 % en un mol de calcio) que impiden la detención de estas sustancias por las técnicas de difracción de rayos X.

Otolitos cristalinos

El análisis de los otolitos de Phycis blennoides revela la formación completa o parcial de otolitos cristalinos (figura II.19) en una proporción del 1.32 %.

Los otolitos cristalinos se presentan muy frecuentemente en los miembros de la familia Gadidae (Mankevich, 1966) como una disrupción parcial o alguna alteración en los mecanismos que controlan el crecimiento del otolito. Pueden producirse cuando la formación de la matriz orgánica es interrumpida por alguna sustancia presente. Generalmente uno de los otolitos es parcial o completamente cristalino, mientras que el otro es normal (Blacker, 1974).

En Gadus morhua, Pleuronectes platessa y Gadus aeglefinus los otolitos cristalinos formados parcial o totalmente, alcanzan un valor del 5 % (Blacker, 1974).

El porcentaje de otolitos cristalinos observados en Phycis blennoides no representa un valor muy elevado comparado con otros Teleósteos.



Figura II.19 Otolito cristalino de Phycis blennoides.

2.5 PATRON DE CRECIMIENTO ESTACIONAL

Tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento.

Se examinaron un total de 1132 "sagittas" pertenecientes a ejemplares de Phycis blennoides de 50 a 490 mm de longitud total, siguiendo un orden mensual, en cada caso se anotó si los bordes del otolito presentaban bandas de crecimiento rápido o lento, lo que permite conocer el momento de aparición de las mismas y relacionarlas con las circunstancias del momento.

Revisando la bibliografía, (figura II.20, apéndice) se observa una gran confusión entre las observaciones de los autores, las cuales en parte pueden deberse a una posible inversión de los términos hialino y opaco, originados por los diferentes medios de iluminación (Blacker, 1975).

En la mayoría de los casos las bandas de crecimiento lento aparecen durante el otoño y el invierno, correspondiendo a la época en que las condiciones son desfavorables y el crecimiento del pez se reduce (Hickling, 1933; Trout, 1954). Las bandas de crecimiento rápido aparecen durante la primavera o el verano que corresponden al período de máximo crecimiento (Dannevig, 1933; Molander, 1947).

Por otro lado, Irie, (1957 y 1960) establece que en varias especies, las bandas de crecimiento lento aparecen durante el verano, cuando los peces se alimentan activamente, mientras que las zonas de crecimiento rápido se forman en invierno-primavera cuando se reduce la actividad alimenticia del pez.

En el caso de la brótola, Phycis blennoides, los resultados han sido claros, en la figura II.21 y la tabla II.5 (apéndice), se observa que el porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento rápido en los bordes es mayor durante los meses de marzo, abril y mayo (primavera), mientras que el mayor porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento lento en los bordes aparecen durante los meses de septiembre, octubre y noviembre (otoño). Por lo tanto cada año se depositan una banda de crecimiento rápido y otra de crecimiento lento, permitiendo que la estimación de la edad basada en el número de bandas de crecimiento rápido y lento sea válida para Phycis blennoides.

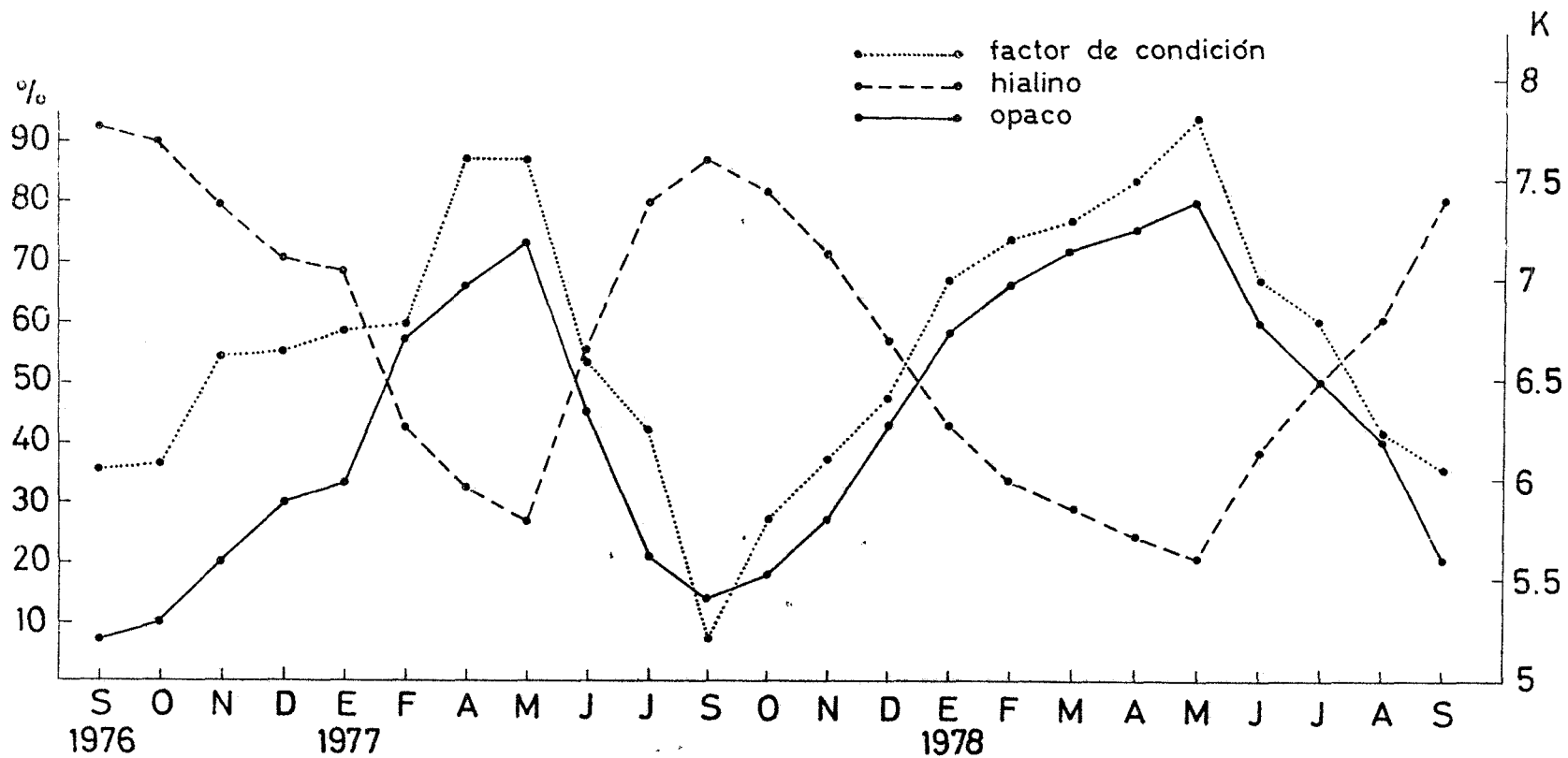


Figura II.21 Frecuencia de otolitos con el borde opaco y hialino; y valores del factor de condición.

Relación entre la formación de bandas de crecimiento y parámetros físicos y biológicos.

Las causas de la formación regular de las bandas de crecimiento rápido y lento, a través de un ciclo anual han sido estudiadas por diversos autores.

Temperatura

Dannevig, (1956) establece que la formación de las bandas de crecimiento rápido y lento en otolitos y escamas de bacalao, esta directa o indirectamente influidas por la temperatura.

Por otro lado, los experimentos de Molander, (1947) e Irie, (1960) muestran que peces que han sido mantenidos bajo condiciones constantes de temperatura y salinidad, presentan cambios estacionales en el patrón de crecimiento de las bandas del otolito y que el desarrollo de las mismas es independiente de estos parámetros.

Blacker, (1974) observa en la formación de las bandas de crecimiento del otolito, la repetición de un patrón estacional a través de una sucesión de años, resultados que no podrían obtenerse si la formación de dichas bandas dependiese absolutamente de factores ambientales.

La influencia de la temperatura en la formación de las bandas de crecimiento rápido y lento, en las "sagittas" de Phycis blennoides parece no tener un efecto directo. Los registros de la temperatura en los fondos de la plataforma y talúd continentales donde habita la brótola no presentan cambios estacionales marcados a partir de los 200 metros y has-

ta los 700 metros de profundidad, la temperatura oscila entre 12.75°C y 13.5°C en invierno y verano respectivamente (Capítulo I); dicha variación no se considera lo suficientemente significativa como para influir directamente en la formación de las bandas del otolito de Phycis blennoides.

Alimentación y desove

Hickling, (1933); Molander, (1947); Botha, (1970 y 1971) y otros, establecen una fuerte correlación entre las bandas de crecimiento rápido y lento y el nivel alimenticio por estaciones de diversas especies, demostrando que las bandas de crecimiento rápido, aparecen en aquellos períodos en que el pez se alimenta activamente mientras que las bandas de crecimiento lento se depositan en las épocas en que el pez se encuentra en condiciones desfavorables y su alimentación se reduce.

Bilton y Robbins, (1971) encuentran una gran influencia entre el nivel alimenticio y la formación de bandas de crecimiento en las escamas del salmón (Oncorhynchus nerka). Los ejemplares, mantenidos en acuarios, fueron sometidos a condiciones constantes de luz y temperatura durante períodos de tiempo regulares, un grupo de ellos fueron alimentados periódicamente mientras que el resto permaneció en ayunas. Durante el período de no alimentación no se formaron anillos en las escamas, ni se presentaron cambios en la longitud y peso de los ejemplares, por el contrario, los individuos que fueron alimentados periódicamente presentaron cambios en la longitud y peso, así como la formación de anillos de crecimiento, concluyendo que tales cambios están íntimamente relacionados con el alimento.

En el caso de Phycis blennoides, se encontró una fuerte correlación entre la formación de bandas de crecimiento rápido y lento y el nivel y época de alimentación del pez durante cada mes; determinado por medio del factor de condición:

$$K = \frac{P}{L^3} \times 100 \text{ (Fulton)}$$

(P = peso y L = longitud total del pez)

En la tabla II.6 (apéndice) y en la figura II.21, se observan los resultados obtenidos. El índice del factor de condición comienza a incrementarse a partir del mes de noviembre, alcanzando sus máximos valores en los meses de abril y mayo, época en que se forma la banda de crecimiento rápido.

Este período durante el cual el pez se alimenta más activamente, coincide con dos épocas de máxima productividad en el mar Catalán, correspondientes a los meses de noviembre-diciembre y febrero-abril. (Margalef, 1967). Este aumento de la productividad frente a las costas de Barcelona se deben a una mayor disponibilidad de nutrientes, principalmente nitratos y fosfatos procedentes de los niveles profundos donde son removidos por medio de dos movimientos ascensoriales de corrientes verticales turbulentas, relacionadas con los vientos de la componente suroeste. (Capítulo I). Lo que trae como consecuencia un aumento del zooplancton que se alimenta de él y de los diferentes organismos que integran la red trófica, incrementándose de esta manera las fuentes alimenticias de Phycis blennoides durante esta época.

El índice del factor de condición, decrece a partir del mes de junio, alcanzando su valor mínimo durante el mes de septiembre, época en que se forma la banda del crecimiento lento. Este descenso del valor del factor de condición puede estar asociado con la época de desove, que en esta especie ocurre durante los meses de julio y agosto, coincidiendo la formación de la banda de crecimiento lento, con lo cual se forma una sola banda.

Es muy probable que durante esta época el desgaste corporal del pez sea muy grande ya que su metabolismo se encuentra orientado hacia la formación de productos sexuales y su peso disminuye considerablemente. Por otra parte el valor del índice de repleción gástrica, alcanza un valor mínimo durante esta época (Capítulo IV) lo que demuestra que el pez se alimenta menos.

Edad

Pueden presentarse amplias variaciones en el tiempo de formación de la bandas de crecimiento rápido y lento, conforme se incrementa la edad del pez.

Dannevig, (1949) establece que en los peces de mayor edad, la zona opaca, comienza a formarse dos meses después que en los peces jóvenes.

Williams et al. (1974) observó en el bacalao del Mar Artico, que en individuos de dos años la formación de la banda de crecimiento rápido comienza en abril, mientras que en ejemplares de siete años ésta comienza a formarse a partir de junio.

Blacker, (1974) observa algo similar en el bacalao del Mar del Norte (Figura II.20 apéndice).

En el caso de Phycis blennoides no se registró ningún cambio en las épocas de formación de las bandas de crecimiento a través de los grupos de edad, en todos los casos se observó que los valores obtenidos coincidían para cada una de las épocas mencionadas anteriormente.

2.6 RELACION ENTRE EL CRECIMIENTO DEL OTOLITO Y EL DEL PEZ

Para encontrar la relación existente entre estos dos aspectos del desarrollo, se han relacionado la longitud y la anchura del otolito con la longitud total del pez.

En la siguiente tabla y en las figuras II.22 y II.23 pueden observarse los resultados obtenidos, así como el cambio de ritmo cuando los peces alcanzan la talla de 170 mm de longitud total.

Medida considerada.	Long. total pez en mm.	Indice de regresión k	Indice de correlación
Long.	70-170	0.82	0.988
Long.	180-490	0.67	0.978
Long.	70-490	0.73	0.994
Anchura	70-170	0.83	0.994
Anchura	180-490	0.60	0.990
Anchura	70-490	0.70	0.994

Los valores en conjunto son negativos, $k = 0.73$ para la longitud y la anchura del otolito, respectivamente. Sin embargo, en el primer período los valores alométricos de k son de 0.82 y 0.83 respectivamente, indicadores de una alometría que tiende hacia la isometría, mientras que en el segundo período la relación alométrica es totalmente negativa, $k = 0.67$ y $k = 0.60$, respectivamente.

Como ya se ha mencionado el rango en el incremento de la longitud del pez decrece con la edad y esta variación puede asociarse con el comienzo de la época de la diferenciación gonádica.

Tales relaciones ocurren frecuentemente en muchas especies y particularmente en muchos miembros de la familia Gadidae (Hickling, 1933; Trout, 1954; Templeman y Squires, 1956; Mina, 1967; Harden Jones, 1969). En la bacaladilla, Micromesistius poutassou, esta diferencia es aún más acentuada que en Phycis blennoides, el valor del índice alométrico, en la relación entre la longitud del otolito y la longitud total del pez cuando este alcanza la talla de 150 a 160 mm de longitud total, pasa de 1617 (120-168 mm long. T) a 0.706 (170-300 mm long. total, Bas, 1966).

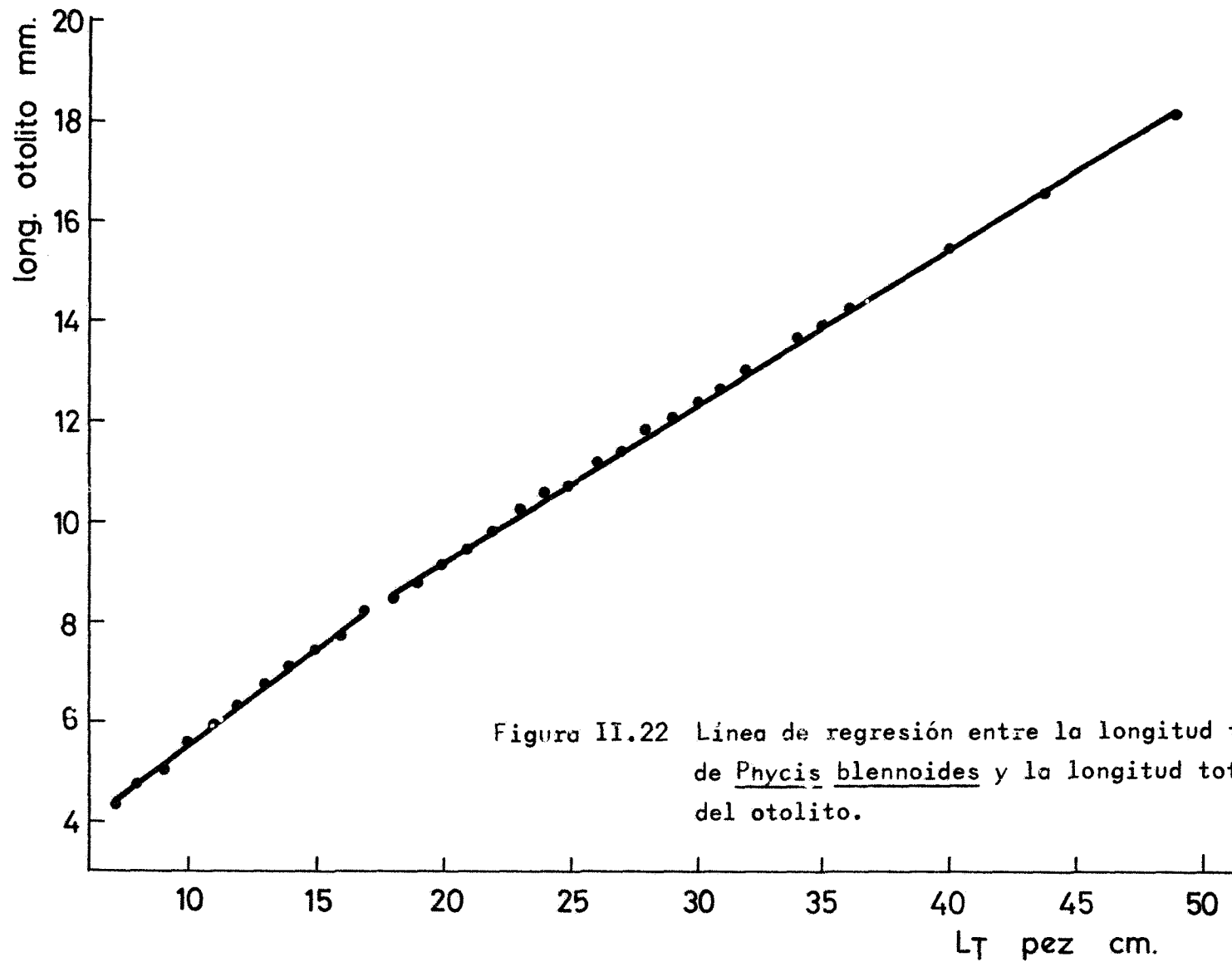


Figura II.22 Línea de regresión entre la longitud total de Phycis blennoides y la longitud total del otolito.

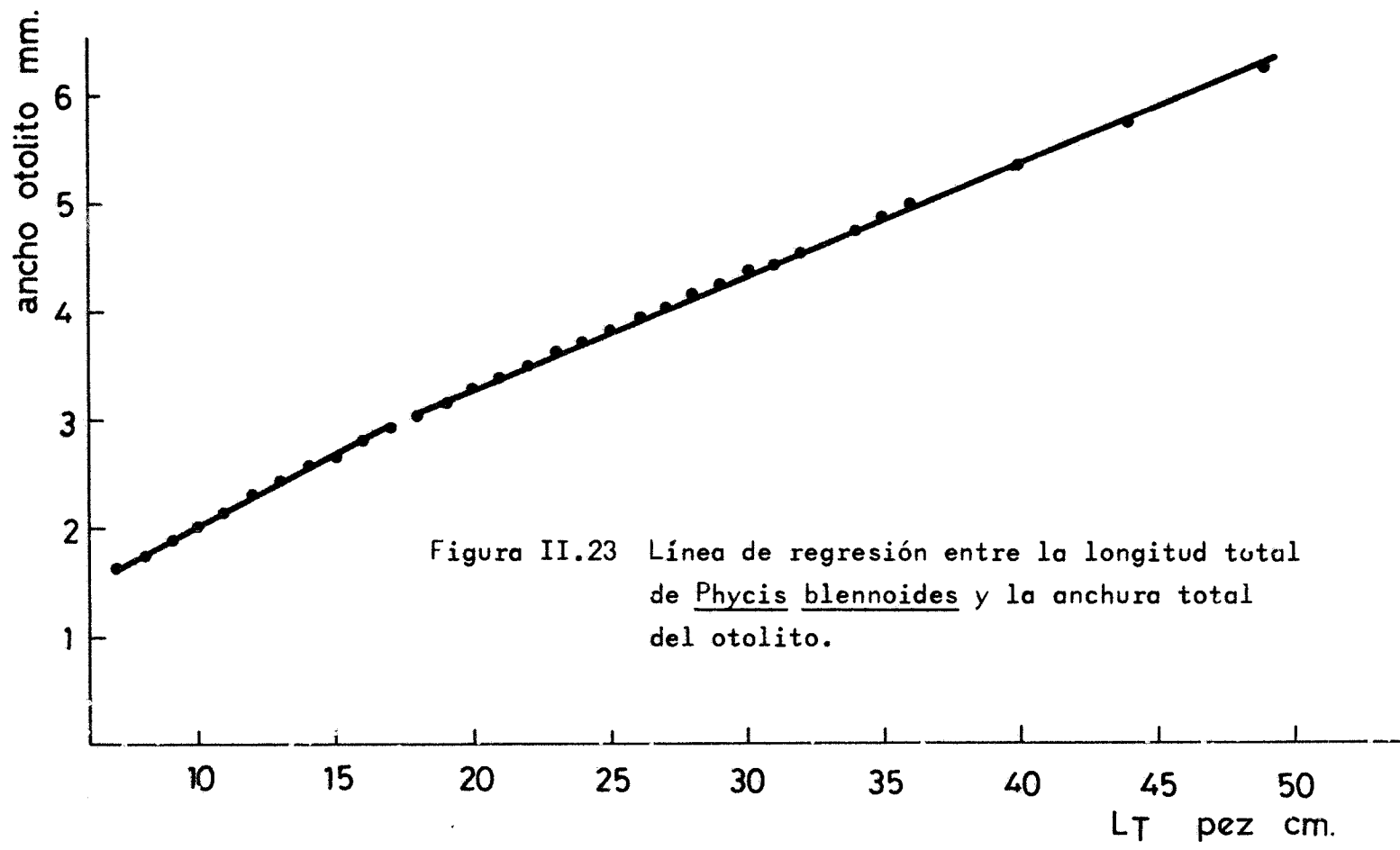


Figura II.23 Línea de regresión entre la longitud total de Phycis blennoides y la anchura total del otolito.

2.7 RELACION EDAD LONGITUD

La determinación de la edad de los peces es uno de los parámetros más importantes en el estudio de la dinámica de poblaciones. El conocimiento de la edad nos permite llevar a cabo el cálculo del crecimiento por medio del cual podemos estudiar la mortalidad, reclutamiento y otros importantes parámetros de la población.

Interpretación de los anillos de crecimiento

A partir de los resultados obtenidos en el análisis de los anillos de crecimiento (sección 2.4) y mediante la determinación del tiempo de formación de las bandas hialinas y opacas (sección 2.5) se ha elaborado la tabla II.7, en la que se muestran las longitudes medias del pez para cada edad.

TABLA II.7

Relación edad-longitud de *Phycis blennoides*

<u>Grupos de edad</u> <u>(años)</u>	<u>Long. media del pez</u> <u>(mm)</u>
0	80
1	132
2	177
3	215
4	250
5	280
6	320
7	340

La edad de los ejemplares estudiados se estableció contando el número de anillos hialinos que rodean al núcleo. Las bandas de crecimiento fueron contadas sin hacer distinción entre los otolitos derecho o izquierdo del pez, ya que el número de anillos demostró ser igual en ambos casos.

De los 1132 otolitos examinados, el 70 % pudieron ser estudiados sin gran dificultad, un 20 % tuvieron que ser revisados varias veces y un 10 % fueron descartados por no poderlos asignar a ningún grupo de edad.

Diferencia entre sexos.

En la tabla II.8, se muestran las longitudes medias para cada edad, separando machos y hembras.

TABLA II.8

Relación edad-longitud por sexos.

Machos		Hembras	
Grupos de edad (años)	Long. media (mm)	Grupos de edad (años)	Long. media (mm)
2	160	2	180
3	200	3	220
4	230	4	260
5	260	5	300
6	280	6	330
		7	360

Como puede observarse, las hembras alcanzan una longitud mayor que los machos a una misma edad. Este fenómeno se presenta frecuentemente entre los miembros de la familia Gadidae (Hickling, 1933; Botha, 1971; Wheeler, 1969; Blacker, 1974).

III ESTUDIO DEL CRECIMIENTO EN Phycis blennoides

3.1. CRECIMIENTO EN LONGITUD

3.1.1. Análisis de frecuencias de tallas

Método de Petersen

Introducción.

La determinación de la edad mediante el análisis de frecuencias de tallas de una población, fue utilizado, inicialmente por Petersen 1892, y se basa en la suposición de que en un mes ó estación del año, las tallas de los peces pertenecientes a los diferentes grupos de edad tienden a presentar una distribución normal. De tal manera que al representar la distribución de las frecuencias de tallas de una población en un gráfico, este presentará una serie de máximos modales que pueden interpretarse como la talla media de los peces a una edad determinada. Estudiando el movimiento de estas clases modales a lo largo de un año, podemos tener una idea del crecimiento.

Determinación de la edad de Phycis blennoides por medio del Método de Petersen.

Se midieron 5.349 ejemplares, capturados durante el transcurso de septiembre de 1976 a septiembre de 1978. (a excepción de los meses de marzo y agosto de 1977).

En la figura III.1, y en la tabla III.1 (apéndice), pueden observarse las frecuencias, en tantos por ciento, del número de individuos correspondientes a las diferentes clases de tallas.

El periodo de máxima freza ha sido determinado para el mes de julio y por lo tanto se considera este mes como

la fecha de nacimiento de la nueva generación, que comienza a aparecer en las pescas durante el mes de abril.

En la figura III.1 y en la tabla III.2, se muestra la evolución a lo largo del tiempo de la moda correspondiente a la clase anual "0", es decir a la nueva generación, siendo un poco menos precisas, las variaciones de las modas correspondientes a las edades restantes.

Podemos apreciar de esta manera, que en el mes de abril (1977-78) se ve una primera moda a los 80 mm, correspondiente a los ejemplares que aun no han cumplido su primer año de edad, y una segunda moda a los 170 mm, perteneciente a los individuos que han alcanzado su primer año de vida, y así sucesivamente.

Al llegar el mes de julio, la primera moda aparece a los 130 mm, y que corresponde a la edad "0", que en este mes se convierte en la clase anual "1"; la segunda moda aparece a los 190 mm, indicando el paso de la clase anual "1" a la clase anual "2". Las edades "3", "4" y "5" están representadas en este mes por las modas que aparecen a los 220, 240 y 270 mm respectivamente.

TABLA III.2

Tallas modales para cada grupo de edad a lo largo del año 1977

Talla en mm para cada clase anual

<u>Mes</u>	<u>"0"</u>	<u>"1"</u>	<u>"2"</u>	<u>"3"</u>	<u>"4"</u>	<u>"5"</u>
Julio		130	190	220	240	270
Septiembre		145	190	220	250	
Octubre		---	190	220	250	
Noviembre		150	---	220	250	
Diciembre		---	190	---	250	
Enero		150	190	220	---	
Febrero		---	190	220	250	
Abril	80	170	190	220	250	
Mayo	110	180	200	220	260	
Junio	120	185	210	230	260	

En los meses correspondientes a 1976 y 1978, se observan valores semejantes a los obtenidos para los meses del año de 1977.

De esta forma, al análisis de frecuencias de tallas, mediante el Método de Petersen, nos permite una apreciación de las tallas correspondientes a los distintos grupos de edad, siendo además posible observar que el crecimiento se lleva a cabo durante la primavera, disminuyendo durante los meses de otoño e invierno.

En la tabla III.3, se muestran las tallas pertenecientes a cada clase anual, correspondiendo a la clase anual "0" la talla alcanzada durante el mes de abril, en que la nueva generación de brótola cumple 8 meses de edad,

y para las clases anuales restantes la talla alcanzada durante el mes de julio.

TABLA III.3

Talla para cada grupo de edad determinada por el Método de Petersen.

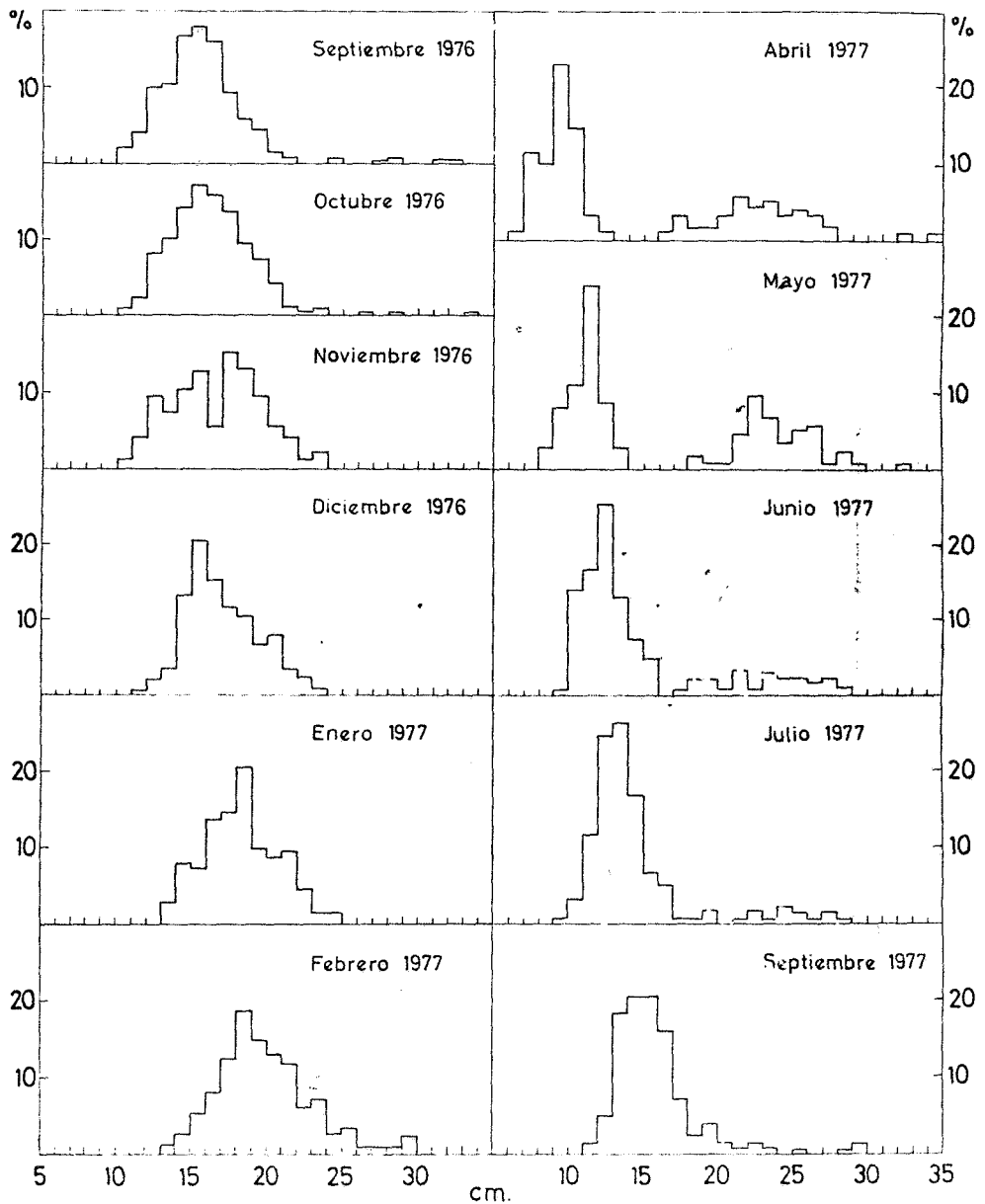
<u>Clase anual</u>	<u>Talla en mm</u>	<u>Mes considerado</u>
"0"	80	Abril
"1"	130	Julio
"2"	190	Julio
"3"	220	Julio
"4"	240	Julio
"5"	270	Julio

El método de Petersen presenta varias inexactitudes en la determinación de la edad de los peces.

En Phycis blennoides el crecimiento es más intenso durante sus primeras etapas de desarrollo, por lo que en los ejemplares de las clases anuales "0", "1" y "2" hay una manifiesta diferencia de talla, lo que no ocurre en los peces de mayor edad, produciéndose a partir de la clase anual "4", superposiciones entre los máximos modales que impiden la determinación de clases anuales superiores a "5".

Sin embargo, el método resulta adecuado para un examen previo, de la composición de tallas de la población, con el fin de disponer de una base para un estudio posterior de la edad, y principalmente para un reconocimiento de las tallas de las primeras edades.

Un avance sobre el método de Petersen, lo constituyen las técnicas propuestas por Hazen, 1913; Harding, 1949; Cassie 1950, 1954, 1963; y Bhattacharya, 1967. que intentan discriminar las sobreposiciones de las distribuciones normales y ayudan a interpretar los histogramas de que disponemos. A continuación se presenta un análisis y aplicación de los mismos.



-Fig. III.1 Histogramas mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas de Phycis blennoides.

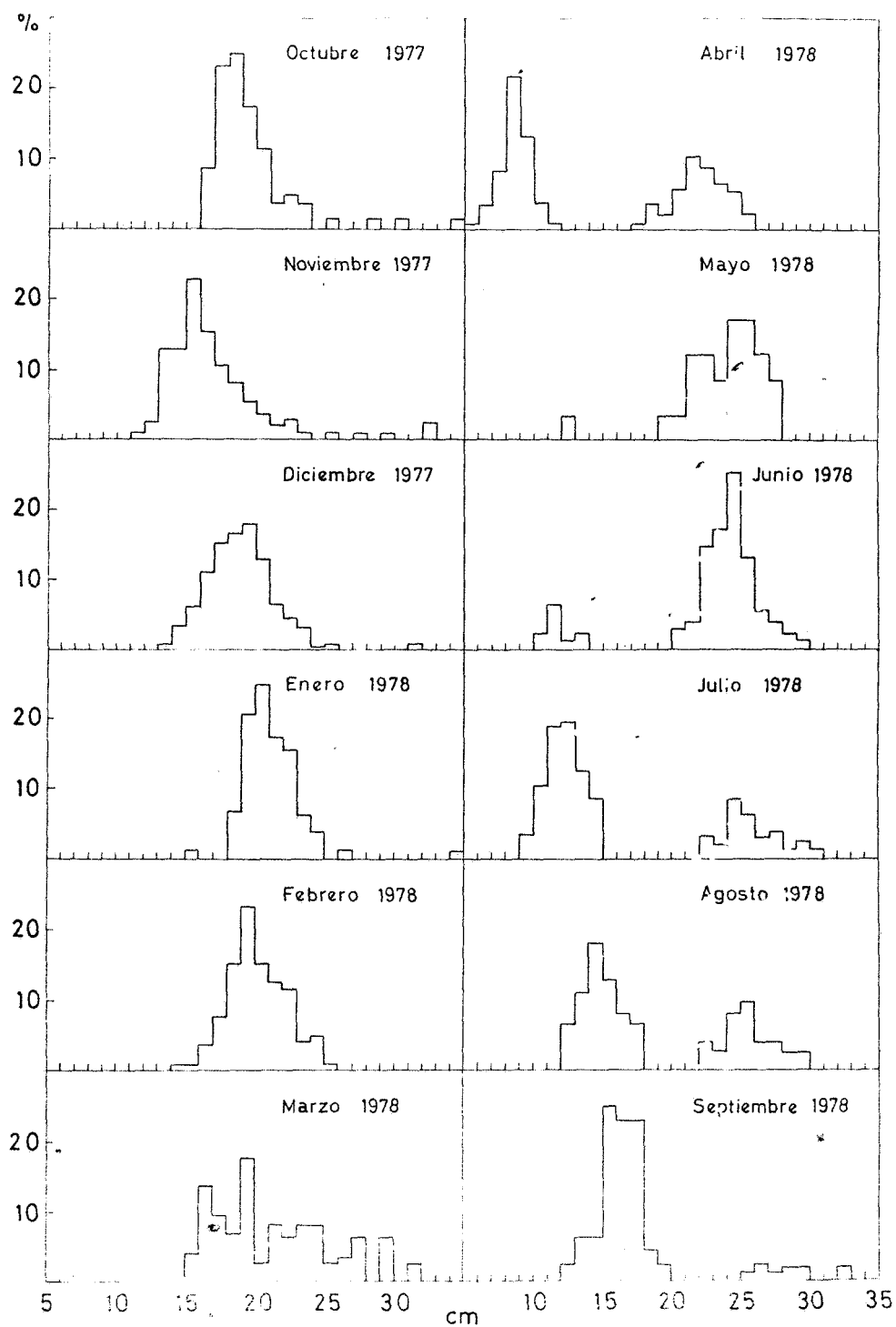


Fig. III.1 Histogramas mensuales de las distribuciones de de frecuencias de Phycis blennoides.

Método del papel de probabilidades

Introducción.

Hazen (1913), utilizó el método del papel de probabilidades para el estudio del flujo del agua en los ríos, que consiste en un sistema de coordenadas, de las cuales, las abscisas representan los tantos por cientos acumulativos, desde 0.1 a 99.9, y las ordenadas corresponden a una escala normal de valores, (ejemplo: clases de tallas).

Harding (1949), realizó una aplicación de este método al estudio de las distribuciones de frecuencias polimodales.

Más tarde Cassie (1950, 1954 y 1963) aplica esta técnica eliminando algunos errores del método original, referentes a la sobreposición de puntos de las distribuciones de frecuencias que componen la curva polimodal.

Método

Se calculan los tantos por cientos acumulativos de la serie de frecuencias de tallas. Se colocan en un gráfico, obteniéndose una sucesión de puntos dispuestos en varias alineaciones rectas separadas por inflexiones. Cada alineación representa una distribución de frecuencias, y los puntos de inflexión corresponden a las clases de tallas intermedias entre dos distribuciones unimodales.

La longitud media y la desviación standard se calculan de la siguiente manera: los valores de los porcentajes acumulativos de la primera alineación de puntos, se multiplican por el cociente, obtenido de dividir 100 entre el valor del porcentaje acumulativo del punto de la primera inflexión,

con lo que se obtiene una nueva sucesión de puntos, que representan una distribución unimodal.

Se traza una línea recta, a través de la nueva serie de puntos, donde dicha recta corta a la perpendicular al eje de las abscisas en el 50 %, corresponderá a la longitud media (leyendo en el eje de las ordenadas), y donde corta a las perpendiculares a 15.87% y 84.13%, se obtienen dos valores; restando cada uno de ellos a la longitud media se calcula la desviación standard.

Para el siguiente grupo de edad, se obtienen los porcentajes acumulativos de la segunda alineación de puntos, y se multiplican por el cociente, obtenido de dividir 100 entre el valor del porcentaje acumulativo de la segunda inflexión. Se obtendrá así una nueva serie de puntos, cuya recta nos dará la longitud media y desviación standard, en los correspondientes puntos de intersección al 50%, 15.87% y 84.13% respectivamente; y así sucesivamente.

Aplicación del método del papel de probabilidades en la determinación de la edad de Phycis bennoides.

En la aplicación de este método, se han elegido las frecuencias de tallas correspondientes al mes de julio de 1977, por ser el período de máxima freza y nacimiento de la nueva generación.

En la tabla III.5, (apéndice) y en la figura III.2, se muestra la distribución de los porcentajes acumulativos correspondientes a 287 ejemplares.

Los puntos de inflexión corresponden a 93.3%, 94.9%, 97.3% y 99.3%.

La primera clase de edad, en este caso la edad 1, se obtiene multiplicando los porcentajes acumulativos de la primera alineación, por el cociente de $100/93.3$, en la tabla III.5 (apéndice) y en la figura III.2, se muestran los valores obtenidos. Trazando una línea recta, a través de la nueva sucesión de puntos, se obtiene para la clase de edad 1, una talla media de 124 mm y una desviación standard de 12 mm.

La distribución de la siguiente clase de edad, la edad 2, se obtiene de una manera similar, calculando los porcentajes acumulativos de las frecuencias de tallas, tratando estos valores independientemente de los anteriores.

Los porcentajes obtenidos se multiplican, por el valor del último porcentaje, correspondiente al segundo punto de inflexión, o sea por el cociente de $100/1.6$. La recta que une esta nueva sucesión de puntos, nos da una longitud media de 182 mm y una desviación standard de 10 mm.

Las edades restantes se obtienen realizando, los mismos cálculos que se siguieron para la edad 2. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla III.6.

Para obtener la longitud media y la desviación standard, de la edad "0", que no está representada en la distribución de tallas del mes de julio, por ser la época en que las brótolas más jóvenes, cumplen su primer año de edad, se ha aplicado este método, a los datos obtenidos para el mes de abril de 1977, período en que éstas aparecen en las pescas.

Realizada la misma operación con la distribución del mes de abril, se obtiene la tabla III.7 (apéndice), y la fi-

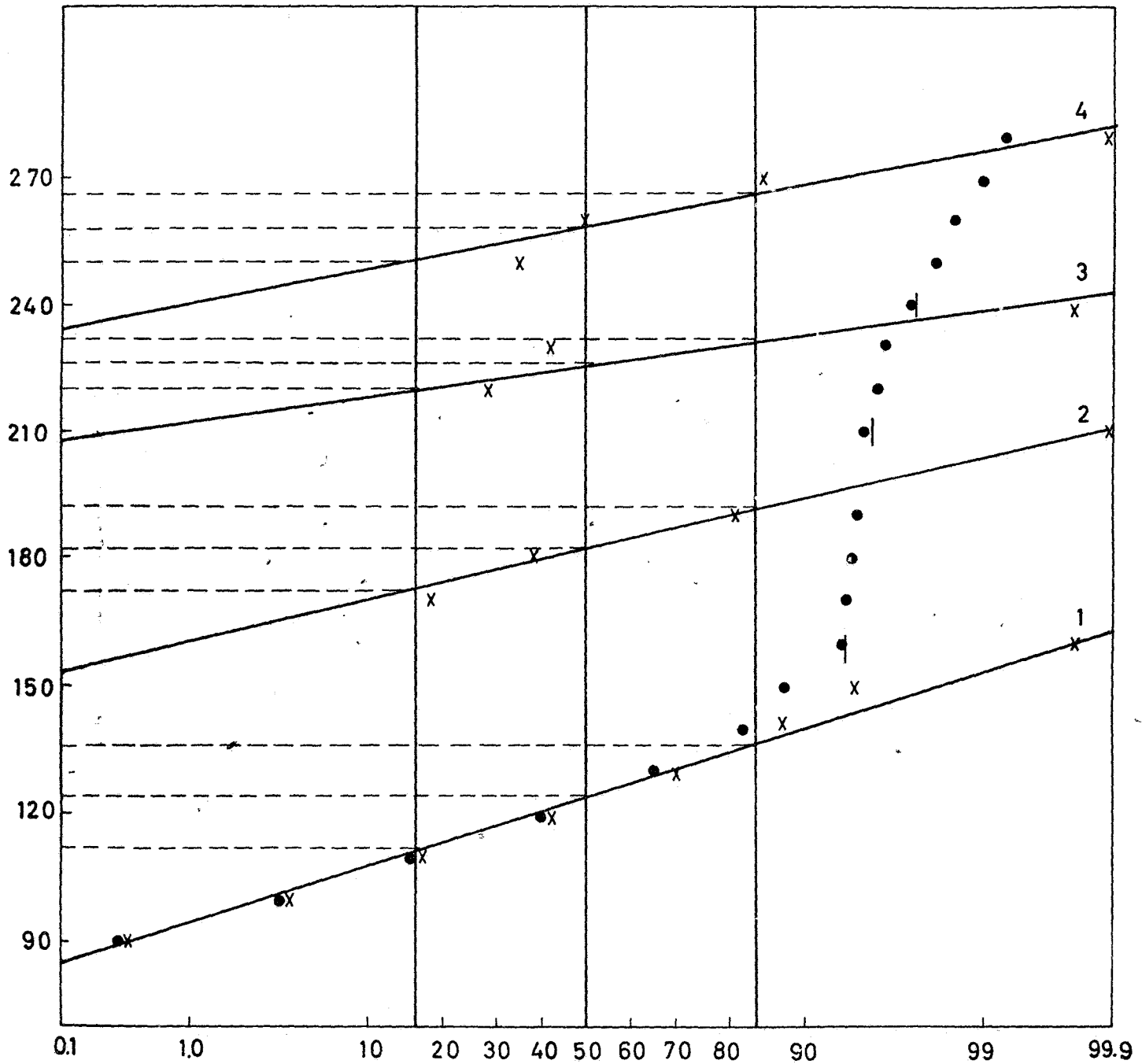


Fig. III.2 Análisis por medio del papel de probabilidades de la distribución de frecuencias de tallas del mes de julio de 1977.

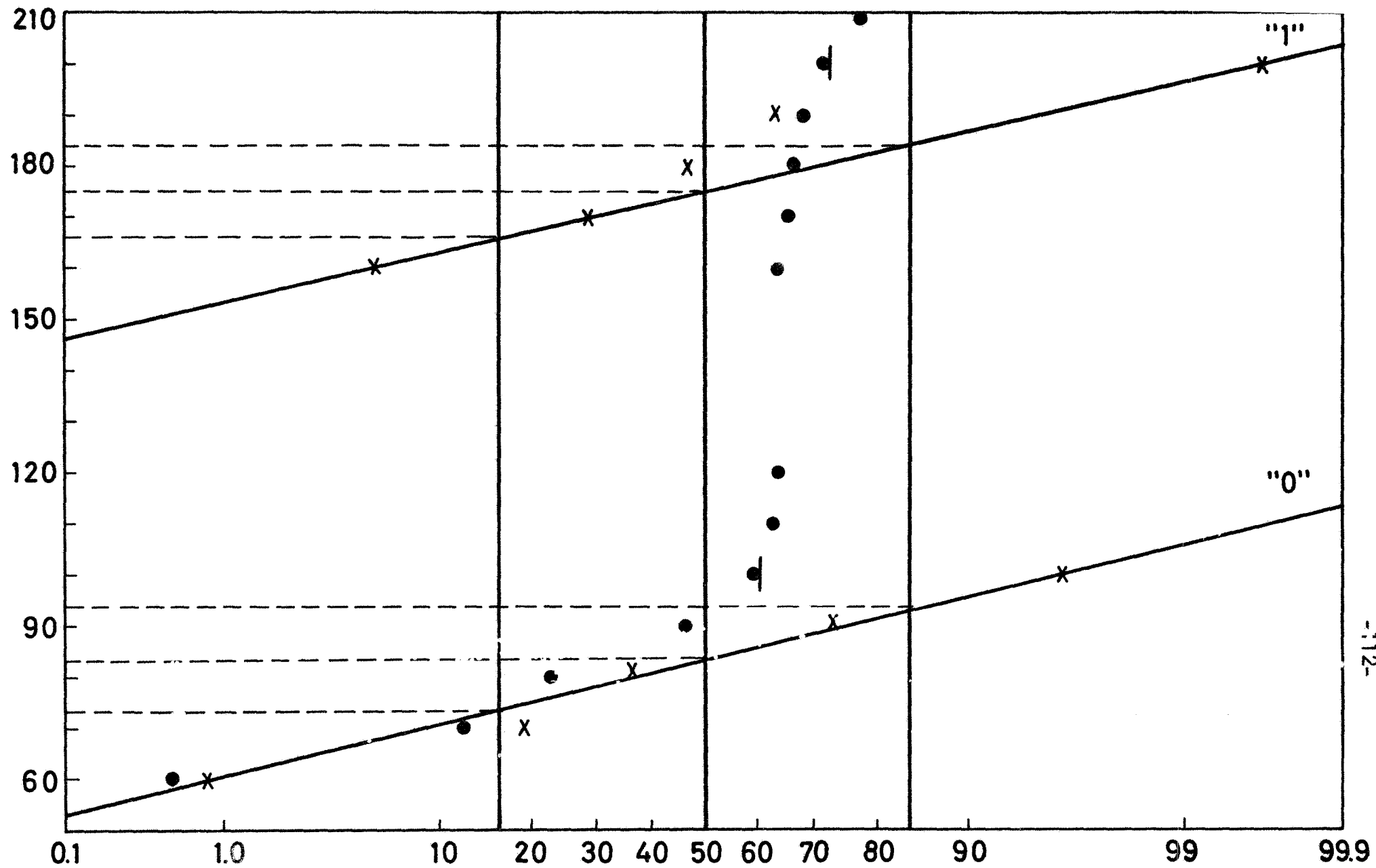


Figura III.3 Análisis por medio del papel de probabilidades de las frecuencias del mes de abril de 1977

gura III.3. En ella se distinguen dos inflexiones que corresponden a 63.1% y 77.4%. Sometidos al tratamiento anterior los datos de estas dos primeras series de puntos, se obtiene para la clase de edad "0", una talla media de 83 mm y una desviación standard de 10 mm; y para la clase de edad "1", una talla media de 175 mm y una desviación standard de 9 mm.

TABLA III.6

Talla para cada edad determinada por el método del papel de probabilidades.

<u>Grupos de edad</u>	<u>Longitud media mm.</u>	<u>Desviación standard mm.</u>	<u>Mes considerado</u>
"0"	83	10	Abril
"1"	124	12	Julio
"2"	182	10	Julio
"3"	225	6	Julio
"4"	258	8	Julio

El método de Cassie, puede resultar adecuado y proporcionar buenos resultados, en el estudio de la determinación de la edad. Sin embargo en el estudio de algunas poblaciones de peces, como es el caso de la brótola del Mediterráneo Occidental, puede presentar algunas estimaciones erróneas.

Las curvas obtenidas por medio de este método, dependen muy estrictamente, de la determinación del lugar que ocupan los puntos de inflexión, los cuales suelen aparecer con muy poca claridad, resultando más práctico, en muchas ocasiones, hacer una revisión y comparación sobre el histograma original de frecuencias de tallas, que localizar

los puntos de inflexión sobre el papel de probabilidades. La bondad del ajuste de esta técnica, depende de la claridad con que se presenten las curvas polimodales obtenidas en los histogramas de Petersen.

Método de Bhattacharya

Introducción.

Bhattacharya, 1967; propone un método para separar las sobreposiciones de los elementos de las distribuciones normales, mediante el análisis de la frecuencia observada.

Este autor en el desarrollo de su método, se basa en las técnicas empleadas por: Buchanan-Wollasten y Hodgeson (1929), Oka (1954) y Tanaka (1962), que consideran el logaritmo de las frecuencias de tallas, como una función cuadrática del punto medio de la clase.

A diferencia de estos autores, Bhattacharya emplea las diferencias de los logaritmos de las frecuencias de tallas, de dos clases consecutivas, para la obtención de líneas rectas en un gráfico que representan los componentes de la curva de Gauss, a partir de las cuales, obtiene la longitud media y la desviación standard, por medio del siguiente desarrollo matemático:

A partir de la ecuación

$$y = \int_{x-h/2}^{x+h/2} \sum_{i=1}^k \frac{N_i}{2} e^{-(v-u_i)^2 / 2\sigma_i^2} dv \approx$$

$$\approx \int_{x-h/2}^{x+h/2} \frac{N_r}{\sigma_r \sqrt{2\pi}} e^{-(v-u_r)^2 / 2\sigma_r^2} dv$$

donde: y denota la frecuencia en el punto medio de la clase x ,
 h el intervalo de las clases de tallas,
 k el número de componentes,
 N_i la frecuencia total del componente i th,
 u_i la longitud media i th,
 σ_i la desviación standard i th.

Escribiendo $v = x + \sigma_r u$, se obtiene:

$$y \approx N_r \int_{-h/2\sigma_r}^{h/2\sigma_r} z(tr + u) du =$$

$$= N_r \int_{-h/2\sigma_r}^{h/2\sigma_r} \sum_{s=0}^{\infty} \frac{z^{(s)}(tr)}{s!} u^s du = N_r \sum_{s=0}^{\infty} \frac{z^{(s)}(tr)}{s!} \int_{-h/2\sigma_r}^{h/2\sigma_r} u^s du$$

donde: z representa la densidad de la función, en una des-
 viación standard normal,

$z^{(s)}$ es la derivada s th

$$tr = (x - u_r) / \sigma_r$$

Por medio de la integración w.r.t., u y $z^{(s)}(t)$, (expresada como un producto de $z(t)$) y por los polinomiales de Hermite del grado s th; se obtiene:

$$y \approx \frac{H N_r}{\sigma_r \sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} \left\{ 1 + \frac{t^2 - 1}{6} \left(\frac{h}{2\sigma_r} \right)^2 \right\}$$

suprimiendo los términos que incluyen h^5 , y valores mayores de h .

Por medio de logaritmos, y suprimiendo los términos que incluyen h^4 , se tiene:

$$\log y \approx \log \frac{hN_r}{\sigma_r \sqrt{2T}} \approx \frac{h^2}{24\sigma_r^2} - \frac{\sigma_r^2 - (h^2/12)}{2\sigma_r^2} t^2$$

y:

$$\Delta t^2 = 2h(x - u_r + h/2) / \sigma_r^2$$

de donde:

$$\Delta \log y \approx -h(\sigma_r^2 - h^2/12)(x - u_r + h/2) / \sigma_r^4$$

lo que muestra que en el gráfico de: $\Delta \log_{10} y$ vs. x , se obtiene una línea recta de pendiente negativa igual a:

$$-h(\sigma_r^2 - (h^2/12)) / \sigma_r^4$$

Cuando trazamos el gráfico correspondiente, puede ser necesario escoger diferentes escalas para x y $\Delta \log_{10} y$. Si b y d representan las escalas de x y $\Delta \log_{10} y$ respectivamente, la pendiente se convierte:

$$-dh(\sigma_r^2 - h^2/12) / h\sigma_r^4$$

siendo θ_r un ángulo agudo, en la porción negativa del gráfico, que forman las rectas obtenidas en el eje de las abscisas. Entonces $a = b \tan \theta_r / dh$

$$a\sigma_r^4 - \sigma_r^2 + \frac{h^2}{12} = 0$$

$$\sigma_r^2 = \frac{1 \pm \sqrt{1 - (ah^2/3)}}{2a} \quad \text{o} \quad \frac{1 \pm \sqrt{1 - (ah^2/6)}}{2a}$$

suprimiendo los términos que incluyen h^4 y valores mayores de h , se tiene:

$$\sigma_r^2 \simeq h^2/12 \quad \text{ó} \quad 1/a - h^2/12$$

a partir de esta segunda expresión, se obtiene:

$$\sigma_r^2 \simeq 1/a - h^2/12 = dh \cot \theta_r/b - h^2/12$$

siendo λ_r el valor de \underline{x} , correspondiente al $\log_{10}y = 0$, entonces:

$$\lambda_r - u_r + h/2 = 0$$

$$u_r = \lambda_r + h/2$$

Cuando el intervalo de clases, h , no es constante, las diferencias pueden ser corregidas por medio de un proceso iterativo. Finalmente, Bhattacharya, propone una serie de métodos, para estimar las proporciones de mezcla de los diferentes componentes.

Método

- a) Se calculan los logaritmos en base diez, de la serie de frecuencias de tallas.
- b) Obteniéndose los incrementos del \log_{10} de las frecuencias (y), para clases de tallas sucesivas (x). Se traza un gráfico del $\Delta \log_{10}y$ contra el punto medio de las clases de tallas. En el gráfico aparecen una serie de puntos, cuyas alineaciones rectas, con pendientes negativas, representan los componentes de la curva de Gauss.
- c) El punto de intersección de cada una de las rectas obtenidas en el eje de las abscisas, nos dan una serie de valores λ_r , a partir de las cuales, se obtienen las longitudes

medias, para cada grupo de edad, por medio de la aplicación de la ecuación:

$$\hat{u}_r = \hat{\lambda}_r + h/2$$

donde \hat{u}_r representa la longitud media, y h, el intervalo de las clases de tallas.

d) Las desviaciones standard, se calculan de la siguiente manera: se obtiene el valor de cada uno de los ángulos agudos $\hat{\theta}_r$, en la porción negativa del gráfico, que forman las rectas obtenidas en el eje de las abscisas.

Los valores $\hat{\theta}_r$, se aplican a la fórmula:

$$\sigma_r^2 = (dh \cot \hat{\theta}_r / b) - (h^2/12)$$

donde σ_r^2 , representa la desviación standard; b y d denotan las escalas relativas para x y $\Delta \log_{10} y$, respectivamente.

Aplicación del método de Bhattacharya en la determinación de la edad de Phycis blennoides.

Este método ha sido aplicado para el análisis de las distribuciones de frecuencias de tallas, correspondientes al mes de julio de 1977, mismos datos que se emplearon en la aplicación del papel de probabilidades.

En la tabla III.8, se muestran las diferencias logarítmicas de las frecuencias de tallas.

En la figura III.4, de las diferencias logarítmicas de las frecuencias de clases de tallas, contra el punto medio de la clase, se muestran 5 líneas rectas, con pendiente negativa. La intersección de estas rectas en el eje de las abscisas, nos dan los siguientes valores de $\hat{\lambda}_r$ y $\hat{\theta}_r$:

$$\begin{array}{ll}
 \lambda_1 = 127.36 \text{ mm} & \hat{\theta}_1 = 76.5^\circ \\
 \lambda_2 = 174.50 \text{ mm} & \hat{\theta}_2 = 64.5^\circ \\
 \lambda_3 = 218.79 \text{ mm} & \hat{\theta}_3 = 83.5^\circ \\
 \lambda_4 = 241.65 \text{ mm} & \hat{\theta}_4 = 85.0^\circ \\
 \lambda_5 = 269.50 \text{ mm} & \hat{\theta}_5 = 84.0^\circ
 \end{array}$$

Aplicando la fórmula:

$$\hat{u}_r = \lambda_r + h/2$$

siendo $h = 10 \text{ mm}$

se obtienen las longitudes \hat{u}_r :

$$\hat{u}_1 = 132.36 \text{ mm}$$

$$\hat{u}_2 = 179.5 \text{ mm}$$

$$\hat{u}_3 = 223.79 \text{ mm}$$

$$\hat{u}_4 = 246.65 \text{ mm}$$

$$\hat{u}_5 = 274.50 \text{ mm}$$

y por medio de la ecuación:

$$\sigma_r^2 = (dh \cot \hat{\theta}_r / b) - (h^2/12)$$

Siendo $d = 4.343 \text{ cm}$, $b = 0.7 \text{ cm}$, $h = 1 \text{ cm}$.

se obtienen las desviaciones standard correspondientes:

$$\hat{\sigma}_1 = 11.85 \text{ mm}$$

$$\hat{\sigma}_2 = 16.9 \text{ mm}$$

$$\hat{\sigma}_3 = 7.9 \text{ mm}$$

$$\hat{\sigma}_4 = 6.78 \text{ mm}$$

$$\hat{\sigma}_5 = 7.54 \text{ mm}$$

La longitud media y desviación standard de la edad "0", fueron obtenidas a partir de la aplicación de este método a la distribución de frecuencias de tallas del mes de abril de 1978, periodo en que los ejemplares de Phycis blennoides,

TABLA III.8

Distribución de frecuencias de Phycis blennoides durante el mes de julio de 1977

<u>Clases de tallas (mm)</u>	<u>Punto me- dio(x) (mm)</u>	<u>Frecuencia(y) (nº de indiv.)</u>	<u>log₁₀y</u>	<u>Δlog₁₀y</u>
90--99	94.5	1	0	1
100--109	104.5	10	1	0.52
110--119	114.5	33	1.52	0.33
120--129	124.5	70	1.85	0.03
130--139	134.5	75	1.88	- 0.2
140--149	144.5	48	1.68	- 0.45
150--159	154.5	17	1.23	- 0.05
160--169	164.5	15	1.18	- 1.18
170--179	174.5	1	0	0
180--189	184.5	1	0	0.30
190--199	194.5	2	0.30	- 0.30
210--219	214.5	1	0	0.30
220--229	224.5	2	0.30	- 0.30
230--239	234.5	1	0	0.602
240--249	244.5	4	0.602	- 0.302
250--259	254.5	2	0.30	- 0.30
260--269	264.5	1	0	0.30
270--279	274.5	2	0.30	- 0.30
280--189	284.5	1	0	

pertenecientes a este grupo de edad aparecen en las pescas.

A continuación, se presentan las diferencias logarítmicas de las frecuencias, correspondientes a cada clase de tallas, (tabla III.9).

TABLA III.9

Distribución de frecuencias de Phycis blennoides durante el mes de abril de 1978.

<u>Clases de tallas (mm)</u>	<u>Punto medio (x)(mm)</u>	<u>Frecuencia (y) (nº de indiv.)</u>	<u>log₁₀y</u>	<u>Δlog₁₀y</u>
50-59	54.5	1	0	0.70
60-69	64.5	5	0.70	0.45
70-79	74.5	14	1.15	0.42
80-89	84.5	37	1.57	-0.21
90-99	94.5	23	1.36	-0.59
100-109	104.5	6	0.77	-0.77
110-119	114.5	1	0	

En el gráfico III.5 ($\Delta \log_{10}y$ vs x) se muestra la alineación de puntos y la recta obtenida, dando los valores siguientes:

$$\begin{array}{lll}
 \hat{\lambda}_1 = 76 \text{ mm} & \hat{\theta}_1 = 72.5^\circ & h = 1 \text{ cm} \\
 \hat{u}_1 = 81 \text{ mm} & \hat{\sigma}_1 = 11.34 \text{ mm} & b = 1 \text{ cm} \\
 & & d = 4.343 \text{ cm}
 \end{array}$$

En la tabla III.10, se muestran los resultados obtenidos por medio de este método para las edades de 0 a 5 años.

TABLA III.10

Talla para cada edad determinada por medio del método de Bhattacharya.

<u>Grupos de edad</u> <u>(años)</u>	<u>Long. media</u> <u>(mm)</u>	<u>Desviación</u> <u>standard</u>	<u>Mes</u> <u>considerado</u>
0	81	11.34	Abril
1	132.36	11.85	Julio
2	179.50	16.9	Julio
3	223.50	7.9	Julio
4	246.65	6.78	Julio
5	274.50	7.54	Julio

El método de Bhattacharya, puede ser útil en la determinación de la edad, siempre y cuando, los intervalos de las clases de tallas que se escojan sean pequeños y las frecuencias de cada clase estén bien representadas.

Las dificultades que presenta este método, surgen en la obtención gráfica de las líneas rectas, ya que en algunas ocasiones se observa la dispersión de algunos puntos, imposibles de alinear, resultando difícil establecer un criterio objetivo, sobre que puntos deben considerarse en el trazo de las líneas rectas. El problema puede acentuarse, si los componentes de la distribución, no están lo suficientemente espaciados, en el eje de las abscisas, y se observan superposiciones, lo que puede proporcionar graves errores en la estimación de la longitud media.

Los histogramas obtenidos por medio del método de Petersen, son bastante claros, pero el método de Bhattacharya puede resultar más rápido y simple que los propuestos por otros autores.

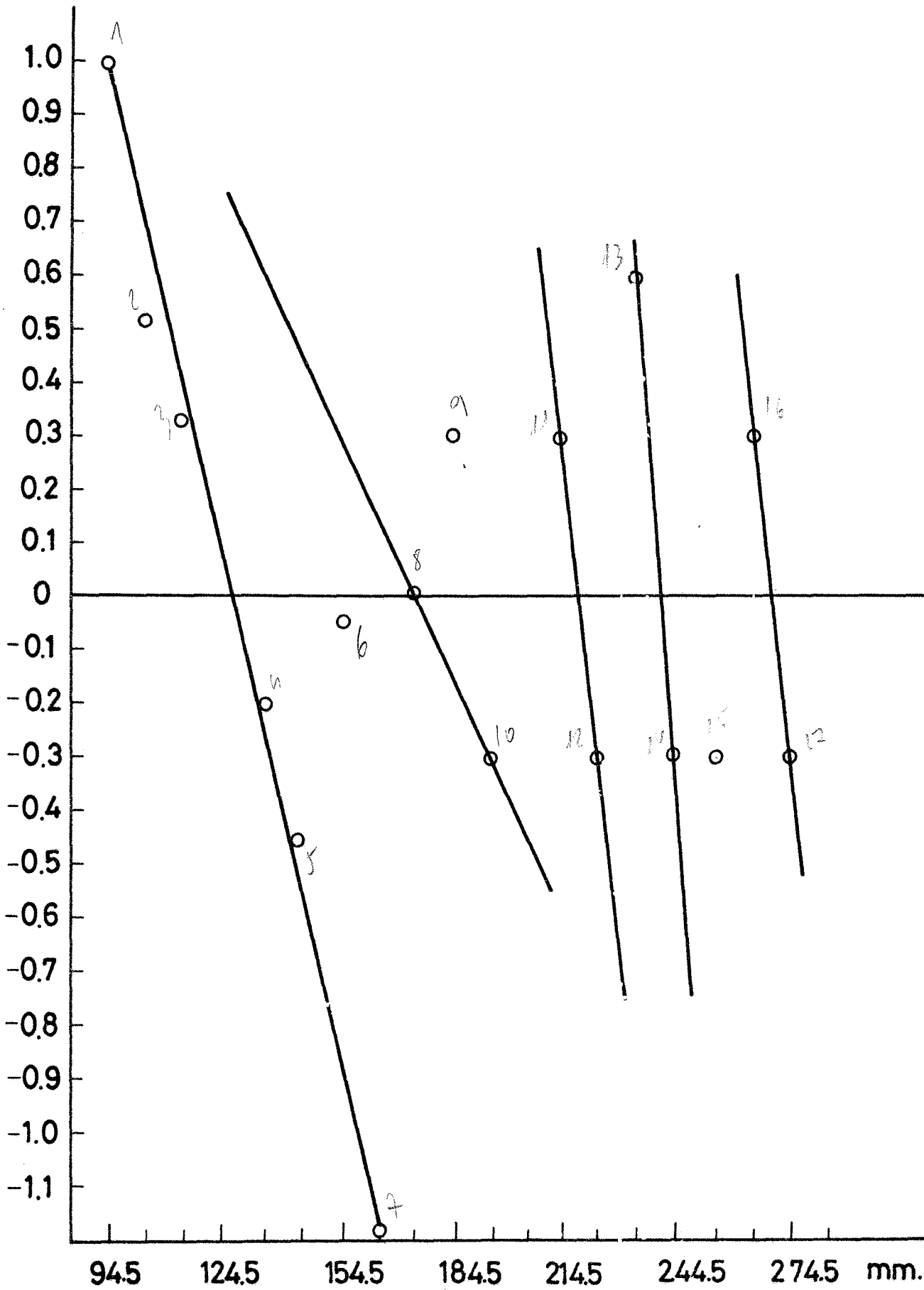


Figura III.4 Distribución de frecuencias de tallas de *Phycis blennoides* durante el mes de julio de 1977.

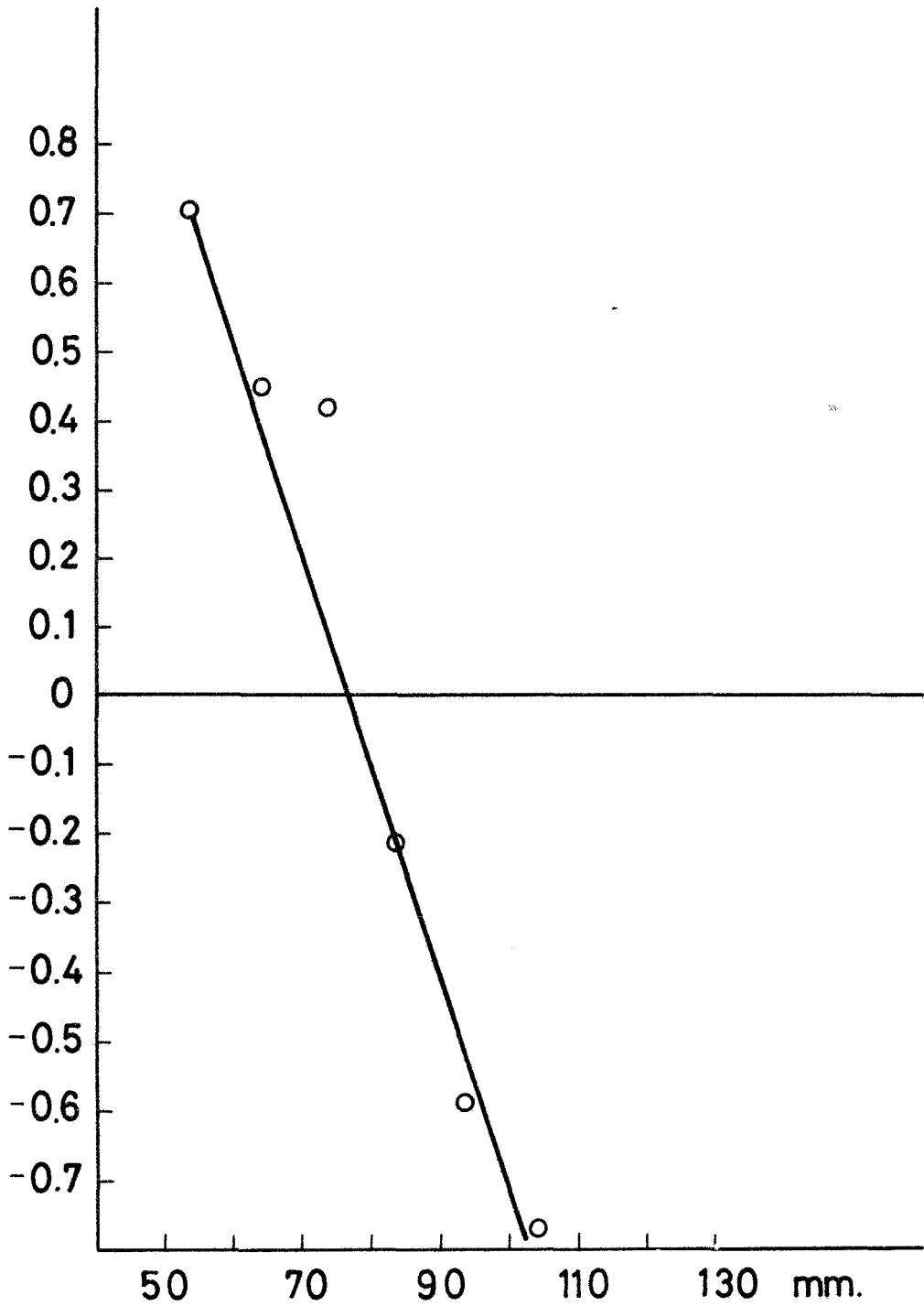


Figura III.5 Distribución de frecuencias de tallas de Phycis blennoides durante el mes de abril de 1977.

Valoración de los métodos empleados.

Los valores de las tallas para cada edad calculados mediante los métodos anteriores, aparecen en la tabla III.11. Dichos valores han sido comparados con los datos obtenidos por lectura de otolitos, por medio de una suma de los cuadrados de las diferencias, observándose lo siguiente:

a) Método de Petersen.

El valor de la longitud media en la edad "0" obtenido por esta técnica fue igual al observado por lectura de otolitos (tabla III.11). Los resultados fueron parecidos para la edad "1". Sin embargo a partir de la edad "2" las diferencias de las longitudes medias, obtenidas por estos dos métodos oscilan entre 5 y 13 mm.

El sistema de Petersen, permitió la identificación de seis grupos de edad, mientras que por medio del examen de otolitos se pudieron establecer ocho grupos. Esto se debe a que los histogramas de Petersen presentaron superposiciones entre los máximos modales, a partir de la edad "5", impidiendo determinar más de seis grupos de edad.

b) Método del papel de probabilidades.

Este método presentó una mejora general de los datos de Petersen, al obtenerse algunos valores más cercanos a los determinados por medio del examen de los otolitos. Sin embargo, tan solo logró corregir algunos valores, mientras que otros no.

La técnica de Cassie, no permitió determinar el grupo de edad "5", obtenido por el método de Petersen, lo que re-

presenta un mayor error, en comparación con los otros métodos.

c) Método de Bhattacharya.

En la determinación de la edad de Phycis blennoides, los valores obtenidos, por la aplicación de este método, resultaron ser los más próximos a los determinados por la lectura de los otolitos. Por lo que el proceso de separación de las sobreposiciones polimodales, desarrollada por este autor, resultó ser más rápido, sencillo y adecuado, que el propuesto por Cassie.

Los resultados obtenidos por estos métodos, pueden resultar adecuados, en la determinación de las tallas de los primeros grupos de edad. Proporcionando un criterio de comparación con los resultados obtenidos por lectura de otolitos, y una base para el estudio del crecimiento durante sus primeras etapas.

TABLA III.11 Valoración de los métodos empleados.

Edad (años)	Método				SD ²		
	Otolitos (mm)	Petersen (mm)	Cassie (mm)	Bhattacharya (mm)	Petersen (mm)	Cassie (mm)	Bhattacharya (mm)
0	80	80	83	81.0	0	9	1
1	132	130	124	132.36	4	64	0.1296
2	177	190	182	179.5	169	25	6.25
3	215	220	225	223.79	25	100	77.2641
4	250	240	258	246.65	100	64	11.2225
5	280	270		274.5	Σ 298	Σ 262	Σ 95.8662

EXPRESIONES MATEMÁTICAS DEL CRECIMIENTO

Ecuación de Brody

Brody (1927, 1945) observó en animales domésticos, que al trazar una gráfica de la longitud contra la edad, obtendría una curva de crecimiento del tipo S, o sea, que presentaba una parte creciente y otra decreciente, ambas separadas por un punto de inflexión. Para el tratamiento matemático de esta curva, consideró ambas partes por separado. Las ecuaciones que definen ambas porciones de la curva son:

$$l_t = ae^{K't} \quad (1)$$

$$l_t = b - ce^{-Kt} \quad (2)$$

Donde l es la longitud; t es la edad; a , b , c son constantes con dimensiones de longitud; K' y K son constantes que determinan la tasa de crecimiento y decrecimiento de los intervalos de la longitud.

La expresión (1) puede aplicarse al crecimiento en las primeras etapas de la vida de un organismo. La expresión (2) es válida para los estadios finales, aunque no siempre presenta un buen ajuste.

Fabens (1965) explica el significado de los términos de esta ecuación, de la manera siguientes: En la expresión (2) cuando t se incrementa indefinidamente, $l_t \rightarrow b$, siendo b una longitud asintótica usualmente representada como L_{∞} .

Esta es la longitud que un pez puede alcanzar, si continua viviendo y creciendo indefinidamente de acuerdo al patrón establecido por la ecuación (2). Cuando $t = 0$, $l_t = b - c = L_{\infty} - c$, la cual representa el tamaño hipotético

del pez, si éste siempre hubiese crecido de acuerdo a la ecuación (2). Por lo tanto:

$$L_{\infty} - l_t = ce^{-Kt} \quad (3)$$

expresión debida a Fabens, en la cual, la diferencia entre la talla asintótica y la talla actual del pez, decrece exponencialmente en función de K. Mientras mayor sea el valor de K, menor será L_{∞} y el crecimiento del pez. Por lo que constituye un error, referirse a K (coeficiente de crecimiento de Brody) como a la tasa de crecimiento.

Ecuación de von Bertalanffy

Von Bertalanffy (Beverton y Holt, 1957) llegó a la misma expresión que Brody, este autor consideró que un organismo es análogo a un sistema de reacciones químicas, que obedecen a la ley de acción de masas. Agrupó los procesos fisiológicos de los cuales depende la biomasa de un organismo, en un tiempo cualesquiera, en dos procesos, uno de destrucción de la materia (catabolismo) y otro de síntesis (anabolismo). Expresó el cambio de peso que experimenta un organismo por unidad de tiempo, dw/dt , de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\frac{dw}{dt} = Hw^n - kw^m \quad (1)$$

siendo H y k los coeficientes anabólicos y catabólicos respectivamente; y m y n dos parámetros por definir.

Von Bertalanffy asumió que los procesos son proporcionales a la superficie de absorción de nutrientes, mientras que el catabolismo podría considerarse como proporcional a

la biomasa total w es destruida por unidad de tiempo. Por lo que la ecuación (1) puede escribirse de la siguiente manera:

$$\frac{dw}{dt} = Hs - kw \quad (2)$$

donde s , es la superficie de absorción; H , la tasa de síntesis de biomasa por unidad de superficie; y k la tasa de destrucción de biomasa por unidad de masa.

Suponiendo que el organismo crece isométricamente y que tiene un peso específico constante, pueden escribirse s y w en dimensiones lineales, de acuerdo con las fórmulas siguientes:

$$s = pl^2$$

$$w = ql^3$$

donde p y q son constantes.

Como:
$$\frac{dw}{dt} = \frac{d(pl^3)}{dt} = 3ql^2 \frac{dl}{dt}$$

substituyendo en (2)

$$\frac{dl}{dt} = \frac{Hpl^2}{3ql^2} - \frac{kql^3}{3ql^2} = \frac{Hp}{3q} - \frac{kl}{3}$$

lo que es igual a:

$$\frac{Hp}{3q} = E \quad \text{y} \quad \frac{k}{3} = k$$

con lo que tenemos la ecuación:

$$\frac{dl}{dt} = E - Kl$$

la solución es:

$$l_t = \frac{E}{K} - \left(\frac{E}{K} - L_0 \right) e^{-Kt}$$

donde L_0 es la longitud del organismo en la edad cero, y e es la base del logaritmo Neperiano.

Cuando $t \rightarrow \infty$, $l_t \rightarrow E/K = L_\infty$,

por lo tanto:

$$l_t = L_\infty - (L_\infty - L_0) e^{-Kt} \quad (3)$$

Es decir $L_0 = L(-e^{-Kt})$, y substituyendo en la expresion (3), obtenemos la ecuación de von Bertalanffy para el crecimiento en longitud:

$$l_t = L_\infty (1 - e^{-K(t - t_0)})$$

que en términos de peso puede escribirse de la siguiente manera:

$$w_t = W_\infty (1 - e^{-K(t - t_0)})^3$$

El significado de los parámetros es el siguiente:

- a) $L_\infty = E/K$ y representa la talla máxima que puede alcanzar un organismo dada una tasa determinada de síntesis de biomasa por unidad de superficie (H) y una tasa determinada de destrucción de biomasa por unidad de tiempo.
- b) $K = k/3$, es decir un tercio de la tasa de destrucción de biomasa por unidad de masa.
- c) t_0 es la edad a la que un organismo, con el mismo tipo de crecimiento, que cuando t_0 , tiene longitud igual a cero ($l_t=0$). Este término, que puede ser positivo o negativo, carece de significado biológico.

Métodos para calcular las constantes de la ecuación de von Bertalanffy.

Para el cálculo y ajuste de las constantes de la ecuación de von Bertalanffy, existen fundamentalmente los métodos siguientes: Ford-Walford (1933, 1946); Gulland (1965); Tomlinson y Abramson (1961); Allen (1966) y Beverton (1954).

A continuación se realiza una revisión y aplicación de cada uno de ellos, empleando los datos de edad obtenidos por medio de la lectura de los otolitos de Phycis blennoides.

Método de Ford-Walford.

La estimación de los valores de la ecuación de von Bertalanffy, puede obtenerse en una primera aproximación, aplicando la ecuación de Ford, usando $t+1$ en lugar de t :

$$l_{t+1} = L_{\infty}(1 - k) + klt \quad (1)$$

donde $k = e^{-K}$ y recibe el nombre de coeficiente de crecimiento de Ford.

Esta expresión fue desarrollada empíricamente por Ford (1933) y más tarde por Walford (1946), describe el crecimiento en el que el incremento de cada año es menor que el anterior, una fracción $(1-k)$ del último, partiendo de una longitud inicial $L_{\infty}(1-k)$ para la edad cero. La relación entre los incrementos en años sucesivos está representada por la expresión:

$$l_{t+2} - l_{t+1} = k (l_{t+1} - l_t)$$

Walford representó gráficamente la ecuación (1), colocando en el eje de las abscisas la longitud l_t , a una edad t ; y

en el de las ordenadas la longitud del período siguiente $t_{+1}:l_{t+1}$.

Al conjunto de puntos así obtenidos ajustó una recta cuya pendiente es igual a k , y la intersección en el eje Y, es $L_{\infty}(1-k)$, a partir de la cual L_{∞} , puede ser obtenida.

La longitud asintótica, L_{∞} , también puede obtenerse gráficamente, hallando el punto de intersección de la recta de regresión con la bisectriz, y leyendo sobre el eje de las abscisas.

Esta técnica puede ser útil en la determinación de la edad, siempre y cuando los intervalos de tiempo sean iguales, ($t = \text{cte.}$), si el crecimiento es estacional; o sea que presenta intervalos de tiempo menores a un año, habrá que aplicar una corrección, (Gulland y Holt, 1959).

Este método puede resultar ineficaz en el estudio del crecimiento de peces, que presenten grandes incrementos en longitud durante las primeras edades, seguido de una gran disminución en longitud en las edades posteriores, lo que causa algunas desviaciones en la línea de la gráfica de Walford.

Obtención de las constantes de crecimiento (L_{∞} y k) de *Phycis blennoides* mediante la aplicación del método de Ford-Walford.

Utilizando los datos obtenidos a partir de la lectura de otolitos, se tienen las siguientes longitudes de l_t y l_{t+1} :

<u>l_t (mm)</u>	<u>l_{t+1} (mm)</u>
80	132
132	177
177	215
215	250
250	280
280	310
310	340

a continuación se ha procedido a ajustar la ecuación de una recta de regresión para todos los puntos por el método de mínimos cuadrados, obteniéndose:

$$l_{t+1} = 57.93 + 0.89919 l_t$$

Teniendo en cuenta que el coeficiente angular K , tiene por logaritmo natural el coeficiente k de la ecuación de Brody-Bertalanffy, en nuestro caso resulta que:

$$e^{-K} = 0.89919$$

$$K = -\log 0.89919$$

$$K = 0.106261$$

Así mismo, como $L_{\infty}(1-k) = 57.93$

$$57.93 = L_{\infty}(1-0.89919)$$

$$57.93 = 574.64 ; L_{\infty} = 574.64$$

En la figura III.6 se expone la gráfica de Walford para Phycis blennoides para un intervalo de tallas de 80 a 340 mm y de edades de 0 a 7 años.

El método de Walford, puede presentar serios inconvenientes, si en la obtención de L_{∞} , se emplea el método gra-

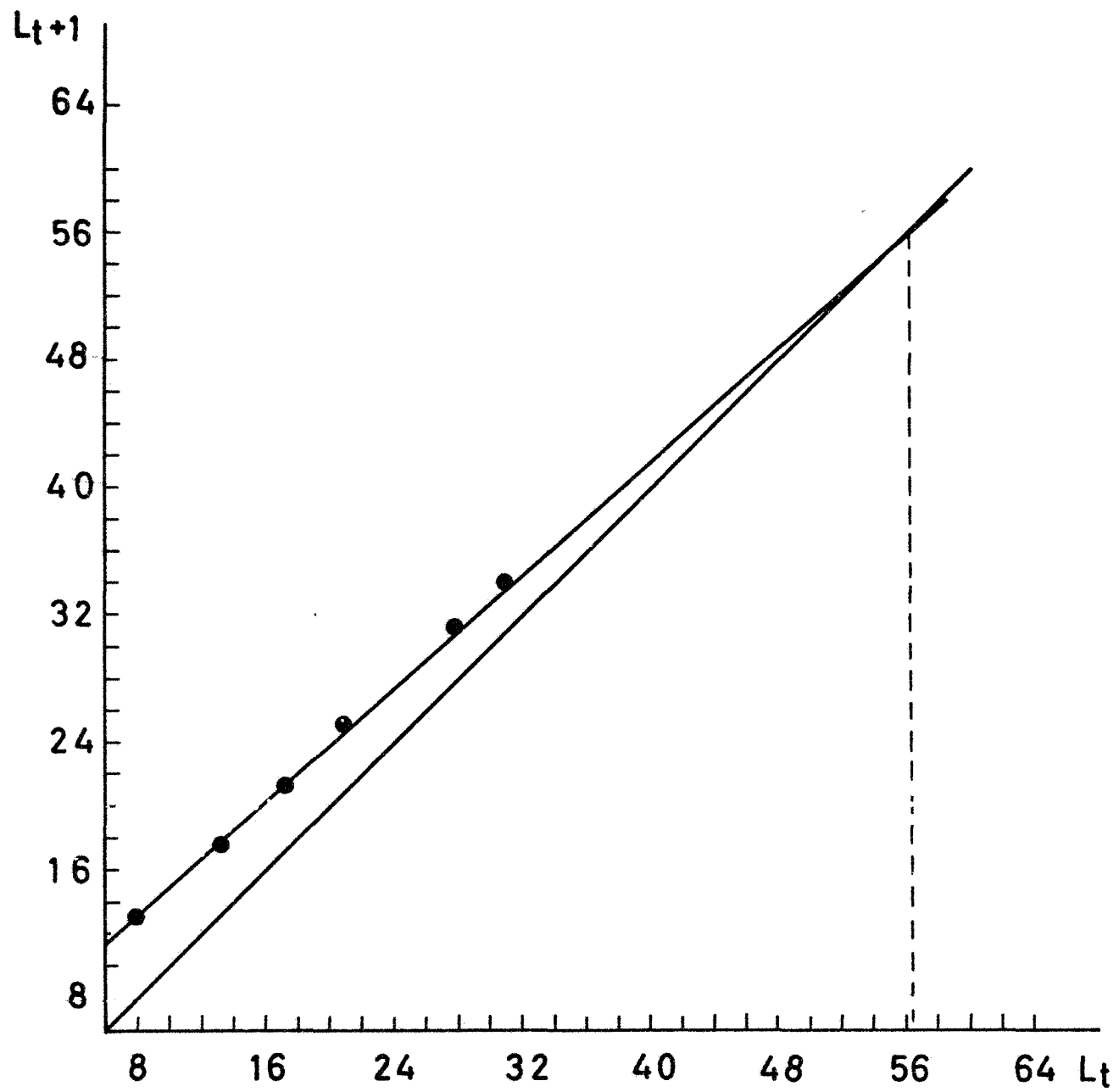


Figura III.6 Gráfica de Walford.

fico. Siendo éste muy sensible a las variaciones de k , pueden obtenerse estimaciones muy diferentes para L_{∞} . Por lo que resulta más práctico obtener el valor de este parámetro, aplicando la ecuación de regresión correspondiente y señalarlo posteriormente en el gráfico.

Obtención de t_0 mediante la aplicación del método de Gulland

Para el cálculo de t_0 se sigue el método de Gulland (1964), que consiste en aplicar la fórmula:

$$t_0 = t + \frac{1}{k} \log_e \frac{(L_{\infty} - l_t)}{L_{\infty}}$$

para diversas edades, de preferencia entre los peces jóvenes reclutados y calcular la media de los valores hallados.

Una vez conocidos k y L_{∞} se calcula t_0 de la manera siguiente:

$$t_1 = 1 + \frac{1}{0.106261} \log_e \frac{574.64 - 80}{574.64} = -0.4108092$$

$$t_2 = 2 + 9.4107904 \log_e \frac{574.64 - 132}{574.64} = -0.4560939$$

$$t_3 = 3 + 9.4107904 \log_e \frac{574.64 - 177}{574.64} = -0.4650247$$

$$t_4 = 4 + 9.4107904 \log_e \frac{574.64 - 215}{574.64} = -0.4102728$$

$$t_5 = 5 + 9.4107904 \log_e \frac{574.64 - 250}{574.64} = -0.3738154$$

$$t_6 = 6 + 9.4107904 \log_e \frac{574.64 - 280}{574.64} = -0.2863044$$

$$t_7 = 7 + 9.4107904 \log_e \frac{574.64 - 310}{574.64} = -0.2968727$$

$$t_8 = 8 + 9.4107904 \log_e \frac{574.64 - 340}{574.64} = -0.4291602$$

siendo t_0 promedio igual a: -0.39104

La dificultad de este método, surge a partir de que los valores de t_0 pueden no estar debidamente representados, tanto en los ejemplares de mayor como de menor edad, debido a un error de muestreo, producido por la selectividad del arte empleado, y una pequeña diferencia de t_t , nos dará grandes diferencias en la obtención de la t_0 correspondiente, por ello se recomienda aplicar la fórmula en los grupos de edad más ampliamente muestreados (Gulland, 1965).

Método de Tomlinson y Abramson.

Introducción

El crecimiento de los animales puede describirse por una variedad de funciones que relacionan un incremento en la talla o en el peso por unidad de tiempo. Estas funciones varían, desde una relación en línea recta, hasta las más complejas curvas asintóticas.

Uno de estos métodos es la ley de Mitscherlich, quién propuso la siguiente ecuación para el análisis estadístico de sus experimentos con fertilizantes:

$$y = A(1 - 10^{-c(x+b)}) \quad \text{ó}$$

$$y = a + \beta \rho^x$$

Esta fórmula de regresión presenta tres parámetros, donde a representa el valor asintótico de y . Stevens (1951) demostró la utilidad de esta ecuación modificándola de acuerdo a la curva logística propuesta por Gompertz.

Pimentel-Gomes y E. Malavolta (1949), describieron un sistema para la estimación de los parámetros de la ecuación de Mitscherlich, por medio del método de mínimos cuadrados. Esta técnica puede ser aplicada en la ecuación de von Bertalanffy (1938) modificada por Beverton en 1954.

Tomlinson y Abramson (1961), realizan una aplicación del método de Pimentel-Gomes y E. Malavolta. La resolución de ésta técnica influye una matriz de los coeficientes de las ecuaciones normales como una función de un valor desconocido, $z = e^{-kq}$, una solución de z es obtenida por medio del método de determinantes de la matriz igual a cero y resolviendo por iteración. Una vez determinado el valor de z , los tres parámetros de la curva pueden calcularse fácilmente.

Dicho método puede aplicarse cuando el tamaño de las muestras para cada grupo de edad es igual. Las varianzas de los parámetros calculados pueden obtenerse usando el método de Stevens (1951).

Método para la determinación de los parámetros.

A partir de la función:

$$Q = \sum_{i,j} \left\{ l_{ij} - L_{\infty} (1 - e^{-k(t_j - t_0)}) \right\}^2,$$

$$i = 1, \dots, r_j$$

$$j = 1, \dots, p$$

donde r_j , es el número de peces de la muestra correspondiente a cada grupo de edad j ; y p es el número de grupos de edad.

Se obtienen las diferenciales y derivadas parciales de L_{∞} , k y t_0 ; dándonos las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \sum_{i,j} l_{ij} - nL_{\infty} e^{k t_0} \sum_{i,j} e^{-k t_j} &= 0 \\ \sum_{i,j} l_{ij} t_j e^{-k t_j} - L_{\infty} \sum_{i,j} t_j e^{-k t_j} + L_{\infty} e^{k t_0} \sum_{i,j} t_j e^{-2k t_j} &= 0 \\ \sum_{i,j} l_{ij} e^{-k t_j} - L_{\infty} \sum_{i,j} e^{-k t_j} + L_{\infty} e^{k t_0} \sum_{i,j} e^{-2k t_j} &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

donde l_{ij} = longitud del pez (i) correspondiente a cada grupo de edad (j).

t_j = edad del pez, siendo $t_1 = 0$

L_{∞} = longitud máxima esperada

k = constante de crecimiento

n = sumatoria del número de peces de cada muestra, correspondientes a cada grupo de edad ($\sum r_j$)

L_{∞} , t_0 y k son los parámetros que se emplearán en la ecuación de von Bertalanffy.

Siguiendo el método de Pimentel-Gomes (1953) donde

$t_j = m_j q$, siendo q una constante m_j una integral y

$z = e^{-kq}$, se obtiene:

$$\begin{aligned} \left[\begin{array}{ccc} \sum_{i,j} l_{ij} & n & \sum_{i,j} z^{m_j} \\ \sum_{i,j} t_j l_{ij} z^{m_j} & \sum_{i,j} t_j z^{m_j} & \sum_{i,j} t_j z^{2m_j} \\ \sum_{i,j} l_{ij} z^{m_j} & \sum_{i,j} z^{m_j} & \sum_{i,j} z^{2m_j} \end{array} \right] &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Siendo el tamaño de la muestra igual para cada grupo de edad y dividiendo por $q r^3 z(1-z)^3$ se obtiene:

$$\bar{l}_1 J_{p1}(z) + \dots + \bar{l}_j J_{pj}(z) + \dots + \bar{l}_p J_{pp}(z) = 0 \quad (5)$$

donde \bar{l}_j es la longitud media del pez en el grupo de edad j .

Por medio de la ecuación (5) y utilizando las tablas de polinomiales, que dan en su trabajo Tomlinson y Abramson, se obtienen diferentes valores de z . El signo del valor obtenido para $z = 0.01$ en la ecuación (5), deberá ser diferente del signo del valor obtenido para $z = 0.99$.

Posteriormente, por medio de una interpolación lineal, se calcula el valor de z , más cercano a cero.

Una vez obtenido el valor de z , se calcula k por medio de:

$$z = e^{-kq}$$

$$y \quad y = \frac{1}{q} \log e z^{-1} \quad (6)$$

El cálculo de L_{∞} y t_0 se lleva a cabo a partir de la ecuación (3), donde omitiendo una ecuación, se obtiene:

$$\sum_{i,j} l_{ij} = nL_{\infty} - L_{\infty} e^{kt_0} \sum_{i,j} e^{-kt_j} \quad (7)$$

$$\sum_{i,j} l_{ij} e^{-kt_j} = L_{\infty} \sum_{i,j} e^{-kt_j} - L_{\infty} e^{kt_0} \sum_{i,j} e^{-2kt_j}$$

Este sistema puede resolverse como dos ecuaciones lineales, siendo:

$$B = L_{\infty} e^{kt_0}$$

$$z^{m_j} = e^{-kt_j}$$

y dividiendo la ecuación (7) por r ,

$$\sum_j \bar{l}_j = pL_{\infty} - B \sum_j z^{m_j} \quad (8)$$

$$\sum_j l_j z^{m_j} = L_{\infty} \sum_j z^{m_j} - B \sum_j z^{2m_j}$$

donde \bar{l}_j es la longitud media del pez en el grupo de edad j , y $m_j = j - 1$.

La ecuación (8) se resuelve mediante el uso de determinantes de la manera siguiente:

$$D = \left(\sum_j z^{mj} \right)^2 - p \sum_j z^{2mj} \quad (9)$$

$$L_{\infty} = \frac{1}{D} \left(\sum_j l_j z^{mj} \sum_j z^{mj} - \sum_j l_j \sum_j z^{2mj} \right)$$

$$B = \frac{1}{D} \left(p \sum_j l_j z^{mj} - \sum_j l_j \sum_j z^{mj} \right)$$

y

$$t_0 = \frac{1}{k} \log e (B/L_{\infty}). \quad (10)$$

Obtención de las constantes de crecimiento (k, L_{∞} , y t_0) de Phycis blennoides mediante la aplicación del método de Tomlinson y Abramson.

Utilizando los datos obtenidos a partir de la lectura de otolitos, se tienen las siguientes longitudes para cada grupo de edad.

Grupos de edad	Long. media (l_j) (mm)
0	80
1	132
2	177
3	215
4	250
5	280
6	310
7	340

En el método de Tomlinson y Abramson, el primer grupo de edad t_1 corresponde a la edad 1, por lo que el valor de

la constante de crecimiento t_0 , se ajusta a la ecuación de von Bertalanffy:

$$l't = L_{\infty} (1 - e^{-k (t'-t'_0)})$$

Por lo que es necesario restar la unidad a cada valor de t_j , o sea:

$$\begin{aligned} t'_j &= t_j - 1 \\ t'_0 &= t_0 - 1 \end{aligned} \tag{11}$$

El valor de z se obtiene a partir de las tablas de polinomiales para $J_{8j}(z)$, que Tomlinson y Abramson dan en el apéndice de su trabajo, y de la fórmula (5).

En las tablas III.12 y III.13 (apéndice) se muestra el método empleado. A partir de los resultados obtenidos para diferentes valores de z y por interpolación lineal, se obtiene: $z = 0.9006$ siendo $q = 1$ y aplicando la ecuación (6), se obtiene el valor de k :

$$k = \log e \frac{1}{0.9006} = 0.1047$$

Resolviendo, el sistema de ecuaciones (8) Tabla III.14 (apéndice) se obtiene:

$$\begin{aligned} \sum z^{mj} &= 5.706\ 554 \\ \sum z^{2mj} &= 4.301\ 888 \\ \sum 1_j &= 1784 \\ \sum 1_j z^{mj} &= 1158.6287 \end{aligned}$$

usando (9):

$$D = (5.706554)^2 - (8)(4.301888) = - 1.850304$$

$$L_{\infty} = \frac{(1158.6287 \times 5.706554) - (1784 \times 4.301888)}{-1.850304}$$

$$L_{\infty} = 574.39 \text{ min}$$

$$B = \frac{(8 \times 1158.6287) - (5.706554 \times 1784)}{-1.850304} = 492.60161$$

por medio de la ecuación (10)

$$t'_0 = \frac{1}{0.1047} \log_e \frac{492.60161}{574.39} = -1.4671$$

y de la ecuación (11)

$$t_0 = -0.4671$$

El método de Tomlinson y Abramson, presenta ciertas desventajas al requerir que las muestras estén dispuestas a intervalos regulares de tiempo y que sean del mismo tamaño.

Si las muestras no cumplen este requisito, este método puede aplicarse pero la corrección a realizar requiere una computación muy larga, para la cual las tablas que proporcionan Tomlinson y Abramson no son adecuadas.

El cálculo de las varianzas de los diferentes parámetros por medio del método de Stevens (1951), puede en algunas ocasiones, no presentar una buena estimación, (Tomlinson y Abramson, 1961).

Método de Allen

Introducción

Allen 1966, propone un método para el ajuste de la curva trazada por von Bertalanffy por medio de mínimos cuadrados. El método es más largo en su computación que los dise-

ñados por Stevens (1951) y Tomlinson y Abramson (1965), pero presenta ciertas ventajas, al no necesitar que las muestras están dispuestas a intervalos regulares de tiempo y que sean del mismo tamaño.

Allen transforma la ecuación de von Bertalanffy:

$$l_t = L_{\infty} (1 - e^{k(t-t_0)}) \quad (1)$$

en:

$$l_t = L_{\infty} - L_{\infty} e^{kt_0} e^{-kt} \quad (3)$$

a partir de la cual establece un método para la determinación de los parámetros del crecimiento. Obtiene las varianzas de los valores calculados, basándose en las técnicas desarrolladas por Gomes-Pimentel (1953) y Stevens (1951)

Método para la determinación de los parámetros.

A partir de la ecuación:

$$l_t = L_{\infty} - L_{\infty} e^{kt_0} e^{-kt} \quad (3)$$

que es una regresión lineal de l_t sobre e^{-kt} del tipo:

$$l_t = a + b e^{-kt}$$

donde $a = L_{\infty}$

y $b = -L_{\infty} e^{kt_0}$

aplicando los métodos usuales del análisis de regresión se obtiene:

$$a = \frac{\sum l_t}{N - e^{kt_0} \sum e^{-kt}} \quad (4)$$

$$b = \frac{N \sum l_t e^{-kt} - \sum l_t \sum e^{-kt}}{N \sum e^{-2kt} - (\sum e^{-kt})^2} \quad (5)$$

donde N es el número de observaciones.

Eliminando L_{∞} nos da:

$$\frac{\sum 1}{N - e^{kt_0} \sum e^{-kt}} = \frac{N \sum 1 e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt}}{e^{kt_0} \left[(\sum e^{-kt})^2 - N \sum e^{-2kt} \right]} \quad (6)$$

lo cual puede simplificarse de la manera siguiente:

$$N \sum 1 e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt} - e^{kt_0} \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt} + e^{kt_0} \sum 1 \sum e^{-2kt} = 0 \quad (7)$$

Al no conocerse ninguno de los tres parámetros a determinar, puede escogerse arbitrariamente un valor de trabajo para k ó t_0 .

Si se escoge arbitrariamente un valor de k , el procedimiento a seguir, es el de obtener la suma de los cuadrados de las desviaciones de la regresión dada por la siguiente ecuación:

$$\sum 1^2 - \frac{(\sum 1)^2}{N} - \frac{(N \sum 1 e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt})^2}{N \left[N \sum e^{-2kt} - (\sum e^{-kt})^2 \right]}$$

La magnitud de esta suma de cuadrados es independiente de L_{∞} y t_0 , pero varía de acuerdo con el valor de k .

El valor más preciso de k , lo obtendremos cuando el valor de la desviación sea cero, ó lo más próximo a éste, de acuerdo con la ecuación:

$$D_k \left\{ \frac{(N \sum 1 e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt})^2}{N \left[N \sum e^{-2kt} - (\sum e^{-kt})^2 \right]} \right\} = 0$$

Se obtienen los diferenciales y se multiplican por la constante N, obteniéndose:

$$\frac{\left[N \sum e^{-2kt} - \left(\sum e^{-kt} \right)^2 \right] \left[N \sum 1e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt} \right] \left[\sum 1 \sum te^{-kt} - N \sum 1te^{-kt} \right]}{\left[N \sum 1e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt} \right]^2 \left(\sum e^{-kt} \sum te^{-kt} - N \sum e^{-2kt} \right)} = 0 \quad (9)$$

lo cual puede reducirse a:

$$\begin{aligned} & \left[N \sum e^{-2kt} - \left(\sum e^{-kt} \right)^2 \right] \left[\sum 1 \sum te^{-kt} - N \sum 1te^{-kt} \right] - \\ & \left(N \sum 1e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt} \right) \left(\sum e^{-kt} \sum te^{-kt} - N \sum te^{-2kt} \right) = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Esta ecuación puede resolverse, para el valor de k, por medio del método de Newton, el procedimiento es iterativo, pero corrige el valor de k con suficiente exactitud.

Denominando α a la expresión de la izquierda de la ecuación (10), se obtienen los diferenciales con respecto a k.

$$\begin{aligned} D_k(\alpha) = & \left[N \sum e^{-2kt} - \left(\sum e^{-kt} \right)^2 \right] \left[N \sum 1t^2e^{-kt} - \sum 1 \sum t^2e^{-kt} \right] + \\ & \left(\sum e^{-kt} \sum te^{-kt} - N \sum te^{-2kt} \right) \left(\sum 1 \sum te^{-kt} - N \sum 1te^{-kt} \right) - \end{aligned} \quad (11)$$

$$\left[N \sum 1e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt} \right] \left[2N \sum t^2e^{-2kt} - \left(\sum te^{-kt} \right)^2 - \sum e^{-kt} \sum t^2e^{-kt} \right]$$

si llamamos a la primera aproximación de k, k_1 y colocamos este valor en las ecuaciones (10) y (11), obtendremos valores para α_1 y $D_k(\alpha)_1$ siendo la estimación del error de k,

$$= \frac{\alpha_1}{D_k(\alpha)_1}$$

por lo tanto, la primera estimación corregida de k, es igual a

$$k_1 - \frac{\alpha_1}{D_k(\alpha)_1} = k_2$$

Una segunda estimación de k, es obtenida como:

$$k_3 = k_2 - \frac{\alpha_2}{D_k(\alpha)_2}$$

donde α_2 y $D_k(\alpha)_2$, son valores obtenidos substituyendo k_2 en las ecuaciones (10) y (11). Este procedimiento puede repetirse hasta alcanzar el valor de k más exacto.

Una vez que el valor de k ha sido determinado para el nivel de precisión deseado, por medio de este método, se determina el valor de t_0 por medio de la ecuación (7), que para este propósito se representa como:

$$e^{kt_0} = \frac{N \sum 1e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt}}{\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1e^{-kt}} \quad (12)$$

$$t_0 = \frac{\log_e (N \sum 1e^{-kt} - \sum 1 \sum e^{-kt}) - \log_e (\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1e^{-kt})}{k} \quad (13)$$

Una dificultad práctica se presenta cuando k, ha sido corregida a un alto nivel de precisión (k_3), y el valor del numerador, en la ecuación (13) ha sido determinado en relación a k_1 , este error puede corregirse calculando de nuevo, los valores del numerador de la ecuación (13) para el último valor estimado de k (k_3), pero como este proceso es muy laborioso, el ajuste de los valores puede resolverse por medio de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 & \left[\log_e(\sum 1 \sum e^{-kt} - N \sum 1 e^{-kt}) - \log_e(\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt}) \right]_{k+\delta k} \\
 & = \left[\log_e(\sum 1 \sum e^{-kt} - N \sum 1 e^{-kt}) - \log_e(\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt}) \right]_k \\
 & + \delta k D_k \left[\log_e(\sum 1 \sum e^{-kt} - N \sum 1 e^{-kt}) - \log_e(\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt}) \right]_k
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

donde k , $k + \frac{1}{2} \delta k$, indican los valores de k , cuando ésta es igual a k y $k + \delta k$, y δk es un pequeño incremento de k .

Obteniendo los diferenciales nos da:

$$\begin{aligned}
 & D_k \left[\log_e(\sum 1 \sum e^{-kt} - N \sum 1 e^{-kt}) - \log_e(\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt}) \right] \\
 & = \frac{(\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt}) (N \sum 1 t e^{-kt} - \sum 1 \sum t e^{-kt}) -}{(\sum 1 \sum e^{-kt} - N \sum 1 e^{-kt}) (\sum e^{-kt} \sum 1 t e^{-kt} + \sum 1 e^{-kt} \sum t e^{-kt} - 2 \sum 1 \sum t e^{-2kt})} \\
 & \qquad \qquad \qquad \frac{(\sum 1 \sum e^{-kt} - N \sum 1 e^{-kt}) (\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt})}{(\sum 1 \sum e^{-kt} - N \sum 1 e^{-kt}) (\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt})}
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Esta expresión puede ser evaluada para el penúltimo valor de k , y sustituyendo en la ecuación (14), usando δk para el ajuste final de k , obteniéndose una estimación correcta del valor del numerador en la ecuación (13), así como de t_0 .

L_∞ puede determinarse por medio de las ecuaciones (4), (5) y (12), de la manera siguiente:

$$L_\infty = \frac{\sum 1 \sum e^{-2kt} - \sum e^{-kt} \sum 1 e^{-kt}}{N \sum e^{-2kt} - (\sum e^{-kt})^2}
 \tag{16}$$

Procedimiento de computación:

Las expresiones anteriores pueden simplificarse usando los siguientes símbolos y expresiones.

Los primeros cálculos que se requieren son los siguientes:

A = N	G = te ^{-kt}
B = l	H = te ^{-2kt}
C = e ^{-kt}	I = t ² e ^{-2kt}
D = le ^{-kt}	J = t ² e ^{-kt}
E = e ^{-2kt}	L = lt ² e ^{-kt}
F = lte ^{-kt}	

A partir de las expresiones anteriores se obtienen:

M = BE - CD	S = D _k (P) = BG - AF
P = AD - BC	T = D _k (R) = 2AI - G ² - CJ
Q = AE - C ²	U = D _k (S) = AL - BJ
R = ½ D _k (Q) = CG - AH	V = D _k (M) = GD + CF - 2BH

Las principales ecuaciones requeridas para la estimación de los parámetros del crecimiento, pueden ser escritas como:

Ecuación 7: $P + Me^{kt_0} = B = 0 \dots\dots\dots (7 A)$

Ecuación 10: $QS - PR = \alpha = 0 \dots\dots\dots (10A)$

Ecuación 11: $QU + RS - PT = D_k(\alpha) \dots\dots\dots (11A)$

Ecuación 12: $e^{kt_0} = - \frac{P}{M} \dots\dots\dots (12A)$

Ecuación 13: $t_0 = \frac{\log_e(-P) - \log_e(M)}{k} \dots\dots\dots (13A)$

Ecuación 14: $(\log_e(-P) - \log_e(M))_{k+\delta k} = (\log_e(-P) - \log_e(M))_k + \delta k D_k(\log_e(-P) - \log_e(M))_k \dots (14A)$

Ecuación 15: $D_k(\log_e(-P) - \log_e(M)) = \frac{SM - PV}{PM} \dots\dots\dots (15A)$

Ecuación 16: $L_\infty = \frac{M}{Q} \dots\dots\dots (16A)$

Obtención de las constantes de crecimiento (k , L_{∞} y t_0) de Phycis blennoides mediante la aplicación del método de Allen.

Utilizando los datos obtenidos a partir de la lectura de otolitos, se tienen las siguientes longitudes para cada grupo de edad.

<u>Grupos de edad</u>	<u>Long. media (mm)</u>
0	80
1	132
2	177
3	215
4	250
5	280
6	310
7	340

Tomando como valor de trabajo de k , el estimado por el método de Tomlinson y Abramson, ($k = 0.1047$), se obtienen las siguientes cantidades:

A = 8	G = 20.33454
B = 1784	H = 12.035817
C = 5.139207	I = 57.490549
D = 1043.4321	J = 106.50434
E = 3.489037	L = 29723.447
F = 5096.4904	

Las expresiones siguientes son:

M = 862.02845	S = - 4495.1038
P = - 820.88848	T = - 40.993069
Q = 1.500896	U = 47783.833
R = 8.2168743	V = 4465.8359

(para la obtención de los parámetros anteriores, ver apéndice tablas III.15 - III.23)

Aplicando las ecuaciones (10A) y (11A) se tiene:

$$\alpha = (1.500896 \times -4495.1038) - (820.88848 \times 8.2168743) = -1.545859$$

$$D_k(\alpha) = (1.500896 \times 47783.833) + (8.2168743 \times -4495.1038) - (-820.88848 \times -40.993069) = 1132.1229$$

La estimación para la corrección de k, está dada por:

$$- \frac{\alpha}{D_k(\alpha)} = \frac{-1.545859}{1132.1229} = 0.0013654$$

el valor para k_2 es el siguiente:

$$k_2 = k_1 - \frac{\alpha}{D_k(\alpha)} = 0.1047 + 0.0013654 = 0.1060654$$

Determinando las primeras y segundas cantidades para este valor de $k_2 = 0.1060654$, se obtienen:

A = 8	G = 20.189706
B = 1784	H = 11.880049
C = 5.111539	I = 55.696081
D = 1036.5004	J = 105.62765
E = 3.456384	L = 29464.274
F = 5056.0798	
y:	
M = 868.07683	S = -4430.2029
P = -826.98237	T = -56.406562
Q = 1.523272	U = 47274.464
R = 8.1600776	V = 4382.9734

(para cálculo de los parámetros anteriores ver apéndice tablas III.24 - III.32)

De donde se obtiene:

$$\alpha = (1.523272 \times -4430.2029) - (-826.98237 \times 8.1600776) = -0.1637$$

$$D_k(\alpha) = (1.523272 \times 47274.464) + (8.1600776 \times -4430.2029) - (-826.98237 \times -56.406562) = 35394.595$$

$$-\frac{\alpha}{D_k(\alpha)} = \frac{-0.163718}{35394.595} = -0.0000046255$$

siendo el valor de k_3 :

$$k_3 = k_2 - \frac{\alpha}{D_k(\alpha)} = 0.1060654 + 0.0000046255$$

$$k_3 = 0.10607$$

Como la corrección obtenida para k_2 , nos da un valor muy pequeño, prácticamente $k_2 = k_3$, se procede a estimar t_0 , por medio de la ecuación (13A)

$$t_0 = \frac{6.71778 - 6.77628}{0.1060654} = -0.457265$$

L_∞ se obtiene por medio de la ecuación (16A):

$$L_\infty = \frac{868.07683}{1.523272} = 569.87644 \text{ mm}$$

El método de Allen, presenta ciertas ventajas con respecto al método empleado por Tomlinson y Abramson (1961), ya que no es necesario mantener constantes los intervalos de tiempo y el tamaño de las muestras para cada edad.

Sin embargo, su computación resulta bastante más larga, debido a la dificultad que representa el elegir arbitrariamente un valor de trabajo para k , que resulte próximo al valor esperado, sin lo cual, se pueden repetir los cálculos de corrección de este parámetro muchas veces, hasta lograr

determinar el valor más ajustado. Por lo que resulta más práctico, desarrollar cualquiera de los métodos anteriores, con el fin de obtener un valor de k , aplicarlo en el método de Allen y obtener un buen ajuste.

Método de Beverton

Beverton (1954) propone un método para el ajuste de los parámetros del crecimiento, por medio de la resolución de la ecuación logarítmica,

$$\text{Log}_e(L_\infty - l_t) = \text{log}_e L_\infty + Kt_0 - Kt \quad (1)$$

por medio de mínimos cuadrados.

Esta expresión derivada de la ecuación de von Bertalanffy, puede resolverse, tomando un valor conocido de L_∞ . La regresión del $\text{log}_e(L_\infty - l_t)$ sobre t , nos da una línea recta, cuya pendiente negativa corresponde a K ; el valor de t_0 podrá calcularse a partir de la intercepción de la línea recta en el eje Y .

La obtención de los valores mejor ajustados para k y t_0 , dependerá de que tan preciso sea el valor escogido para L_∞ .

Obtención de las constantes de crecimiento (K , t_0) de Phycis blennoides mediante la aplicación del método de Beverton.

En la resolución de esta ecuación, se utilizaron los valores de L_∞ , obtenidos mediante los métodos de Walford, Tomlinson y Abramson y Allen, (apéndice tablas III.33 - III.34) observándose los resultados siguientes:

Método empleado para la obtención de L_{∞}	Valor de L_{∞} (mm)	Valores de k y t_0 por el método de Beverton.	
		k	t_0
Walford	574.64	0.1046923	-0.4642858
Tomlinson y Abramson	574.39	0.104769	-0.4637287
Allen	569.88	0.106199	-0.4516219

Selección y valoración de los coeficientes de crecimiento.

De acuerdo con las estimaciones realizadas para cada parámetro, mediante los métodos propuestos por diversos autores, se han desarrollado las curvas de crecimiento de Phycis blennoides, y obtenido las diferencias de los valores calculados de las tallas para cada edad respecto a los observados, (tablas III.35 - III.40).

Los valores calculados y la suma de los cuadrados de las diferencias son los siguientes:

Método aplicado	L_{∞} (mm)	k	t_0	SD ²
Walford-Gulland	574.64	0.106261	-0.39104	39.731
Reg. Beverton	574.64	0.1046923	-0.4642858	23.970
Tomlinson y Abramson	574.39	0.1047	-0.4671	23.938
Reg. Beverton	574.39	0.104769	-0.4637287	18.332
Allen	569.88	0.10607	-0.457265	23.838
Reg. Beverton	569.88	0.106199	-0.4516219	23.924

Los parámetros L_{∞} y k, obtenidos por medio del método de Ford-Walford, no presentaron una gran diferencia en comparación a los obtenidos por medio de las otras técnicas. Sin embargo, al aplicar estos parámetros en el desarrollo de la curva de von Bertalanffy se obtuvieron valores diferentes a los observados, es decir, no presentó un buen ajust-

te con respecto a los otros métodos. Lo que puede ser debido a que en el desarrollo de dicha curva se empleó el valor de t_0 determinado por el método de Gulland. Dicho valor presentó una mayor diferencia de aquellos obtenidos por Tomlinson, Abramson y Allen; y una mayor corrección en el ajuste de la ecuación de Beverton, que transformó el valor de t_0 , de -0.39104 a -0.4642858, valor éste, más próximo al encontrado por los otros métodos.

En un principio se pensó que el valor de t_0 obtenido por el método de Gulland, podría estar relacionado con un error de muestreo, al estar mejor representados algunos grupos de edad que otros; y basándonos en las recomendaciones de este autor, que sugiere la aplicación de la fórmula en los grupos de edad ampliamente muestreados, se repitieron los cálculos (tabla III.41 -- III.42, apéndice) para los grupos de edad "0" a "4" y de "0" a "5" años, obteniéndose como valores de t_0 , -0.43555015 y -0.4232032, respectivamente, los desarrollos de las curvas de von Bertalanffy mostraron un mejor ajuste de los valores calculados, correspondientes a los grupos de edad, cuyos valores de t_0 , se emplearon en la obtención de t_0 promedio. Sin embargo, para el resto de los grupos de edad, se observó una mayor diferencia entre los valores calculados y observados, en comparación a los obtenidos de la ecuación aplicada inicialmente; que consideraba todos los valores de t_0 de cada grupo de edad en la obtención de t_0 promedio.

Por tanto las modificaciones aplicadas en el método de Gulland, tan solo ajustan una parte de la curva de crecimiento de Phycis blennoides, no tomando en cuenta los valores res-

tantes, posiblemente los métodos de Tomlinson y Abramson y Allen proporcionan mejores valores de t_0 que el método anterior, por ser técnicas más elaboradas que corrigen los errores que se pueden presentar entre la curva calculada y los datos observados.

El avance que presentan estos métodos, respecto a los de Ford-Walford y Gulland, radica en el desarrollo de ciertos sistemas que reducen el error cuadrático total entre la curva teórica obtenida y los datos del muestreo, como ya lo hizo notar Pereiro, 1977.

Por otra parte, para la aplicación de los métodos de Tomlinson y Abramson y Allen, las muestras deben de cumplir necesariamente ciertos requisitos para lograr un buen ajuste. Estos métodos tienden a ajustar los datos más rigurosamente que las técnicas de Ford-Walford y Gulland al modelo de crecimiento propuesto por von Bertalanffy, que como ya mencionamos, es una curva de crecimiento que presenta: una parte creciente, un punto de inflexión y una parte decreciente. Por lo que, en el estudio de peces cuyo crecimiento no se aproxime al descrito por este autor, es más recomendable aplicar los métodos de Ford-Walford que los propuestos por Tomlinson y Abramson y Allen.

En Phycis blennoides, tanto la técnica de Tomlinson y Abramson como la de Allen, proporcionaron una buena corrección de los datos, aunque el valor de L_{∞} obtenido por este último método, presentó mayor desviación respecto a los otros sistemas aplicados.

La aplicación de la ecuación de Beverton a los métodos

anteriormente citados, proporcionó una optimización de los valores calculados por los métodos de Ford-Walford, Gulland y Tomlinson-Abramson. En el caso de método de Allen, no se observó un mayor ajuste, lo cual podría suponer que el valor de L_{∞} , obtenido por este procedimiento, no es del todo correcto en comparación con los otros métodos.

Ecuación del crecimiento de Phycis blennoides

La curva calculada que más se ajusta a los valores observados es la correspondiente a los coeficientes:

$L_{\infty} = 574.39$ mm, $k = 0.104769$ y $t_0 = - 0.4637287$ años, calculados por medio del método de Tomlinson y Abramson y ajustados mediante la ecuación de Beverton. Por lo tanto, la ecuación de Brody-Bertalanffy adoptará para la brótola, Phycis blennoides del mar Catalán la forma siguiente:

$$l_t = 574.39(1 - e^{-0.104769(t + 0.4637287)})$$

usando dicha ecuación, se han calculado las longitudes teóricas de la brótola a diferentes edades.

Edad (años)	Valores observados (mm)	Valores calculados (mm)
0	80	81.662749
1	132	130.67315
2	177	174.8087
3	215	214.55419
4	250	250.34615
5	280	282.57805
6	310	311.6037
7	340	337.74246

En la figura III.7 se expone la curva teórica del crecimiento en longitud, de Phycis blennoides, para las edades 0 a 7 años.

Durante los primeros meses de vida la brótola presenta un crecimiento rápido. La gran mayoría de los ejemplares de 130 mm, capturados durante el mes de julio de 1977, pre-

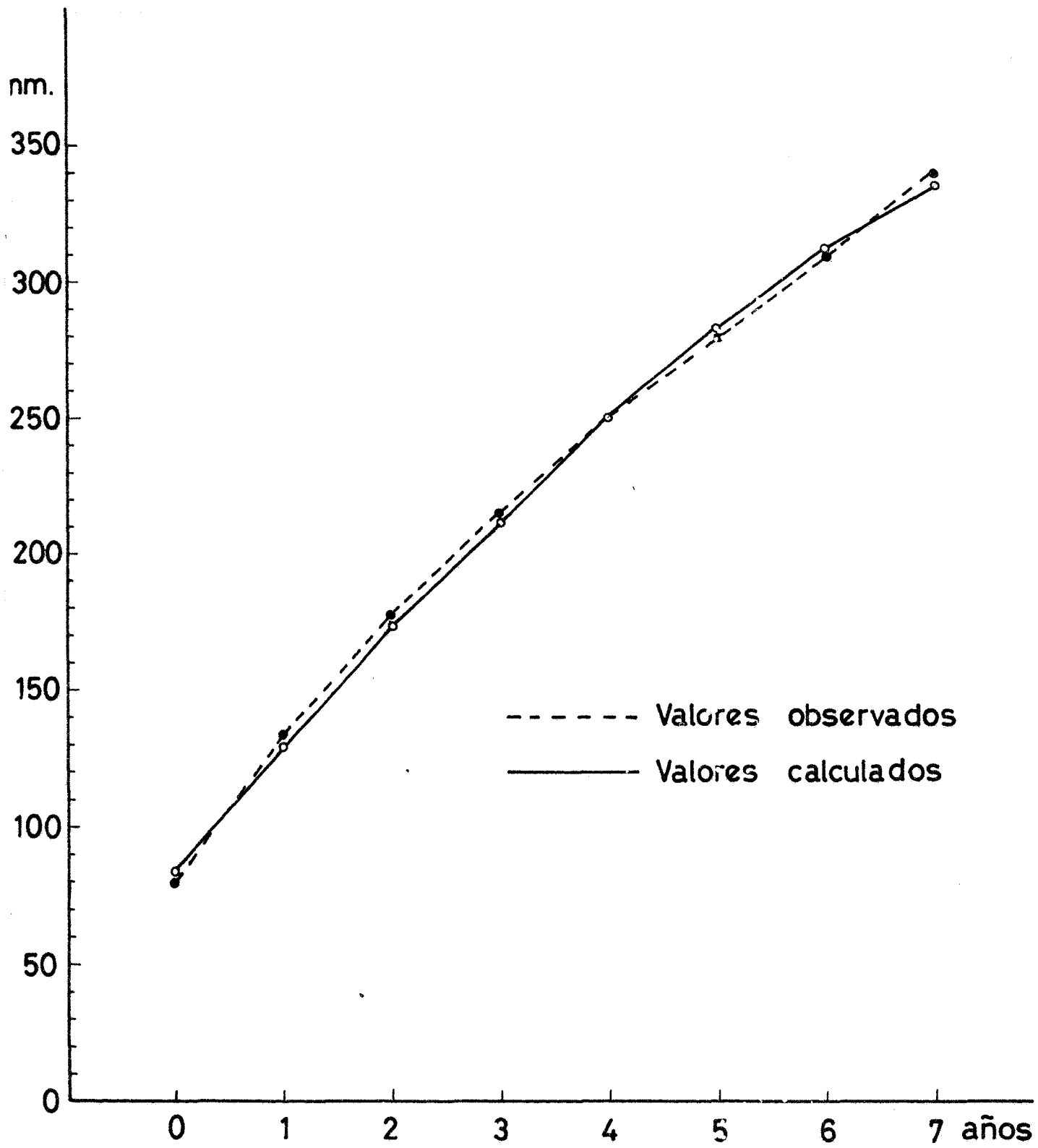


Figura III.7 Curva teórica del crecimiento en longitud de Phycis blennoides

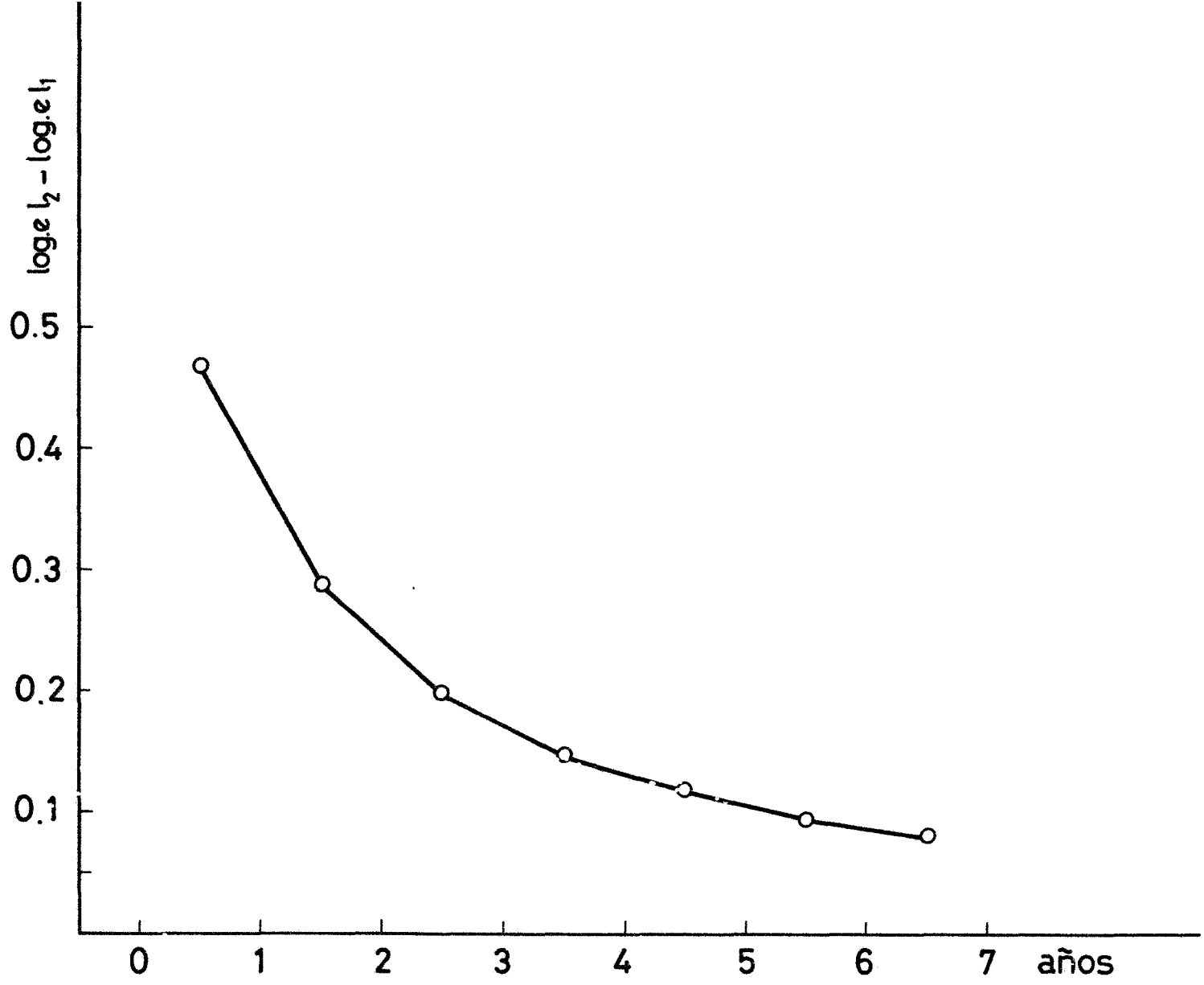


Figura III.8 Rango instantáneo del incremento en longitud .

sentan un otolito formado por el núcleo, una banda hialina y otra opaca, por lo tanto, pertenecen a la clase de edad "1". Por lo que el crecimiento es muy rápido durante los primeros meses.

A partir del primer año de vida la velocidad de crecimiento disminuye, incrementándose 4.5 cm de la longitud total entre el primero y segundo año, 4.0 cm entre el segundo y tercer año y 3.6 cm entre el tercero y el cuarto. A partir de éste, el crecimiento es aun más lento con un incremento medio de talla de 3.0 cm por año. Valor extraordinariamente pequeño, comparado con aquellos de las primeras etapas, (figuras III.7 - III.8).

Con el objeto de analizar las características del crecimiento de Phycis blennoides y de establecer algunas relaciones con otras poblaciones de peces, se han elaborado las figuras III.9, III.10. En los cuales se hace una exposición de los valores de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy, estimados para varios miembros de la familia Gadidae y diversas especies del Mediterráneo Occidental. Incluyendo los determinados para la brótola en el presente trabajo.

En las figuras III.9 y III.10, se observa que en la mayoría de los casos, cuanto más elevado es el valor del coeficiente k , menor es el valor de L_{∞} , y por tanto más rápido será alcanzado este por la especie en cuestión, como ocurre con Sardina pilchardus.

Por lo tanto, los valores elevados de k , producirán curvas de crecimiento muy convexas. Mientras que los bajos valores de k , producirán curvas suaves, en las que el creci-

miento es casi constante a través de una serie de años y la longevidad más elevada. Este es el caso de Phycis blennoides.

El valor del índice k, determinado para Phycis blennoides, una posición inferior con respecto a las demás especies del Mediterráneo Occidental. (figura III.10). Una situación muy semejante ocurre con Merluccius merluccius.

Con respecto a otros miembros de la familia Gadidae, (figura III.9) se observa que Phycis blennoides ocupa una posición intermedia en lo que respecta al valor del coeficiente k. Una situación muy semejante ocurre en Merluccius merluccius del área de Castellón y Merluccius capensis del área del Cabo, Sudáfrica.

Las diferencias del valor de k entre las distintas especies, pueden estar relacionadas con lo establecido por Wheatherly (1966). Este autor pone de manifiesto, que las familias o especies, pueden llegar a presentar tasas potenciales de crecimiento determinadas genéticamente, que pueden variar dentro de cada especie o población de acuerdo con las condiciones ambientales de un área determinada. Como son la temperatura, disponibilidad del alimento y la intensidad de competencia, las cuales producen variaciones en la tasa de crecimiento.

Dichas variaciones dentro de una familia o especie, pueden observarse en Gadus callarias en las diferentes áreas del Atlántico Norte. En Merluccius merluccius en las áreas de Castellón y el Cantábrico; y entre Phycis blennoides y Urophycis chuss, en el Mediterráneo Occidental y en el Atlántico Noroeste, respectivamente, que a pesar de ser especies muy semejan-

tes, presentan valores del coeficiente k muy diferentes.

También es importante señalar que las tasas de crecimiento de una familia o especie, pueden presentar importantes variaciones debidas a la explotación pesquera. La cual puede producir una disminución en la talla comercial de las especies explotadas, y por lo tanto, desviaciones del valor del coeficiente k .

Figura III.9 Parámetros del crecimiento para diferentes especies de la familia Gadidae.

Especie	Localidad	L_{∞} (mm)	k	$A_{0.95}$	Autor
<u>Gadus callarias</u>	Norte de Islandia	2003	0.064	46.9	Saemundson 1923
<u>G. callarias</u>	Norte de Noruega	1540	0.069	43.7	Jensen y Hansen 1931
<u>G. callarias</u>	Noroeste de Islandia	1885	0.080	37.7	Saemundson 1923
<u>G. callarias</u>	Este de Islandia	1466	0.096	31.3	Saemundson 1923
<u>G. callarias</u>	Mar del Norte	1435	0.167	18.0	Graham 1936
<u>G. callarias</u>	M. de los Barentos	1340	0.109	27.6	Trout 1949
<u>G. callarias</u>	Nueva Escocia	1235	0.118	25.4	Martin 1953
<u>G. callarias</u>	Suroeste de Islandia	1276	0.147	20.4	Saemundsen 1923
<u>G. callarias</u>	Sur de Islandia	1096	0.219	13.7	Saemundsen 1923
<u>G. callarias</u>	Sur de N. Inglaterra	988	0.281	10.7	Schroeder 1930
<u>G. callarias</u>	Lofoten	959	0.284	10.6	Rollefsen 1934

Figura III.9 (continuación)

Especie	Localidad	L_{∞}	k	t_0	$A_{0.95}$	Autor
<u>Micromesistius</u> <u>poutassou</u>	Mediterráneo Occidental	279	0.60	-0.91	4.1	Bas 1963
<u>M. poutassou</u>	Archipiélago Toscano	281	0.48	-1.6	4.64	Matta (1959)
<u>M. poutassou</u>	Costa Oriental de Escocia	399	0.15	-3.51	16.5	Raitt (1966)
<u>M. poutassou</u>	Faroe	334	0.23	-2.94	10.1	Raitt (1966)
<u>Phycis</u> <u>blennoides</u>	Barcelona	574.39	0.104769	-0.46	28.0	Gallardo (prente trabajo)
<u>Urophycis</u> <u>chuss</u>	Atlántico Noroeste	426	0.37	-1.0	7.0	Rikhter (1974)
<u>Merluccius</u> <u>merluccius</u>	Cantábrico	1406.7	0.07083	-0.103	42	Robles 1975
<u>M. merluccius</u>	Castellón	460.26	0.1301	-1.62	21.40	Figueras 1955
<u>M. capensis</u>	Sudáfrica	1413.5	0.0911	0.4731	33.4	Botha 1971
<u>M. paradoxus</u>	Sudáfrica	1071.4	0.1370	0.5299	22.4	Botha 1971

Figura III.10 Parámetros del crecimiento para diferentes especies del Mediterráneo Occidental

Autor	Especie	Familia	Localidad	L_{∞} (mm)	k	t_0	$A_{0.95}$
Larrañeta (1965)	<u>Sardina pilchardus</u>	Clupeidae	Castellón	203	0.3065	-1.54	8.2
Suau (1970)	<u>Lithognathus mormyrus</u>	Sparidae	Castellón	332.7	0.275	0.0573	11.0
Carrillo (1978)	<u>Trachurus trachurus</u>	Carangidae	Barcelona	376.5	0.22	-1.016	12.6
Carrillo (1978)	<u>T. mediterraneus m.</u>	Carangidae	Barcelona	342.5	0.2057	-0.912	13.65
Suau (1976)	<u>Sparus auratus</u>	Sparidae	Barcelona	621.9	0.171	-0.631	16.88
Zuñiga (1967)	<u>Boops boops</u>	Sparidae	Castellón	352	0.1712	-2.06	15.4
Figueras (1955)	<u>Merluccius merluccius</u>	Gadidae	Castellón	460.26	0.1301	-1.62	21.40
Gallardo (1979)	<u>Phycis blennoides</u>	Gadidae	Barcelona	574.39	0.104769	-0.46	28.0
Rodríguez- Roda (1964)	<u>Thunnus thynnus</u>	Scombridae	G.de Cádiz	355.8	0.09	-0.89	32.4
Larrañeta (1967)	<u>Pagellus erythrinus</u>	Soaridae	Castellón	517	0.136	-1.12	20.9

3.1.3. Crecimiento según el sexo

En la determinación de las constantes de la ecuación de Brody-Bertalanffy, para el estudio del crecimiento entre sexos, se aplicaron los métodos de Tomlinson-Abramson y la ecuación de Beverton. Ya que son las técnicas que presentaron un mejor ajuste en la determinación de la curva general de crecimiento de Phycis blennoides.

Crecimiento en los machos de Phycis blennoides.

Utilizando los datos obtenidos por medio de la lectura de otolitos (tabla II.8), se obtuvieron los valores de k , L_{∞} y t_0 (tablas III.44, III.45 y III.46 apéndice). A continuación se muestran los valores obtenidos así como la suma de las diferencias entre los valores observados y los calculados, (tablas III.50 y III.51, apéndice).

Método empleado	L_{∞}	k	t_0	SD^2
Tomlinson y Abramson	366.68	0.217161	-0.6264384	8.2076448
Beverton	366.68	0.218415	-0.6017993	8.7189748

Como puede deducirse de las sumas de los cuadrados de las diferencias, los valores más ajustados a los observados corresponden a aquellos obtenidos para los parámetros mediante el método de Tomlinson y Abramson, de tal manera que podemos proponer como ecuación del crecimiento en longitud de los machos de Phycis blennoides, la forma siguiente:

$$l_t = 366.68 (1 - e^{-0.217161(t+0.6264384)})$$

Las longitudes teóricas a diferentes edades son las siguientes:

Edad (años)	Valores observados (mm)	Valores calculados (mm)
2	160	159.38772
3	200	199.85123
4	230	232.41608
5	260	258.62417
6	280	279.7167

En la figura III.11 se expone la curva teórica del crecimiento en longitud para los machos de Phycis blennoides, para las edades de 2 a 6 años.

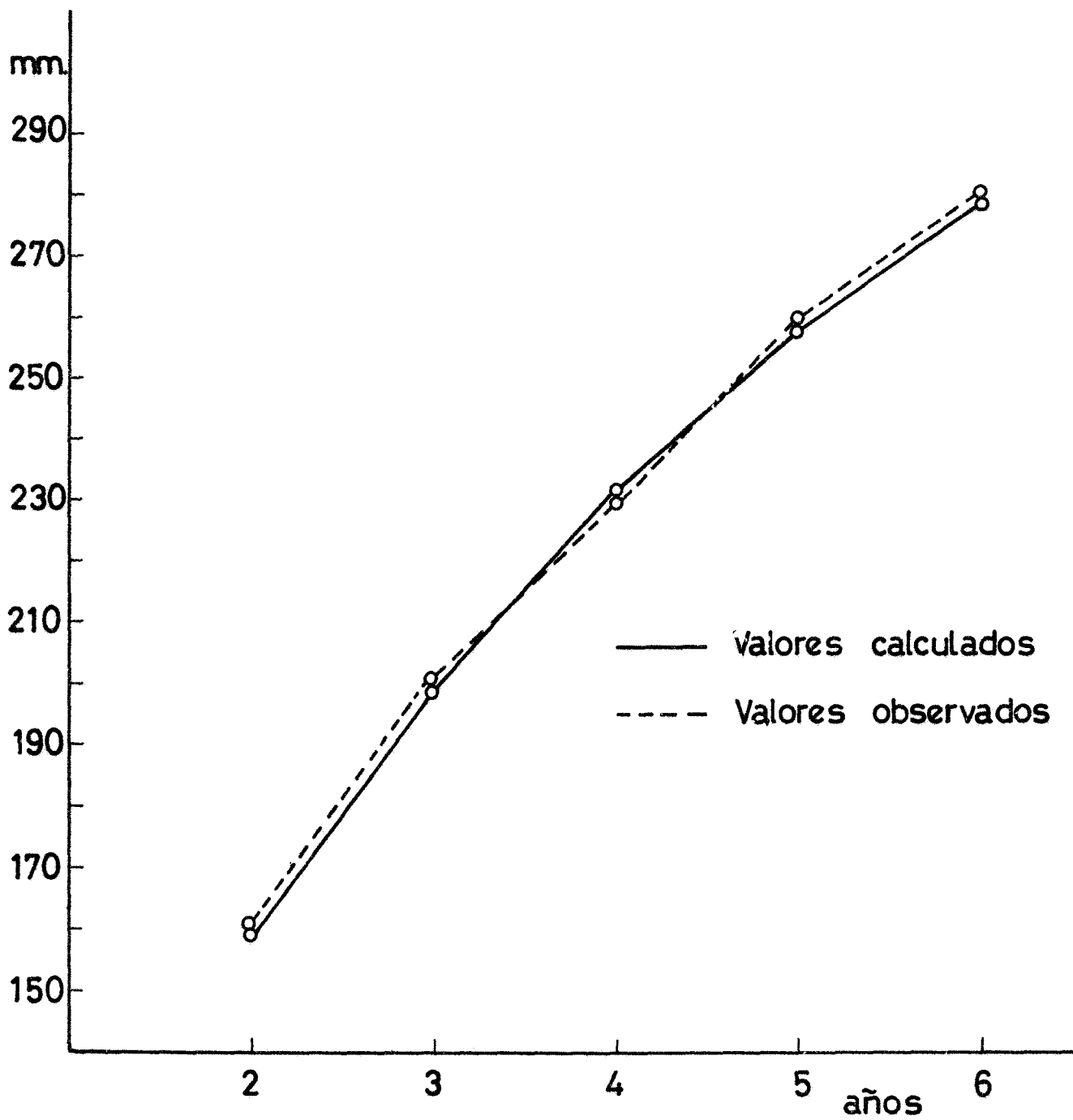


Figura III.11 Curva de crecimiento en machos de Phycis blennoides.

Ecuación del crecimiento para las hembras de Phycis blennoides

Para probar el ajuste de los coeficientes obtenidos por medio de los dos métodos empleados (tablas III.47, III.48 y III.49), se han desarrollado las curvas correspondientes y comparado con los datos observados por medio de la suma de los cuadrados de las diferencias (tablas III.52 y III.53 apéndice), los resultados son los siguientes:

Método aplicado	L_{∞} (mm)	k	t_0	SD ²
Tomlinson y Abramson	667.81	0.0905403	-1.3802803	14.161574
Beverton	667.81	0.0905388	-1.3796504	14.152796

Vemos que la curva calculada que más se ajusta a los valores observados, es la correspondiente a los coeficientes: $L_{\infty} = 667.81$ mm, $k = 0.905388$, $t_0 = -1.3796504$, que son los que tomamos como definitivos. Por lo tanto, la ecuación de Brody-Bertalanffy adoptará en el caso de las hembras de Phycis blennoides la forma siguiente:

$$l_t = 667.81 (1 - e^{-0.0905388(t + 1.3796504)})$$

Las longitudes teóricas a diferentes edades son las siguientes:

<u>Edad</u> (años)	<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)
2	180	178.67478
3	220	221.88042
4	260	261.34591
5	300	297.39591
6	330	330.3246
7	360	360.40309

En la figura III.12 se observa la curva teórica de crecimiento en longitud para las hembras de Phycis blennoides, para las edades de 2 a 7 años.

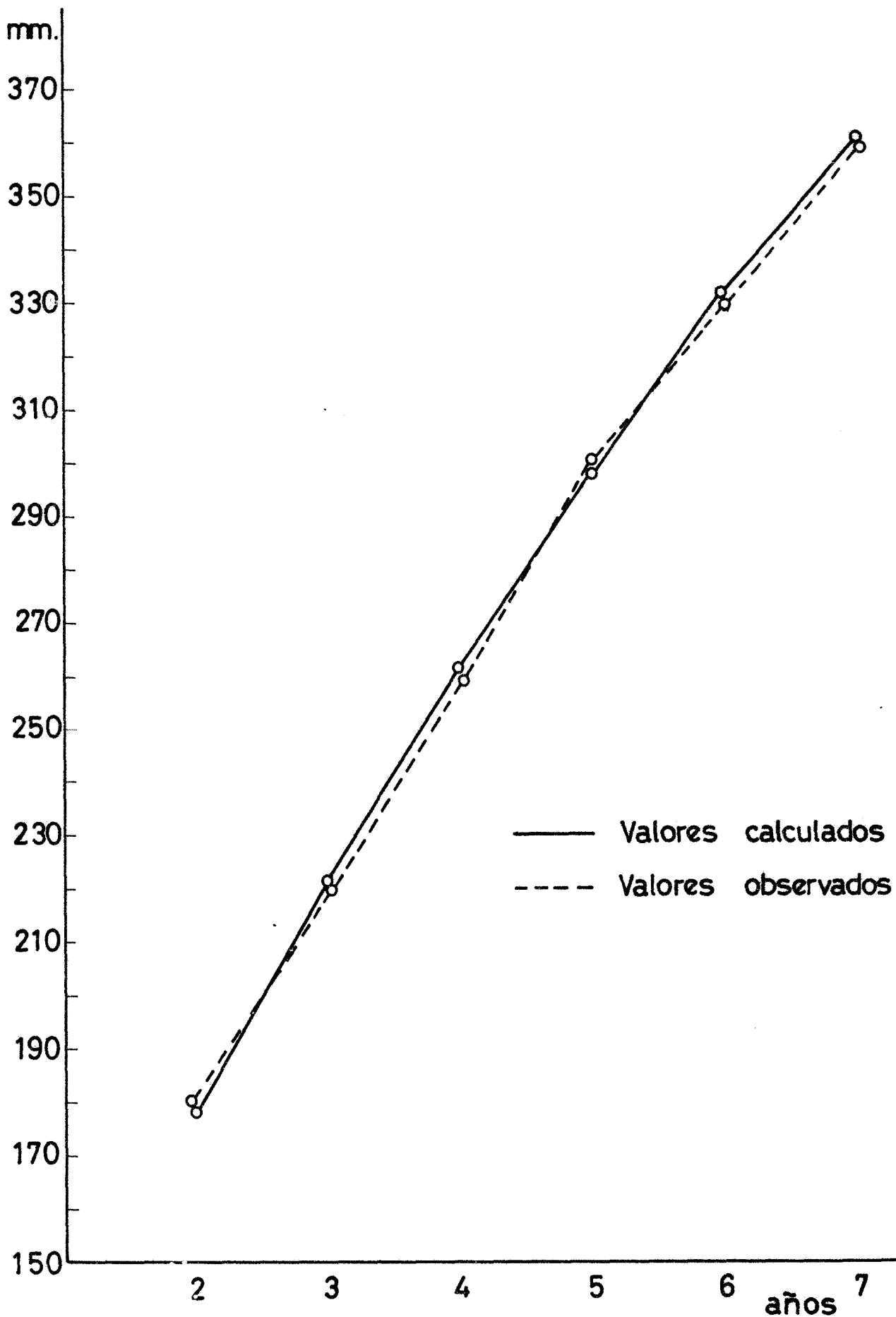


Figura III.12 Curva de crecimiento en hembras de Phycis blennoides.

Diferencias del crecimiento entre sexos.

Las diferencias en los patrones de crecimiento entre sexos se presentan frecuentemente en los miembros de la familia Gadidae. Generalmente, las hembras presentan una tasa de crecimiento mayor que los machos.

Hickling (1933) demostró que las hembras de la Merluza europea crecen más rápido que los machos desde el tercer año de edad, a partir del cual esta diferencia se incrementa con la edad. Hickling interpretó este hecho asumiendo que los machos maduran a una edad más temprana que las hembras y que éstos deben emplear una cantidad mayor de energía en la producción de los productos sexuales, mientras que las hembras de la misma edad, emplean la mayor parte de la energía en el crecimiento.

Nelson y Larkins (1970) encontraron que las hembras de la Merluza del Pacífico, presentaban un mayor crecimiento que los machos a partir de los cuatro años de edad. Nichy (1969) observó este mismo fenómeno en Merluccius bilinearis.

Botha (1971) observó diferencias en el crecimiento de machos y hembras del Merluccius capensis y M. paradoxus, en el área del Cabo y Lüderitz (Sudáfrica). Los machos presentaban una tasa de crecimiento menor que las hembras de la misma edad, esta diferencia aumentaba conforme se incrementaba la edad.

Alvariño y Rodríguez (1955) observaron este mismo fenómeno en Gadus minutus.

Wheeler (1969) encuentra diferencias entre el crecimien-

to de hembras y machos en: Gadus merlangus, Trisopterus minutus, Molva molva, Phycis blennoides y Molva dypterygia, en todos los casos la tasa de crecimiento de las hembras es mayor que la de los machos.

Los resultados obtenidos para Phycis blennoides se muestran en la siguiente tabla y en la gráfica III.13.

<u>Edad</u> <u>(años)</u>	Machos	Hembras
	<u>Long. (mm)</u>	<u>Long. (mm)</u>
2	159.39	178.67
3	199.85	221.88
4	232.42	261.35
5	258.62	297.40
6	279.72	330.32
7	--	360.40

Los parámetros de crecimiento son los siguientes:

	Machos	Hembras
L_{∞}	366.68	677.81
k	0.217161	0.0905388
t_0	-0.6264384	-1.3796504

Se disponen de datos para el estudio de la edad y crecimiento por sexos a partir de los dos años, edad en que las gonadas pueden ser diferenciadas para uno y otro sexo. Las edades máximas que se emplearon para el estudio del crecimiento entre sexos son seis años para los machos y siete para las hembras.

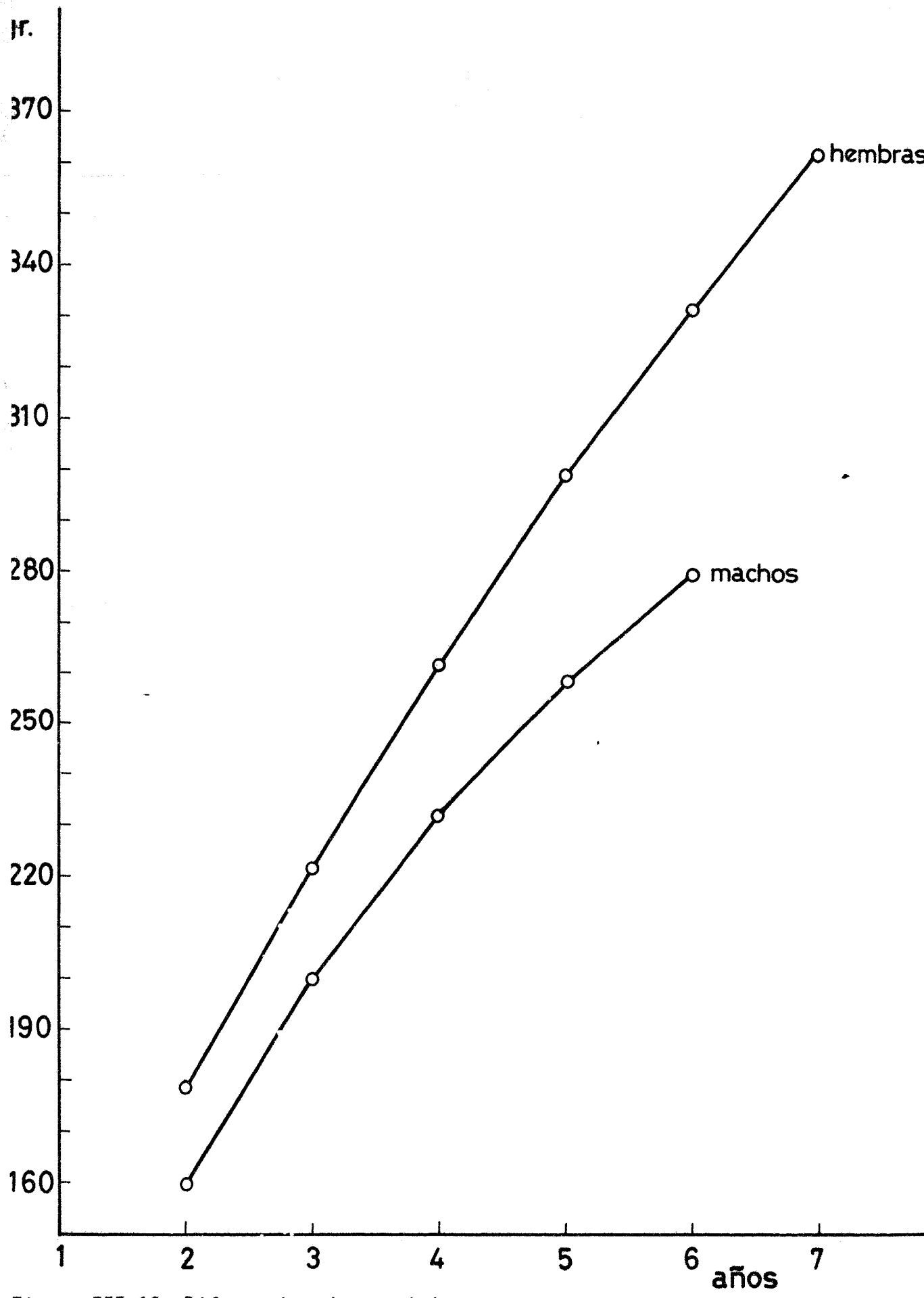


Figura III.13 Diferencias de crecimiento entre sexos.

Sin embargo, han aparecido en los muestreos, ejemplares pertenecientes a grupos de edad muy superiores, un macho de ocho a nueve años de 320 mm de longitud total y una hembra de 540 mm, cuya edad correspondería a más de 20 años. Hart (1951) y Wheeler (1969) han encontrado valores semejantes y aun mayores en ejemplares de Phycis blennoides en las costas de Inglaterra.

Con respecto a los parámetros del crecimiento entre sexos, se observa que el valor de k es mucho más elevado en los machos que en las hembras, por lo que éstos alcanzarán más rápido una talla cercana a L_{∞} , produciéndose una curva de crecimiento más convexa. Mientras que en las hembras se presenta una curva de crecimiento más suave, con una serie de años con una tasa de crecimiento casi constante así como una longevidad mayor.

Durante el segundo año de vida de Phycis blennoides, la velocidad de crecimiento es similar en ambos sexos, incrementándose la longitud de los ejemplares 4.0 cm al tercer año de vida. A partir de esta edad el crecimiento disminuye en los machos, con un incremento de talla media de 3.0 cm entre los 3 y 4 años, mientras que en las hembras de esa misma edad, la tasa de crecimiento es de 4.0 cm, valor que se mantiene hasta los 5 años.

En los machos a partir de los cuatro años el crecimiento es aun más lento, con un incremento medio de talla de 2.0 cm cada año.

En las hembras a partir del quinto año de vida disminuye la velocidad del crecimiento, aumentando en promedio 3.0 cm cada año.

Como puede observarse, a partir de los 3 años, el crecimiento de los machos es mucho menor que el de las hembras en esa misma edad, esta diferencia aumenta en proporción directa a la edad.

Al igual que en las experiencias realizadas por Hickling (1933) para la merluza, es muy posible que las diferencias de crecimiento entre sexos de Phycis blennoides estén asociadas con la edad de madurez de uno y otro sexo. La mayor parte de los machos maduros, colectados en los muestreos pertenecían a los grupos de edad 2 y 3, mientras que las hembras maduras pertenecían a los grupos de edad 3 y 4.

Wheeler (1969) observa características muy similares en la velocidad de crecimiento en los machos y hembras de Phycis blennoides, en las costas de Inglaterra.

En la siguiente tabla (III.54) podemos establecer la siguiente comparación para los machos de Phycis blennoides:

TABLA III.54

Relación edad-longitud de Phycis blennoides (machos) según Wheeler (1969) y Gallardo (presente trabajo).

Estimaciones de Wheeler (1969)		Estimaciones del presente trabajo	
<u>Edad</u> <u>(años)</u>	<u>Long.</u> <u>(mm)</u>	<u>Edad</u> <u>(años)</u>	<u>Long.</u> <u>(mm)</u>
3	230	3	200
4	250	4	230
5	270	5	260
6	290	6	280

Como puede observarse, las longitudes para cada edad que alcanzan los machos de Phycis blennoides en el norte del océano Atlántico, son mayores que las que presenta esta misma especie en el mar Mediterráneo. Sin embargo, la velocidad de crecimiento durante las edades 3 a 5 años es mayor en la brótola del Mediterráneo que en la del Atlántico Norte. A partir del quinto año de edad la tasa de crecimiento es muy similar para esta especie en ambas zonas.

Las hembras presentan un patrón de crecimiento muy semejante al señalado por Wheeler (1969). Aunque este autor no proporciona en su trabajo los valores de las constantes de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy para esta especie, establece que las hembras pueden llegar a alcanzar longitudes de 760 mm, valor mayor que el obtenido para $L_{\infty} = 668$ mm en las hembras de Phycis blennoides en el Mediterráneo Occidental.

La talla máxima encontrada para las hembras en los muestreos del Mediterráneo, corresponde a un ejemplar de 540 mm de longitud total, colectado durante el mes de agosto de 1978 en el caladero de la Malica, Blanes, a 500 m de profundidad.

Es muy posible que esta especie en el océano Atlántico presente un crecimiento más regular y lento que en el Mediterráneo Occidental. Así mismo, los ejemplares del Atlántico Norte presentan tallas mayores que los del Mediterráneo a una misma edad y una mayor longevidad.

Todo ello está relacionado con las temperaturas más bajas y una mayor productividad presentes en el océano Atlántico. Por otra parte la plataforma continental de este último

presenta una superficie mucho mayor que la del Mediterráneo, por lo que la disponibilidad y cantidad del alimento y de espacio son mucho mayores. Lo que trae como consecuencia que las poblaciones de peces se desarrollen dentro de un ambiente mucho más estable y alcancen mayor crecimiento y abundancia.

También es importante señalar, que esta especie es menos afectada por la explotación pesquera en el Atlántico Norte que en el Mediterráneo (Wheeler, 1969). Por tanto los ejemplares podrán alcanzar tallas mayores en comparación con los del Mediterráneo, en donde la captura comercial de esta especie está constituida en su mayoría por ejemplares de 2 y 3 años.

3.2 CRECIMIENTO EN PESO.

Relación talla-peso.

El crecimiento en peso puede calcularse directamente, pero resulta más práctico y sencillo realizar su estimación traduciendo a pesos las tallas encontradas a cada edad. Para ello es necesario estudiar la relación entre la longitud y el peso.

Por lo que se aplicó la función exponencial:

$$w = a \cdot l^b$$

Donde w es el peso, l la talla, a y b son coeficientes. b es una constante característica de la población estudiada y suele ser un número próximo a tres; a depende de las unidades de peso y longitud empleadas.

En este caso se ha establecido la relación entre la longitud total en milímetros y el peso en gramos, tanto del pez entero como desviscerado.

Para resolver estos cálculos, se ha empleado la transformación logarítmica:

$$\log w = \log a + \log l \times b$$

con lo que se obtiene una ecuación lineal.

En las figuras III.14 y III.15, aparecen las rectas de regresión de las relaciones entre los logaritmos del peso y de la talla, calculados por medio de mínimos cuadrados, empleándose 4.016 datos para peces enteros y desviscerados. Para obtener estos datos se tomaban series de pesos para cada intervalo de longitudes de 10 en 10 milímetros y posteriormente se calculó el peso promedio de cada una de las clases de tallas.

La línea de regresión tuvieron las siguientes ecuaciones:

$$w = 0.000004 l^{3.094}$$

para los peces enteros, y

$$w = 0.000003 l^{3.12}$$

para los peces desviscerados.

En la tabla III.55 (apéndice), aparece la relación entre el peso y la talla para los peces enteros y en la tabla III.56 (apéndice), la misma relación para los peces desviscerados.

7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.1

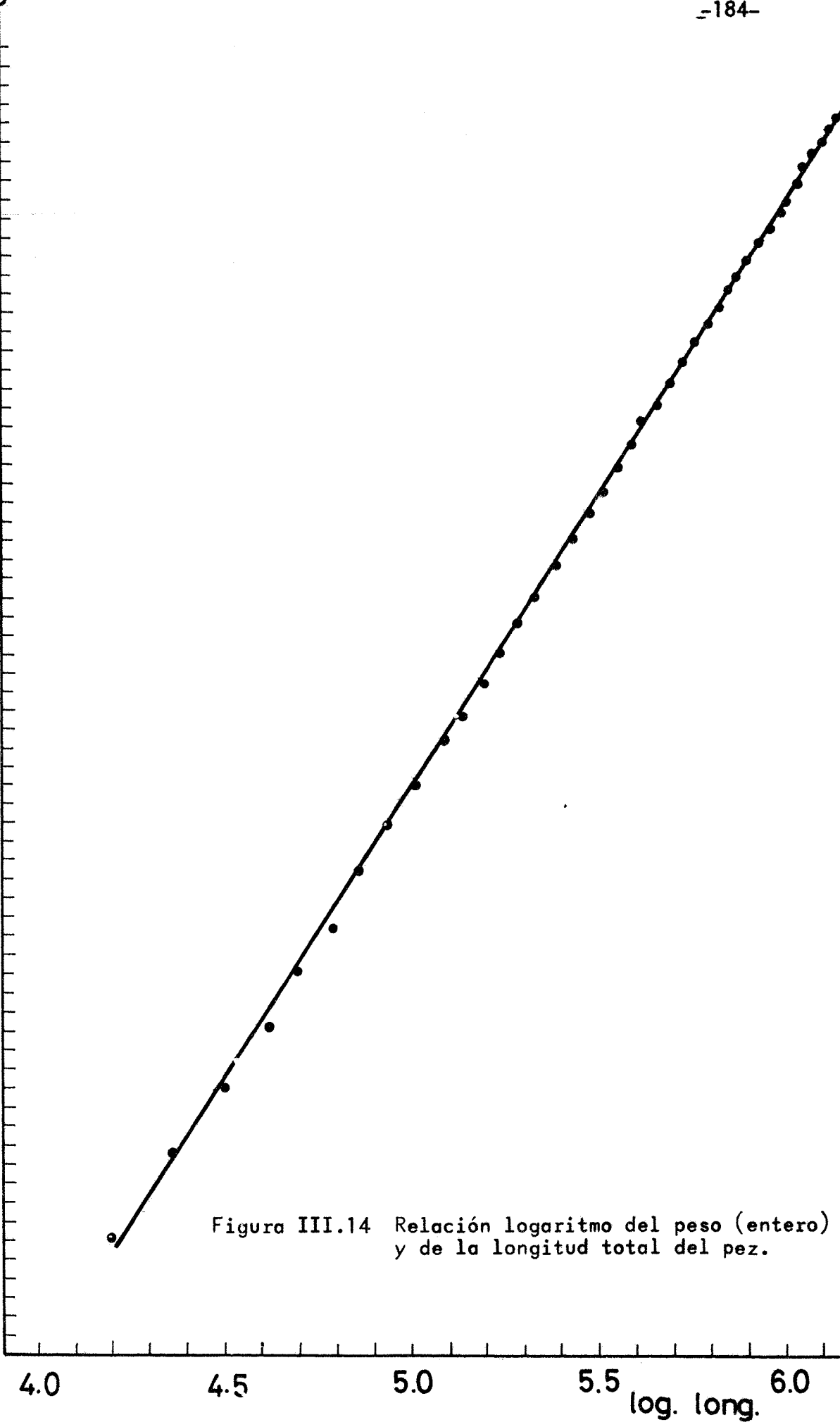
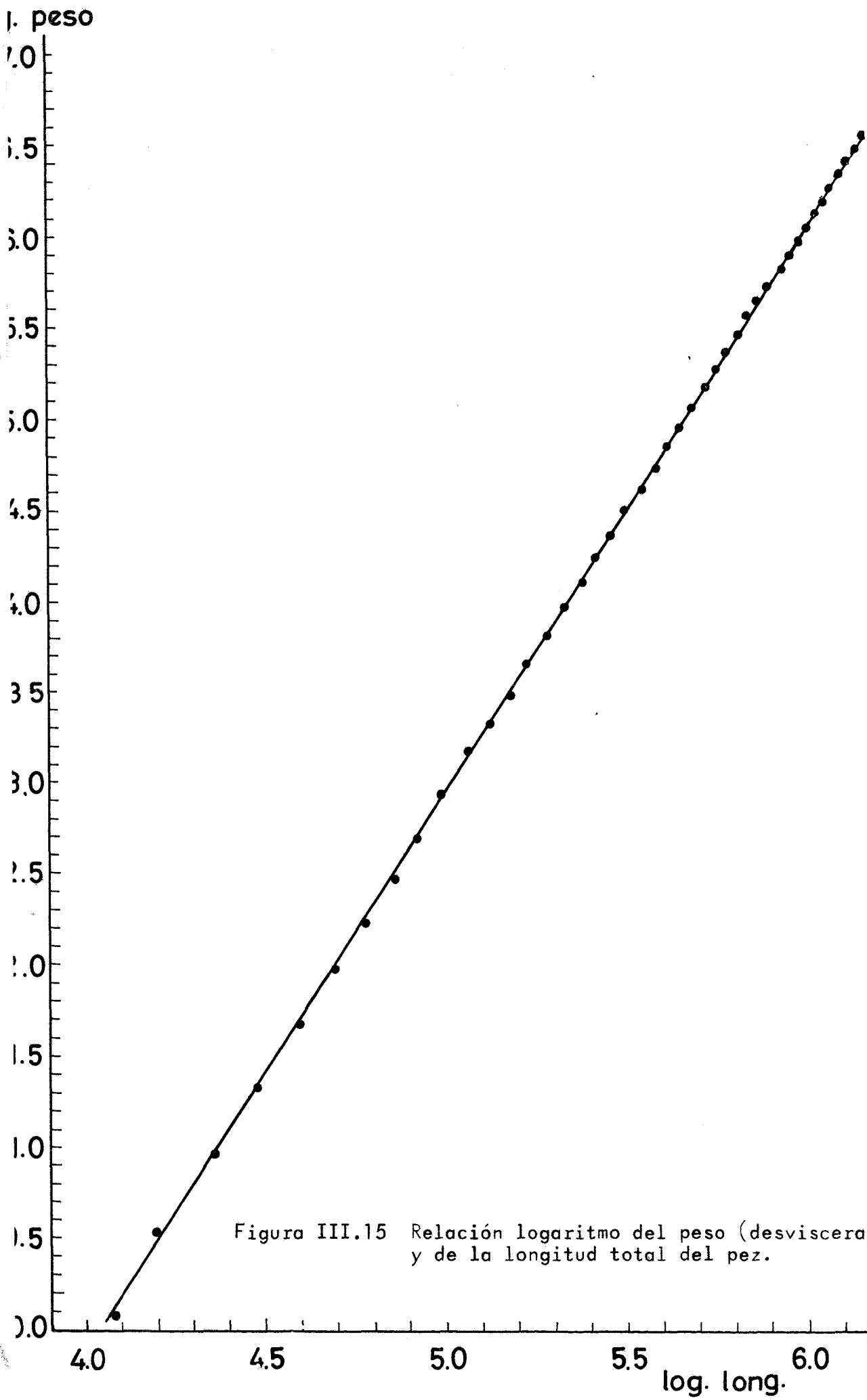


Figura III.14 Relación logaritmo del peso (entero) y de la longitud total del pez.



Peso a cada edad.

De acuerdo con las anteriores relaciones entre la talla y el peso, se obtienen los pesos a cada edad a partir de los datos de crecimiento en longitud.

En la tabla III.57 y III.58, se obtuvo el crecimiento en peso, basándose en los datos de longitud-edad deducidos por medio de la lectura de otolitos.

El incremento instantáneo en peso viene expresado por la ecuación matemática:

$$\frac{dw}{dt} = kw$$

siendo k, el coeficiente de crecimiento, integrando, se obtiene:

$$w_t = w_0 e^{kt}$$

$$\log_e w_t = \log_e w_0 + kt$$

$$k = \frac{\log_e w_t - \log_e w_0}{t}$$

Constante, mediante la cual podemos obtener el crecimiento en dos edades sucesivas.

Tomando los datos de las tablas III.57 y III.58, obtenemos los crecimientos relativos, para cada periodo de edad.

TABLA III.57

Crecimiento en peso (entero), absoluto y relativo de Phycis blennoides.

<u>Grupos de edad (años)</u>	<u>Longitud media (mm)</u>	<u>Peso absoluto g (g.)</u>	<u>Peso relativo k (g.)</u>
0	80	3.091864	
1	132	14.55848	1.5494
2	177	36.08188	0.90762
3	215	65.8604	0.60175
4	250	105.0236	0.46665
5	280	149.1308	0.35063
6	310	204.3304	0.31492
7	340	271.9292	0.2858

Podemos apreciar, que el coeficiente relativo disminuye conforme aumenta la edad.

TABLA III.58

Crecimiento en peso (desviscerado), absoluto y relativo de Phycis blennoides..

<u>Grupos de edad (años)</u>	<u>Longitud media (mm)</u>	<u>Peso absoluto g (g.)</u>	<u>Peso relativo k (g.)</u>
0	80	2.598735	
1	132	12.39687	1.562415
2	177	30.9597	0.91525
3	215	56.7975	0.6068
4	250	90.9273	0.47057
5	280	129.4953	0.35358
6	310	177.8973	0.31757
7	340	237.3207	0.2882

Crecimiento teórico en peso

La expresión matemática del crecimiento teórico en peso puede obtenerse substituyendo, l_t y L_∞ , en la ecuación de crecimiento en longitud por, w_t y W_∞ , obtenidas de acuerdo con la relación entre la talla y el peso. A la talla límite máxima de 574.39 mm, le corresponde un peso entero de 1337.356 g, y un peso desviscerado de 1218.558 g.

Las correspondientes ecuaciones para el peso son:

$$w_t = 1377.356 (1 - e^{-0.104769 (t+0.4637287)})^3$$

para el entero y

$$w_t = 1218.558 (1 - e^{-0.104769 (t+0.4637287)})^3$$

para el desviscerado.

Usando dichas ecuaciones, se han calculado los pesos teóricos, entero y desviscerado de la brótola, Phycis blennoides, a diferentes edades, que aparecen en la table III.59.

TABLA III.59

Relación entre la edad (años) y el peso (g), según la ecuación de von Bertalanffy.

<u>Grupos de edad</u>	<u>Entero</u>	<u>Desviscerado</u>
0	3.96	3.50
1	16.22	14.35
2	38.83	34.35
3	71.79	63.51
4	114.09	100.89
5	164.00	145.10
6	220.00	194.55
7	280.00	247.73

En las figuras III.16 y III.17, se exponen las curvas teóricas del crecimiento en peso, entero y desviscerado de Phycis blennoides, para las edades de 0 a 7 años.

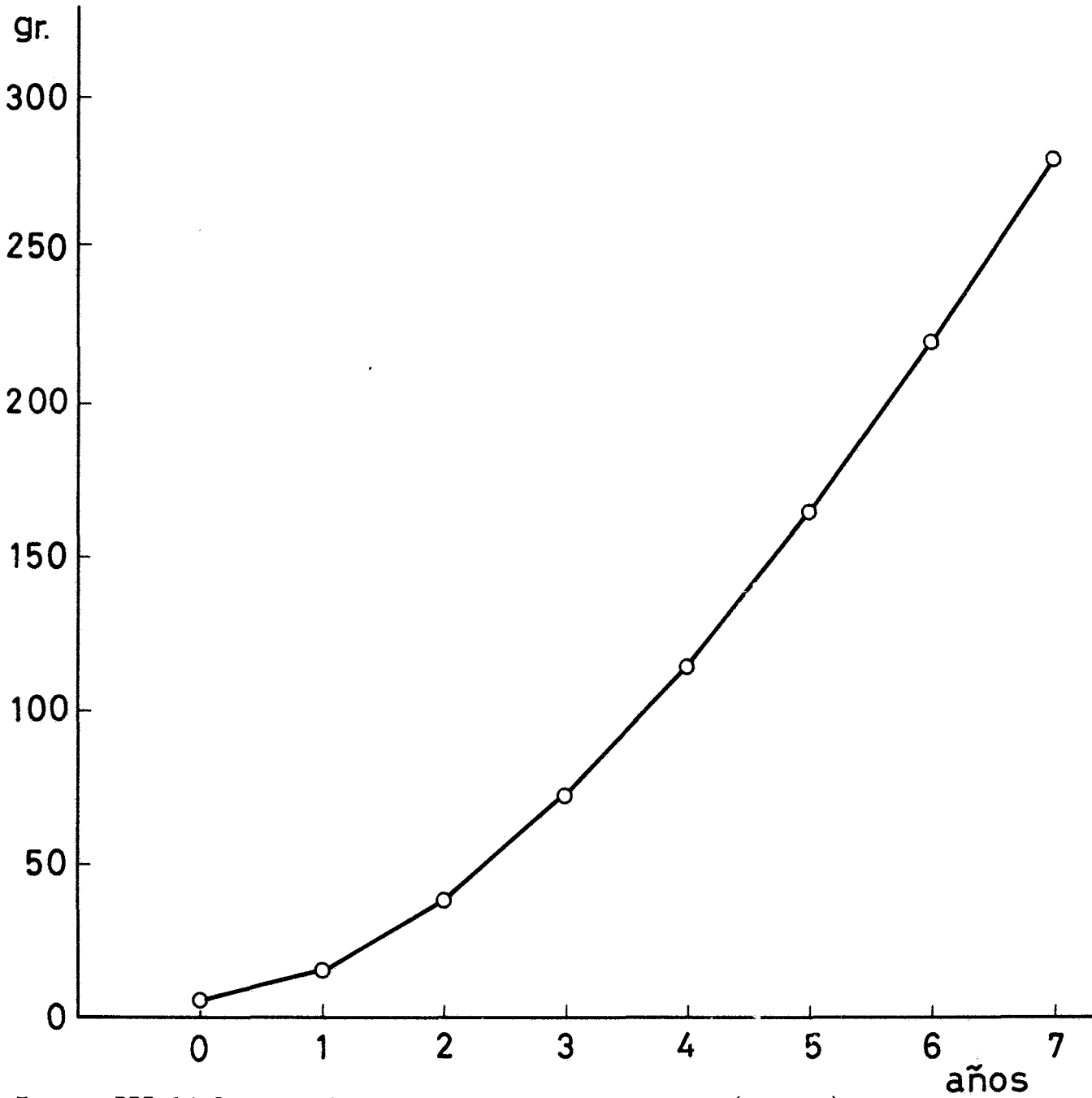


Figura III.16 Curva teórica de crecimiento en peso (entoto) de Phycis blennoides.

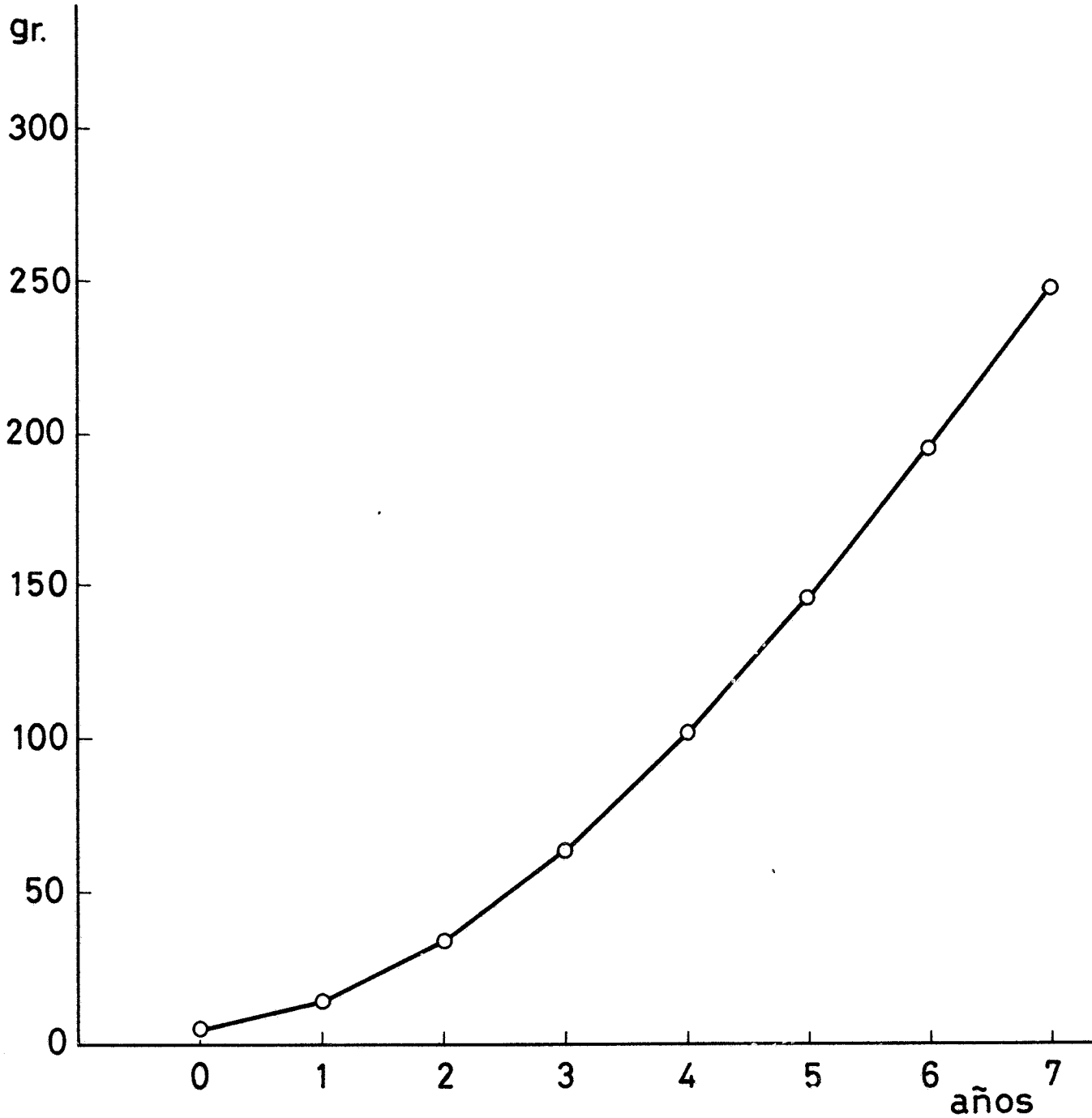


Figura III.17 Curva teórica de crecimiento en peso (desviscerado) de Phycis blennoides.

3.3 CRECIMIENTO COMPENSATORIO

El crecimiento compensatorio ha sido estudiado por Sund, 1911; Gilbert, 1914; Watkin, 1927; Ford, 1933; Scott, 1949; y Ricker, 1969 entre otros. Y se define como el fenómeno mediante el cual los peces que durante sus primeros años de vida, han alcanzado una longitud o peso relativamente bajos, tienden posteriormente a presentar un crecimiento mayor que aquellos peces de su misma edad que crecieron normalmente. De tal manera, que la mayoría de los peces tenderían hacia una talla similar y a una reducción en la dispersión de tallas conforme se hacen más viejos. Lo que mostrará una disminución standard al incrementarse la edad.

Examinando los datos obtenidos para Phycis blennoides, mediante el análisis de la distribución de tallas y grupos de edad, se observa lo siguiente:

TABLA III.60

Amplitud de los rangos de tallas en los grupos de edad.

<u>Edad</u> (años)	Desviación standard (mm)	
	<u>Método de Cassie</u>	<u>Método de Bhattacharya</u>
0	10	11.3
1	12	11.9
2	10	16.9
3	6	7.9
4	8	6.8
5		7.5

Aunque los valores obtenidos por el método de Cassie son diferentes de los calculados por la técnica de Bhattacharya, en ambos casos se observa que en las edades 0, 1 y 2 años la variabilidad es mucho mayor que en los demás grupos de edad. Y que a partir de los 3 años de edad ésta se reduce. Aunque luego vuelve a aumentar la desviación standard, las diferencias no son tan marcadas.

Lo anterior puede interpretarse de la siguiente manera:

A).- El crecimiento compensatorio se presenta a partir del tercer año, edad en que se alcanza el punto de inflexión en la curva de longitud-edad, es decir, que aquellos peces que crecieron poco durante sus primeros años posteriormente crecieron más intensamente.

También es importante señalar que la disminución de la variabilidad en ejemplares de más de 3 años, puede deberse a que la captura comercial de esta especie es ejercida principalmente en individuos de 2 y 3 años. Por lo tanto, los ejemplares mayores presentarán una variabilidad de tallas más baja debido a una menor abundancia.

B).- Durante las primeras etapas edades 0 a 1 (método de Cassie) y 0 a 2 años (método de Bhattacharya) se observa una mayor amplitud en el rango de tallas, tratándose de un crecimiento compensatorio inverso. Este mismo fenómeno ha sido observado por Neave 1954.

Esta misma variabilidad en el rango de tallas que va en aumento durante las primeras edades, amplía la dieta ali-

menticia y el nicho ecológico de la brótola en un medio donde se presenta la escasez de alimento y la competencia intraespecífica puede aumentar.

Por lo tanto los individuos de menor talla, ampliarán su nicho ecológico, alimentándose de otro tipo de organismos disponibles en el medio.

Este fenómeno se volverá a analizar, en el capítulo de alimentación y desarrollo.

Resumiendo, se observa que la brótola durante sus primeras etapas de desarrollo presenta un crecimiento compensatorio inverso. A la edad de 3 años, en que alcanza el punto de inflexión en la curva de edad-longitud, muestra un crecimiento compensatorio.

3.4 EDAD LIMITE O LONGEVIDAD

El proceso del crecimiento es una propiedad adaptativa y característica de cada especie, que asegura su unidad con el medio ambiente en que se desarrolla.

La longitud y la edad de los peces presentan grandes variaciones dentro de las distintas especies, desde unos pocos meses para algunos miembros de la familia Gobiidae, hasta aproximadamente 100 años en el caso de los esturiones.

Nikolsky en 1963, establece que la edad límite y la talla máxima que alcanzan las especies de interés comercial varía entre longitudes de 10 cm a 3 m y edades de dos años a varias décadas, respectivamente.

A continuación se presenta una tabla (III.6) de relación longitud-edad máximas para las especies del hemisferio Norte, elaborada por Nikolsky en 1963 y la cual está basada en el análisis de 177 especies (para la longitud) y 104 especies (para la edad límite). Algunos datos fueron obtenidos por el propio autor y otros tomados de Beverton y Holt, 1959 y Dryain, 1934.

Los resultados obtenidos son aproximados ya que cubren tan solo el 5% de la ictiofauna.

TABLA III.61

Relación longitud-edad máximas

L_{∞} (cm)	%	Edad (años)	%
1-10	8.5	1-2	5
10-20	13.5	2-5	17
20-30	12.0	5-10	32
30-50	30.0	10-20	27
50-70	10.0	20-30	11
70-100	7.0	30-40	5
100-150	7.5	40-50	1
150-200	6.0	50 +	2
200-250	1.5		
250 +	4.0	-	

A partir de esta tabla Nikolsky establece las siguientes conclusiones:

- a).- Cerca del 75 % de las especies, presentan un ciclo de vida comprendido entre 2 y 20 años.
- b).- Un 60 %, tienen una edad límite de 5 a 20 años.
- c).- Menos del 10 % presentan una edad límite sobre los 30 años.
- d).- Un 5 % tienen una edad límite de dos años. Este último dato puede estar subestimado ya que la mayoría de los estudios de que disponen, proporcionan menos evidencias sobre la edad de los peces cuyo ciclo de vida es corto.

Determinación de la edad límite por medio del método de Taylor.

A partir de la ecuación de von Bertalanffy:

$$l_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (1)$$

Taylor (1958, 1959, 1960 y 1962) define la edad límite, como el tiempo requerido para alcanzar alguna fracción arbitraria, p , de L_{∞} .

La edad límite, A_p , se deriva de la ecuación (1) de la manera siguiente:

$$A_p = t_0 - \frac{\log_e (1-p)}{k} \quad (2)$$

Considerando la edad límite, como el tiempo requerido para alcanzar el 95 % de L_{∞} , la ecuación (2) se convierte en:

$$A_p = t_0 - \frac{\log_e (1 - 0.95)}{k}$$

por lo tanto:

$$A_{0.95} = t_0 + \frac{2.996}{k} \quad (3)$$

Aplicando en la ecuación de Taylor las constantes de crecimiento, k y t_0 , obtenidos para Phycis blennoides, se calculó la edad límite de la brótola que corresponde a:

$$A_{0.95} = \frac{2.996}{0.104769} - 0.4637287$$

$$A_{0.95} = 28 \text{ años}$$

La edad límite encontrada para cada sexo es la siguiente:

Machos = 13 años

Hembras = 31 años

La edad límite encontrada para Phycis blennoides, 28 años, coincide con los datos expuestos por Nikolsky, 1963; en la tabla III.61. Este valor se aproxima al establecido por Wheeler (1969) para Phycis blennoides en las costas de Inglaterra.

Con respecto a la edad límite por sexos, se observa una gran diferencia entre la longevidad que pueden llegar a alcanzar las hembras con respecto a los machos. Un fenómeno muy semejante, se presenta en M. capensis y M. paradoxus, en el área del Cabo, Sudáfrica, en donde las hembras presentan una edad límite que es poco más del doble que la de los machos.

Aplicando, la ecuación de Taylor a los datos de Botha, 1971, se tiene:

<u>M. capensis</u>		<u>M. paradoxus</u>	
Machos	22 años	Machos	10 años
Hembras	45 años	Hembras	25 años

Edades semejantes han sido establecidas para Gadus callarias, en algunas áreas del Atlántico Norte, (Figura III.9).

Nikolsky (1963), establece que aquellos peces que presentan grandes longevidades son grandes predadores bentófagos que muestran un corto periodo de rápido almacenamiento de grasas, fenómeno que se presenta en la brótola así como en la mayoría de los Gadidos.

La longevidad varía grandemente de una población a otra, como resultado de una adaptación a condiciones particulares.

Los peces de mares cálidos presentan un crecimiento inicial más rápido, pero una menor longevidad, que los de la misma especie en mares fríos, lo que quiere decir que tienen un coeficiente K más elevado y una edad límite menor, (Figura III.9 y III.10). Esto ha sido confirmado directamente por Taylor (1968) en el bacalao de una serie de localidades del Atlántico Norte, estableciendo que el coeficiente K , guarda una relación directamente proporcional con el log. de la temperatura media del agua superficial. Y una relación inversamente proporcional del valor de la temperatura con respecto a L_{∞} y la edad límite.

Como ya se ha mencionado anteriormente, este fenómeno se presenta en Phycis blennoides, en las áreas del Mediterráneo Occidental y del Atlántico Norte. Siendo menores los valores de L_{∞} en el Mediterráneo que en el Atlántico Norte.

Con respecto a las temperaturas que se presentan en el Mediterráneo Occidental, se observa que los fondos en que vive la brótola, 220 a 600 m de profundidad, la temperatura oscila entre 12.75° a 13.4° a través de un ciclo anual, variaciones muy pequeñas como para que puedan representar una variación sobre la curva de crecimiento de estas especies. Por lo que la distribución batimétrica de Phycis blennoides, es uniforme entre los 220 a 600 m de profundidad para los grupos de edad de 2 a 4 años.

Los niveles de abundancia de esta especie, disminuyen a partir de los 3 años de edad. Esta desaparición de los peces de mayor tamaño y edad de la población de la brótola, está más relacionada con los efectos de la explotación pes-

quera que con las variaciones de los parámetros físico-químicos que puedan presentarse en el Mediterráneo Occidental.

También es de suponerse, que la longitud y edad máximas dependen especialmente de la cantidad del alimento y del desove.

Un análisis más detallado de las variaciones producidas sobre la curva de crecimiento de Phycis blennoides, debidas al desove y a la disponibilidad del alimento, se presentan en el siguiente capítulo.

IV. CONSIDERACIONES BIOECOLOGICAS DURANTE EL
CRECIMIENTO DE Phycis blennoides.

4.1 DESOVE

4.1.1 Características de las gonadas de Phycis blennoides

Para el estudio de la sexualidad y ciclo de madurez gonádica de Phycis blennoides fueron analizados 1170 ejemplares pertenecientes a tallas de 110 a 490 mm de longitud total. De los cuales 480 fueron identificados como machos, 479 como hembras y 211 cuyo sexo no pudo ser determinado y que correspondían a individuos jóvenes en estadio virgen.

La proporción de sexos encontrada es de un macho por una hembra (tabla IV-1, apéndice).

En la brótola, Phycis blennoides, las gonadas puede ser diferenciadas sexualmente "a simple vista", cuando los ejemplares han alcanzado entre 160 y 170 mm de longitud total. Antes de esta talla las gonadas muestran un especto muy similar.

Como en la mayoría de los peces los ovarios son de mayor tamaño que los testículos, cuando están maduros llegan a medir 65 mm y pesar 12 g en ejemplares de 280 mm de longitud total (tabla IV-2). Mientras que los testículos de un macho maduro de esta misma talla miden 45 mm de largo y pesan 6 g.

Generalmente el ovario derecho es unos milímetros mayor que el izquierdo. En los testículos no se observan diferencias en el tamaño de los mismos.

TABLA IV.2

Relación peso longitud del ovario derecho de Phycis blennoides para clases de tallas de 220 a 340 mm de longitud total.

<u>Longitud total del pez (mm)</u>	<u>Longitud del ovario (mm)</u>	<u>Peso de ovario (g)&</u>
220	35	6.12
240	43	9.20
260	52	11.4
280	65	12.0
300	72	14.2
320	78	15.6
340	83	16.8

& En todos los casos se obtuvo el peso de los ovarios en estado maduro.

Los ovarios son cilíndricos y cuando están maduros presentan un color grisáceo. La apariencia morfológica de estos no representa diferencias apreciables con respecto a otros Gádidos (Vladykov, 1972).

Los testículos son alargados y presentan un aspecto foliforme. Están divididos en pocos lóbulos de gran tamaño.

Vladykov (op. cit.) establece 6 tipos de testículos entre los Gádidos en base a la cantidad y complejidad de los lóbulos que los forman, asociando estas características con el habitat (aguas dulces o marinos) temperatura y los requerimientos del desove. Llegando a la conclusión de que la estructura de los testículos es más compleja en los Gádidos que habitan en aguas marinas de temperaturas bajas, como son:

Melanogrammus aeglefinus y Gadus morhua, que en las especies de agua dulce o de habitat marino pero de temperatura templada como son: Lota lota, Urophycis chuss, Merluccius bilinearis y otras especies más.

Con respecto a nuestras observaciones podemos decir que Phycis blennoides ocupa una posición intermedia entre los géneros Lota y Urophycis en base a las características morfológicas de estos órganos.

La madurez sexual es alcanzada por los machos a una talla de 180 a 200 mm de longitud total. Como consecuencia de este fenómeno el crecimiento de los machos se detiene a una edad más temprana que en las hembras. En la figura III.13 (sección 3.1.3) se observa que el punto de inflexión en el gráfico de edad longitud, en el caso de los machos, corresponde a la edad 3. Mientras que en las hembras la inflexión se produce en la edad 4.

De lo que podemos concluir, que posiblemente los machos emplean una mayor cantidad de energía en la producción de los productos sexuales alcanzando más rápido una talla cercana a L_{00} . Mientras que las hembras de la misma edad emplean la mayor parte de la energía en el crecimiento, alcanzando una talla y longevidad mayor. Fenómeno común en los miembros de la familia Gadidae (Hickling, 1933; Nelson, y Larkins, 1970; Botha, 1971; Alvaríño y Rodríguez, 1955 y Wheeler, 1969).

4.1.2 Ciclo de madurez gonádica

Homans y Vladykov, (1954); y Powles, 1958 reconocen seis estadios de madurez gonádica en los miembros de la familia Gadidae. En los estadios I y II las gonadas están poco desarrolladas y no muestran características morfológicas que nos permitan establecer una clara diferenciación entre estas dos fases. Los cuatro estadios de madurez gonádica restantes han sido tomados de Homans y Vladykov (1954) como una definición general de los mismos, ya que las características de las gonadas varían considerablemente entre los diferentes género de Gádidos.

Estadoo

Apariencia de las gonadas

3

Inicio de la maduración. Las gonadas comienzan a desarrollarse activamente presentando pocos vasos sanguíneos. Testículos blanquecinos.

Profreza

4

Las gonadas están desarrolladas pudiéndose apreciar los vasos sanguíneos con claridad. Testículos blancos con brillo ligeramente nacarado.

Freza.

5

Las gonadas están maduras de consistencia dura y firme. Ovarios con numerosos óvulos de los que algunos comienzan a hacerse translúcidos. Testículos de color blanco. Los vasos sanguíneos no son notables.

Período de postfreza

6

Las gonadas son flácidas, con vasos sanguíneos prominentes sobre la superficie de los mismos.

A menudo es difícil asignar a las gonadas un estadio de madurez determinado por lo que se han unido los estadios I y II formando el estadio II y los estadios IV y V formando el IV. De tal manera hemos considerado:

Estadios

I y II .- II Reposo (utilizado también para designar a los individuos vírgenes)

III .- III Inicio de la maduración

IV y V .- IV Freza

VI .- V Postfreza

En la figura IV-1 y en la tabla IV-3 (apéndice) se muestran los porcentajes mensuales del número de machos y hembras en los distintos estadios de madurez gonádica.

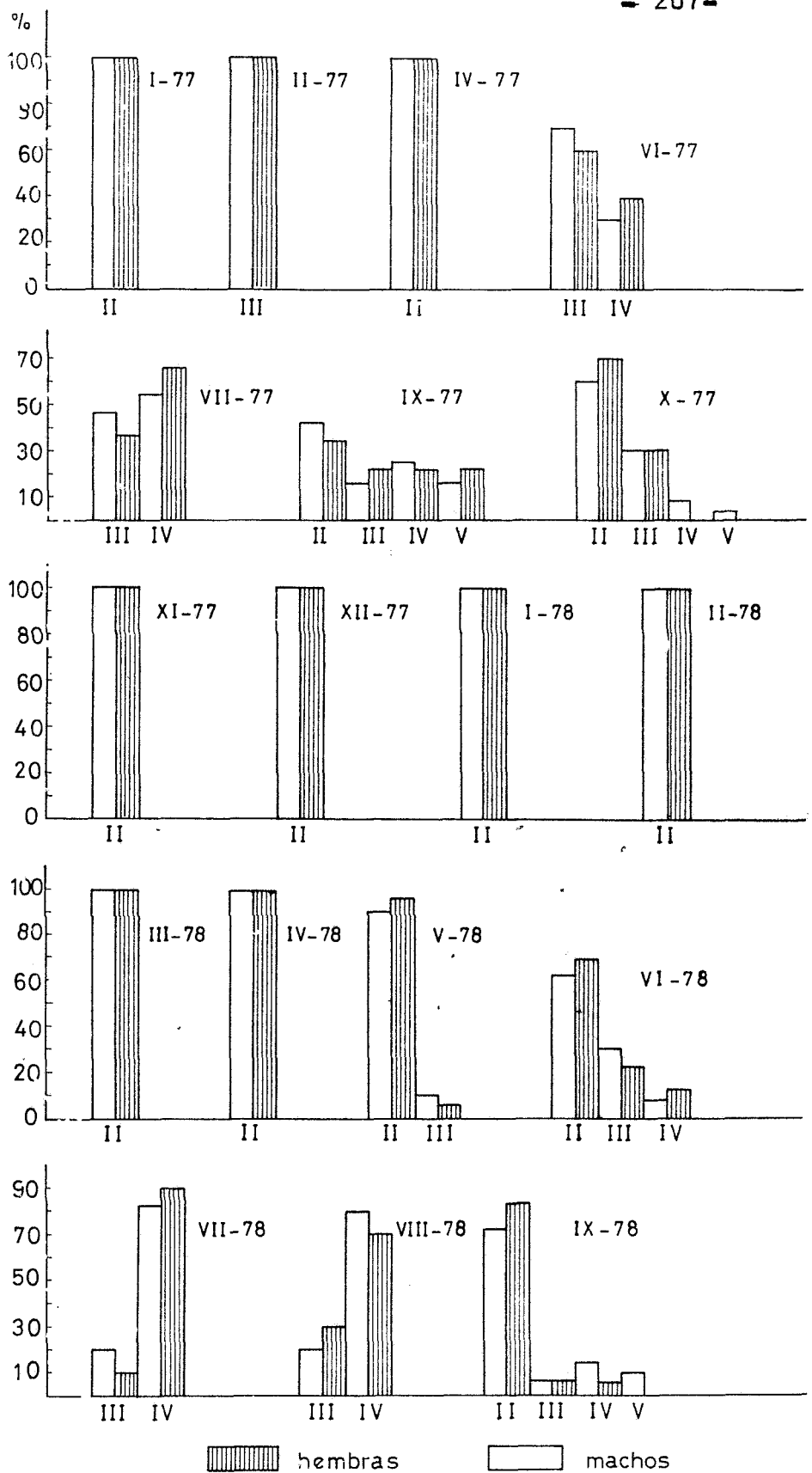


Fig. IV.1 Porcentajes mensuales de machos y hembras en los distintos estadios de madurez gonádica.

El estado de reposo se inicia durante el mes de noviembre prolongándose hasta el mes de abril. La maduración comienza durante los meses de mayo y parte de junio, es lenta al principio comenzando a acelerarse al acercarse la freza. De tal manera, que en pocos meses las gonadas están dispuestas para el desove que se inicia a finales del mes de junio, continuándose durante julio y agosto para finalizar en septiembre. La época de postfreza se presenta durante los meses de septiembre y octubre, siendo bastante rápida la recuperación de las gonadas.

En resumen, la puesta de la brótola se realiza principalmente durante los meses de julio y agosto.

Comportamiento reproductivo.

Los miembros de la familia Gadidae presentan una vejiga natatoria bien desarrollada y provista de unos músculos especiales capaces de producir un sonido semejante al de un "tambor" (Hagman, 1921; Jones y Marshall, 1953; Templeman y Hodder, 1958; Braun, 1961 y Fish y Mowbray, 1970).

Durante la época de desove la producción de sonido juega un importante papel en el cortejo. Brawn, (1961) establece que los machos del bacalao del Atlántico Norte (Gadus morhua) atraen a las hembras maduras por medio de sonidos semejantes a un "gruñido", estimulándola para el comportamiento de cortejo que precede al desove.

Templeman y Hodder, (1958) citan en machos de Melanogrammus aeglefinus, la producción de sonidos de baja frecuencia por medio de la vejiga natatoria durante las actividades sexuales de esta especie.

Fabricius, (1954) establece que una vez que se ha llevado a cabo el cortejo, la pareja se une en apretado haz, el macho rodeando con su cuerpo a la hembra. Este tipo de comportamiento es muy similar en los miembros de la familia Gadidae, y ha sido observado tanto en Gadus morhua, que es una especie marina, como en Lota lota en las aguas dulces, por lo que podemos hacerlo extensivo a Phycis blennoides.

El acoplamiento entre el macho y la hembra asegura aparentemente, la fertilización de los numerosos óvulos que producen las hembras de los Gádidos, (Vladykov, 1972).

4.2 ALIMENTACION Y DESARROLLO

4.2.1 Regimen alimenticio y su variación con respecto a la edad.

El contenido estomacal de los ejemplares estudiados en el presente trabajo fue analizado por Macpherson (1977 y 1978).

En la tabla IV.4 (apéndice), se presentan los resultados agrupados por dicho autor para las siguientes tallas: 60-150 mm; 160-250 mm y 260-350 mm de longitud total, las cuales corresponden aproximadamente, a los grupos de edad 0 a 1 años, 2 a 4 años y 5 a 7 años, respectivamente.

La dieta presenta variaciones importantes a través de las tallas y edades escogidas.

Durante las primeras etapas, edades 0 a 1 años, la dieta de Phycis blennoides está constituida principalmente por decápodos: Alpheus glaber, Calocaris macandreae, Processa mediterranea, y Goneplax rhomboides.

Otros grupos presentan un elevado coeficiente de ocurrencia aunque su porcentaje en peso es bajo, como son: Isopoda (fam. Munnopsidae), Amphypoda, Polychaeta (fam. Aphroditidae) y Mysidacea (Pseudomma sp.). Peces como Antonogadus megalokyonodon y Lesueurigobius friesii, presentan un bajo coeficiente de ocurrencia.

En los siguientes grupos de edad, 2 a 4 años, la base principal de la dieta siguen siendo los decápodos, aumentando la importancia de Alpheus glaber, Processa mediterranea,

Goneplax rhomboides, Solenocera membranacea y Processa canaliculata. Disminuye el índice de ocurrencia de los Munnopsidae y aumenta el de los Cirolanidae con respecto a las edades anteriores, aunque el porcentaje en peso de ambas presas es bajo.

El índice de ocurrencia de los Amphypoda, Mysidacea y Polychaeta decrece considerablemente en relación a los grupos anteriores. Los valores de los peces aumentan, principalmente: Antonogadus megalokynodon y Lesueurogobius friessii. Los juveniles de Phycis blennoides, aparecen en la dieta de estos ejemplares aunque los índices de frecuencia y porcentaje no son muy altos.

En las edades superiores, 5 a 7 años, se observa que aumenta la importancia de Calocaris macandreae, Goneplax rhomboides, Processa mediterranea y Pasiphaea multidentata, alcanzando sus mayores valores en estas edades. Disminuye la importancia de Alpheus glaber en relación a los grupos anteriores. Aumenta el coeficiente de ocurrencia de otras presas aunque su porcentaje es bajo, como ocurre con Pontocaris lacazei, Chlorotocus crassicornis, Medaeus couchi, Aristias neglectus, Cirolanidae, Aphroditidae y Amphypoda.

La importancia de los peces en la dieta es mayor, principalmente, para Antonogadus megalokynodon, Phycis blennoides y Engraulis encrasicolus.

Para el análisis de las relaciones axistentes entre la alimentación y el crecimiento del pez durante las diversas etapas de su desarrollo se ha obtenido el índice del factor de condición.

El factor de condición fue expresado matemáticamente por Fulton (1902) de la siguiente manera:

$$K = \frac{P}{L^3} \times 100$$

donde P, es el peso del pez, y L la longitud.

Por medio de este coeficiente es posible definir los cambios de condición de los peces en relación a la edad, sexo y ciclo estacional y puede emplearse como un índice de productividad de las masas de agua (Nikolsky, 1963).

En el cálculo del índice de condición propuesto por Fulton se emplea el peso total del pez, lo que puede producir ciertas desviaciones de los resultados deseados debido al peso de las gonadas y del estómago. Por lo que Clark (1928) sugirió el cálculo del factor de condición a partir del peso desviscerado. Algunos autores consideran que este método excluye también las grasas acumuladas en algunos órganos, las cuales están estrechamente relacionados con la condición del pez y que son significativamente importantes en el estudio de la nutrición, siendo lo mejor el empleo de ambas técnicas.

En las tablas IV.5 y IV.6 (apéndice) y IV.7, se muestran los valores de factor de condición, calculados por los métodos de Fulton y Clark, en relación a las causas de tallas y grupos de edad.

Ambos métodos resultaron adecuados, observándose que las proporciones que guardan los valores entre si para cada grupo de edad son muy similares.

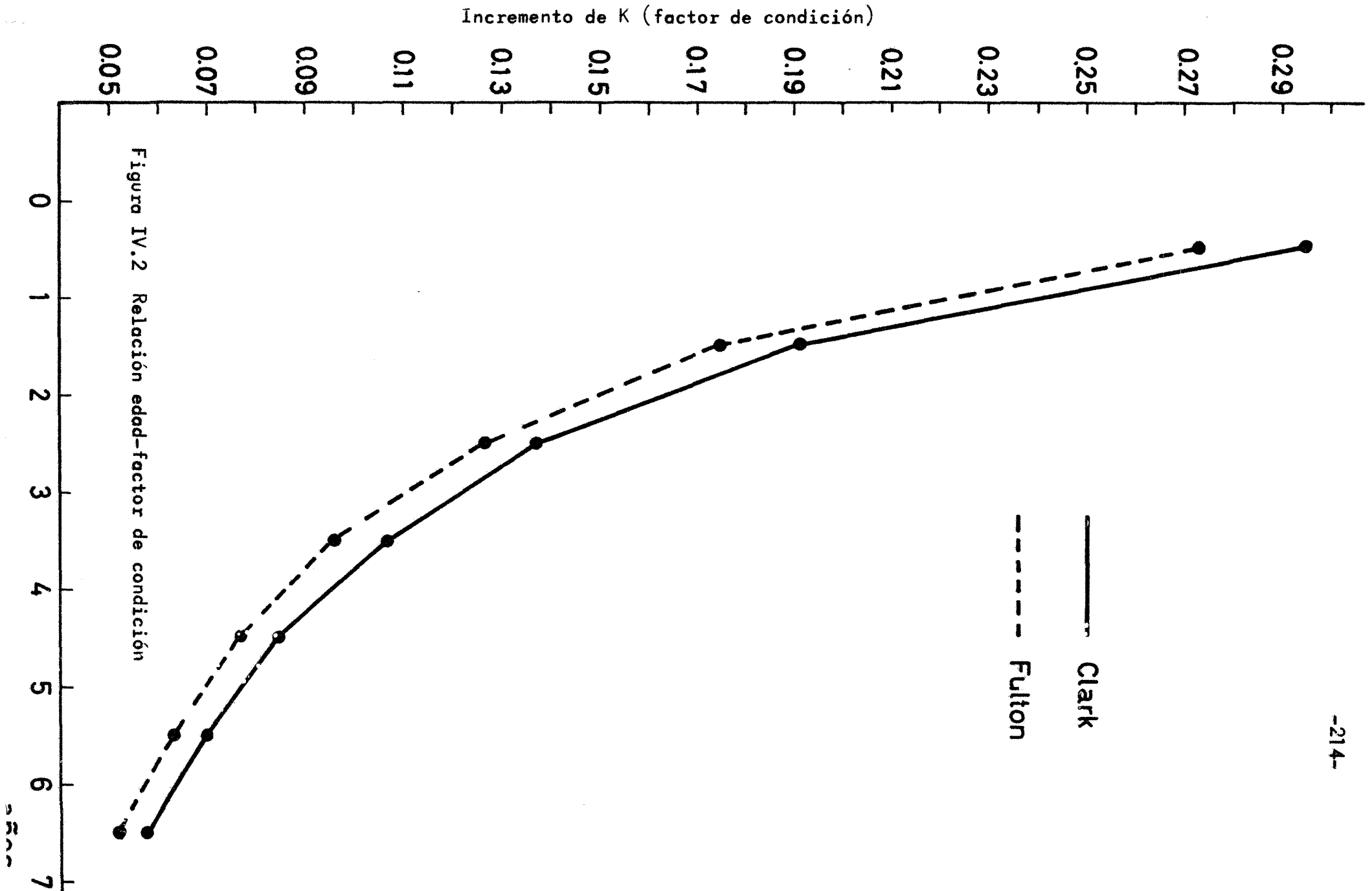
TABLA IV.7

Relación edad-factor de condición

Edad (años)	Indice de Fulton (10^{-4})	Indice de Clark (10^{-4})
0	6.051	5.088
1	6.324	5.383
2	6.499	5.575
3	6.626	5.713
4	6.722	5.820
5	6.799	5.905
6	6.862	5.975
7	6.914	6.033

En la tabla IV.7 y en la figura IV.2 se observa que el incremento del valor del factor de condición disminuye a través de la edad. De lo que puede concluirse que el crecimiento de Phycis blennoides durante las primeras fases de su desarrollo, es un crecimiento rápido en longitud con lo cual posiblemente evite una mayor depredación por parte de otras especies de mayor talla y le dé una mayor capacidad de competencia intraespecífica e interespecífica.

En la mayoría de los peces durante las primeras etapas del desarrollo y antes de alcanzar la madurez, la mayor parte del alimento ingerido es empleado en la síntesis de proteínas para el crecimiento. Durante este período los peces están más estrechamente relacionados con la abundancia del alimento que en etapas posteriores, debido a una mayor demanda energética para el crecimiento.



4.2.2 Variaciones estacionales en la composición de la dieta.

Durante el ciclo estacional y a través de los grupos de edad, se observan algunas diferencias más importantes en la variedad del régimen alimenticio de Phycis blennoides.

Para un análisis más detallado de este fenómeno se obtuvo el índice de diversidad de la dieta por edades y estaciones, aplicando la fórmula de Levins (1968) la cual viene expresada por la siguiente ecuación:

$$B = \frac{1}{P_i^2}$$

donde, P_i^2 , es la sumatoria de los cuadrados de la frecuencia relativa de las especies (los valores de estas frecuencias, fueron tomados de Macpherson, 1977).

A continuación (tabla IV.8), se muestran los resultados obtenidos para las frecuencias relativas en número (Bn) y peso (Bp).

TABLA IV.8

Valores del índice de diversidad en número (Bn) y peso (Bp) de la dieta de Phycis blennoides.

Tallas (mm)	Primavera/77		Verano/77		Otoño/77		Invierno/77	
	Bn	Bp	Bn	Bp	Bn	Bp	Bn	Bp
60-150	11.88	3.89	5.98	3.92	7.15	4.12	6.1	3.80
160-250	8.70	6.90	5.43	5.38	8.33	7.48	8.29	7.32
260-350	4.21	7.56	4.11	5.20	3.82	3.33	2.84	2.89
60-350	8.26	6.12	5.17	4.83	6.43	4.98	5.74	4.67

El índice de diversidad en número de componentes de la dieta alcanza sus mayores valores durante la primavera, debido a la presencia de algunas especies que no se presentan durante las otras estaciones, como es el caso de especies de Amphypoda, Copépoda, Eufausiácea, Isopoda y Mysidacea, que son consumidos principalmente por los juveniles de brótola, que en esta época se incorporan al área de pesca. Aunque el porcentaje en peso de estas presas, es bajo, se presentan con frecuencia en el contenido estomacal.

La aparición de juveniles de Phycis blennoides en el contenido estomacal de los adultos, ocurre durante este período en que los individuos pequeños que se han reclutado al área, cuentan con ocho meses de edad y son más fácilmente depredados por los adultos.

Durante el verano, el índice de diversidad disminuye, los índices de frecuencia de ocurrencia y porcentaje aumentan para Pasiphaea sivado y P. multidentata, coincidiendo con la época de mayor abundancia de estos decápodos, señalada por Franqueville (1971).

Aumenta la importancia de Goneplax rhomboides con respecto a la estación anterior.

El índice de diversidad aumenta durante el otoño con respecto a la estación anterior. Los individuos de 2 a 4 años, muestran una dieta más variada que los otros grupos de edad, tanto en número de especies como en porcentaje.

En las tallas 60-250 mm, aumenta la importancia de Alpheus glaber, Processa mediterranea, Solenocera membranacea

y Macropipus depurator, para los decápodos; y Deltentosteus quadrimaculatus, Engraulis encrasicholus y Lesueurigobius friesii para los peces.

En el invierno disminuye el índice de diversidad. En los ejemplares de 60 a 250 mm, aumenta la importancia de Calocaris macandreae, y Alpheus glaber. En las tallas superiores la dieta está constituida principalmente por Calocaris macandreae, Processa mediterranea y Goneplax rhomboides. Los peces sólo aparecen en los ejemplares de 160-250 mm.

Los períodos de más activa alimentación corresponden a la primavera y al otoño, época en que el índice de diversidad es mayor con respecto a las demás estaciones. En la tabla IV.9 y en la figura IV.3, se muestran los valores del factor de condición e índice de repleción gástrica.

TABLA IV.9

Factor de condición e índices de repleción y diversidad por estaciones.

Estación	Factor de condición	Índice de repleción	Índice de diversidad Bn	Bp
Primavera	7.600	0.64	8.26	6.12
Verano	6.440	0.32	5.17	4.83
Otoño	6.763	0.58	6.43	4.98
Invierno	6.660	0.44	5.74	4.67

Durante la primavera se alimenta más activamente presenta una dieta más variada y es durante este período cuando el crecimiento es más intenso, como puede verse en la figura IV.3.

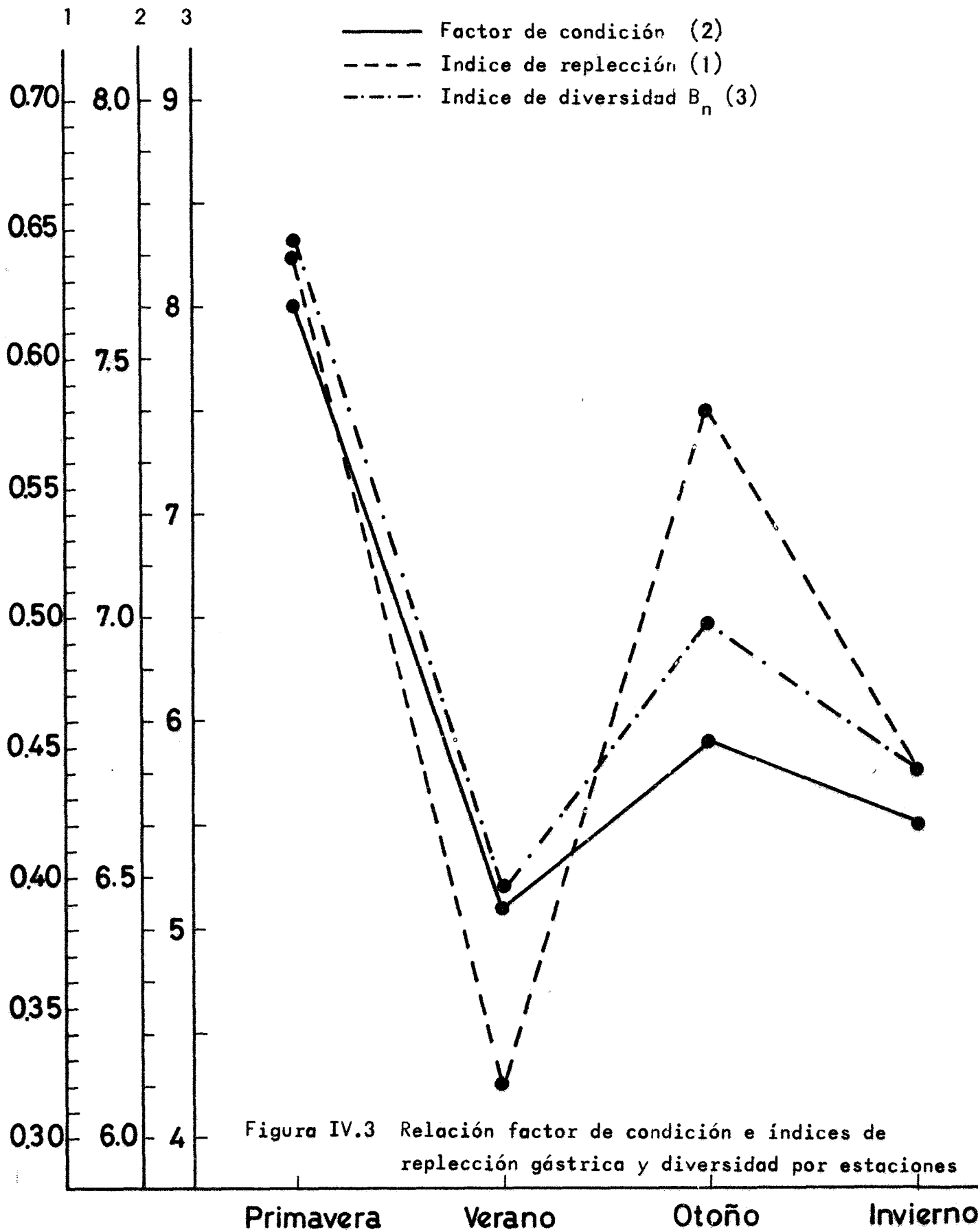


Figura IV.3 Relación factor de condición e índices de repleción gástrica y diversidad por estaciones

En el verano la dieta es menos variada y el índice del factor de condición decrece, lo cual está asociado en los individuos adultos a la época de desove en que el desgaste corporal es muy grande y su peso disminuye considerablemente.

En el otoño, se presenta un segundo período de activa alimentación durante el cual aumentan los índices de diversidad, condición y repleción gástrica. El peso de los individuos se incrementa y constituye una época de recuperación para la población frezante. Esta época podría relacionarse con una mayor disponibilidad de alimento debido a la ruptura de la termoclina y el consecuente aumento de la productividad en el mar (Margalef, 1967).

Durante el invierno los valores descienden en relación a los meses anteriores, posiblemente por un decrecimiento de la productividad asociado a cambios en el fotoperíodo y otros parámetros abióticos.

Durante la primavera, los juveniles de Phycis blennoides muestran un elevado índice de diversidad en la dieta alimenticia. Esta tendencia hacia una mayor eurifagia durante las primeras fases del desarrollo, provee de una máxima utilización de la comida disponible, la cual se empleará en un rápido crecimiento que disminuirá el efecto de los depredadores y les proporcionará una mayor capacidad en las relaciones de competencia con otras especies. Por otra parte, en los mares templados, las variaciones de los factores abióticos y los descensos en la producción conducen a una escasez de alimento durante ciertas épocas del año, por lo que la adapta-

ción a un rango de alimento restringido puede ser una causa una mayor mortalidad en los peces jóvenes.

Una adaptación importante es la variedad de tallas en individuos de una misma edad, lo que incrementa la diversidad de la dieta, cuando la disponibilidad del alimento decrece. Las hembras pueden llegar a depositar huevos de diferente tamaño, o bien en diferentes períodos de la estación de freza cuando el alimento escasea. De esta manera, los juveniles que eclosionan antes se alimentan de un tipo de organismos y los que eclosionan después de otro tipo de alimento.

A continuación, (tabla IV.10) se presenta el rango de variabilidad de tallas para cada edad, expresado como la desviación standard (Capítulo III, sección 3.3) y el índice de diversidad de la dieta, obtenido a partir de los datos de Macpherson (comunicación personal). El índice de diversidad se obtuvo por medio de la aplicación de la ecuación de Levins (1968).

TABLA IV.10

Relación entre el rango e tallas y el índice de diversidad.

Grupos de edad (años)	Desviación standard Cassie	Desviación standard Bhattacharya	Índice de diversidad numérico B
0	10	11.3	11.95
1	12	11.9	14.00
2	10	16.9	
3	6	7.9	
4	8	6.8	9.04
5		7.5	

Como puede observarse, existe una estrecha relación entre la variedad de tallas en los grupos de edad y el índice de diversidad. Las diferencias en la velocidad del crecimiento de unos individuos con respecto a otros es importante porque proporciona un amplio rango de variación en la dieta. También es importante señalar, que las diferencias en el crecimiento de los individuos de un grupo de edad determinado, pueden ser debidas a la disponibilidad del alimento.

La abundancia del alimento provoca menores variaciones en la dieta de los individuos de una población. Cuando este escasea, el rango de alimento se vuelve más amplio y los individuos adultos llegan a depredar sus propias crías, fenómeno que se presenta en la brótola.

4.2.3 Acumulación de ácidos grasos en el hígado.

La acumulación de ácidos grasos en diferentes órganos constituye un factor importante en el estudio de la nutrición de los peces a través de su ciclo de vida.

Los lípidos que están formados principalmente por ácidos grasos no saturados, son empleados en los gastos metabólicos diarios. Mientras que las grasas constituidas principalmente por ácidos grasos saturados, son depositados, formando un material de reserva.

El método más exacto para determinar el contenido graso, es el análisis químico, pero también pueden emplearse técnicas más simples. Las grandes cantidades de ácidos grasos que se acumulan durante el período alimenticio, puede expresarse como el porcentaje en peso del órgano que contiene la grasa con respecto al peso total del pez. Los cambios de este coeficiente reflejan las variaciones del contenido total de grasas acumuladas por el pez.

En los miembros de la familia Gadidae, los ácidos grasos saturados se acumulan principalmente en el hígado, cabeza y una pequeña cantidad en el músculo, siendo difícil encontrarlos alrededor del intestino, (Nikolsky, 1963).

En el estudio de la acumulación de ácidos grasos hepáticos en Phycis blennoides se determinó el peso del hígado de 2000 ejemplares correspondientes a tallas de 80 a 490 mm de longitud total, a través de un ciclo anual.

Se calcularon los pesos medios del hígado para cada clase de tallas y se obtuvo la relación alométrica entre es-

tas dos series de datos, por medio del método de mínimos cuadrados.

La fórmula de regresión encontrada es la siguiente:

$$y = 2.16 \times 10^{-9} x^{4.34}$$

donde y representa el peso del hígado y x la longitud del pez. El índice de correlación es de 0.93.

En la tabla IV.11 (apéndice), aparecen los resultados obtenidos. La relación logarítmica entre la talla y el peso del hígado, se muestra en la figura IV.4. La relación es rectilínea con una extraordinaria pendiente, las ligeras inflexiones que pueden apreciarse tanto pueden ser debidas a fenómenos alométricos como a desviaciones en las estimaciones de los parámetros, por lo que no es posible hablar de fenómenos alométricos evidentes.

El valor del índice alométrico, $k = 4.34$, muestra una fuerte tendencia hacia una alometría positiva, lo cual indica, como se confirmará a continuación, un incremento en el desarrollo del hígado a través del ciclo de vida de la brótolita asociado a la primera puesta.

Existen grandes variaciones en el contenido de ácidos grasos en el hígado, que dependen de la edad y de los cambios estacionales. Estos últimos estrechamente relacionados con el ciclo alimenticio y el período reproductor.

En la tabla IV.12, se muestran las distribuciones de los pesos de los hígados, como porcentajes del peso total del pez en relación a la edad y al ciclo estacional.

log. peso

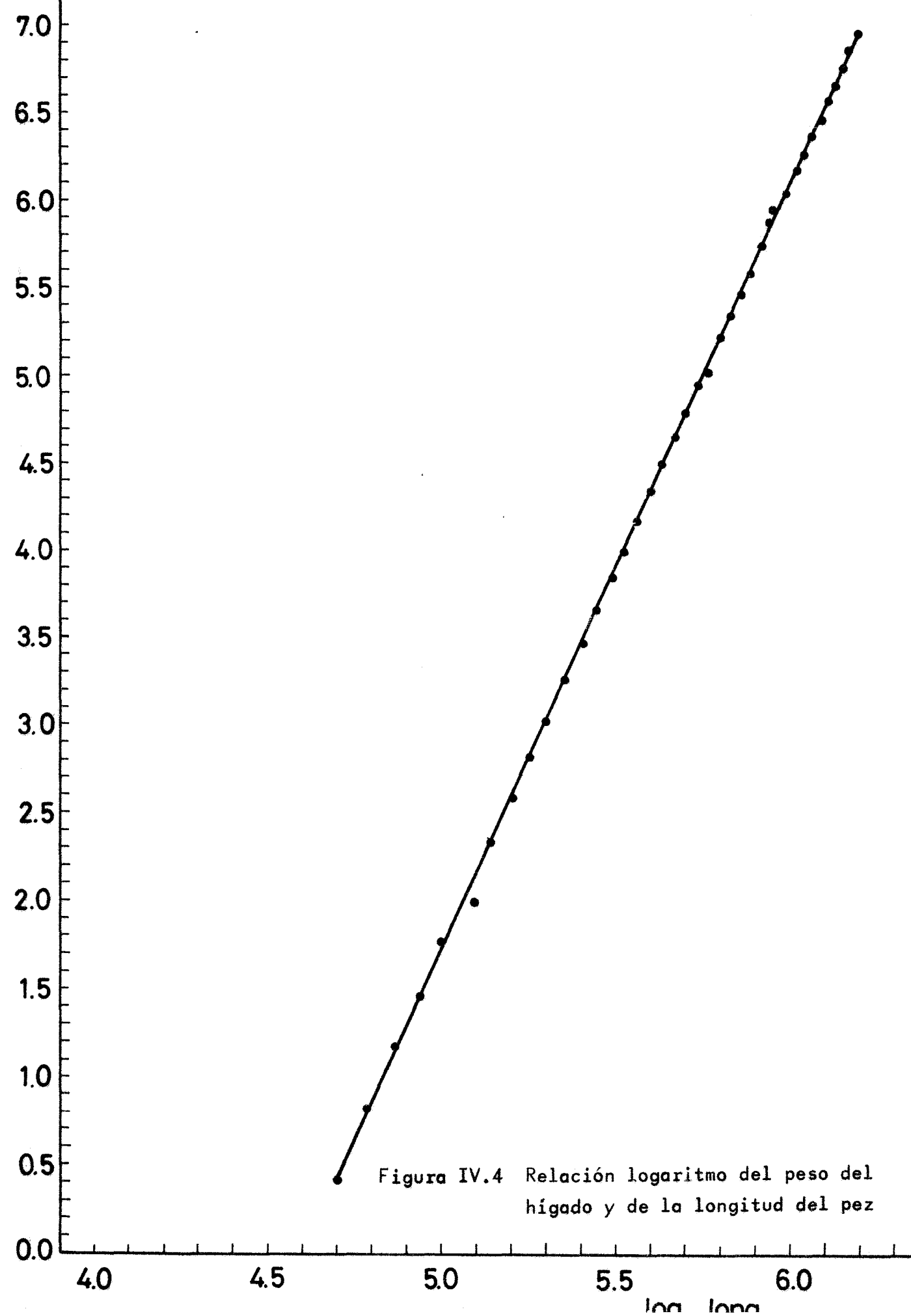


Figura IV.4 Relación logaritmo del peso del hígado y de la longitud del pez

TABLA IV.12

Relación edad-peso del hígado por estaciones.

Edad (años)	Primav/77 %	Verano/77 %	Otoñ/77 %	Inv/77 %	Primav/77 %
1	3.14	2.77	2.25	1.42	2.89
2	3.40	2.67	2.55	1.88	2.83
3	4.93	2.35	3.73	3.48	4.82
4	6.62	2.85	3.87	4.13	5.46
5	6.59	2.62	4.03	4.32	5.49
6	8.64	3.18	4.32	4.24	7.72
\bar{x}	5.55	2.74	3.45	3.24	4.87

Durante el verano y a partir de los tres años, edad media en que la brótola efectúa su primera puesta, se observa una marcada relación entre el consumo de la reserva de grasas hepáticas y el desove, de tal manera que, a medida que tiene lugar la freza existe un desgaste de los ácidos grasos acumulados, al finalizar esta época se observa una reposición de las reservas relacionada con un período de activa alimentación que tiene lugar durante el otoño. La alimentación decrece durante el invierno, por lo que el contenido graso disminuye, como se observa en la mayoría de los grupos de edad. Finalmente, la reserva hepática en grasas es máxima durante la primavera, coincidiendo con el período de máxima alimentación.

Los peces jóvenes (edades 1 a 2 años) no presentan cambios estacionales tan marcados en comparación con los adultos debido a su inmadurez sexual. Sin embargo, se observa una dis-

minución en el contenido graso a partir de finales de la primavera, lo cual puede estar relacionado con una disminución del alimento, o con un ritmo metabólico característico de esta especie.

Con el objeto de analizar las relaciones existentes entre el índice de reservas grasas, con respecto al crecimiento lineal, desarrollo gonádico e índice de nutrición, a través de los grupos de edad, se ha elaborado la tabla IV.13 y la figura IV.5.

TABLA IV.13

Edad (años)	Índice de reservas grasas	Crecim. lineal (mm)	Índice de nutr. (Factor de condición)	Desarrollo gonádico (pes.ovario)
0	0.020	81.66	5.1	--
1	2.40	130.67	5.38	--
2	3.35	174.81	5.58	2.95
3	3.81	214.55	5.71	6.31
4	4.93	250.34	5.82	9.51
5	5.49	282.57	5.91	12.49
6	6.36	311.60	5.98	15.81
7	7.50	337.44	6.03	17.75

Puede observarse, que durante el desarrollo de las primeras etapas (edades 0 a 3 años) la tasa de crecimiento lineal alcanza sus mayores valores, asociado con una mayor alimentación, las gonadas inician su diferenciación y desarrollo, y comienza la reserva de ácidos grasos en el hígado. De lo que se concluye que en los individuos jóvenes, la mayor par-

te del alimento ingerido se emplea en la formación de proteínas y por consecuencia en el crecimiento en longitud.

En los adultos, el crecimiento lineal decrece y el alimento es empleado para el desarrollo y la maduración gonádicas, el crecimiento en peso y sustancias de reserva para el desove.

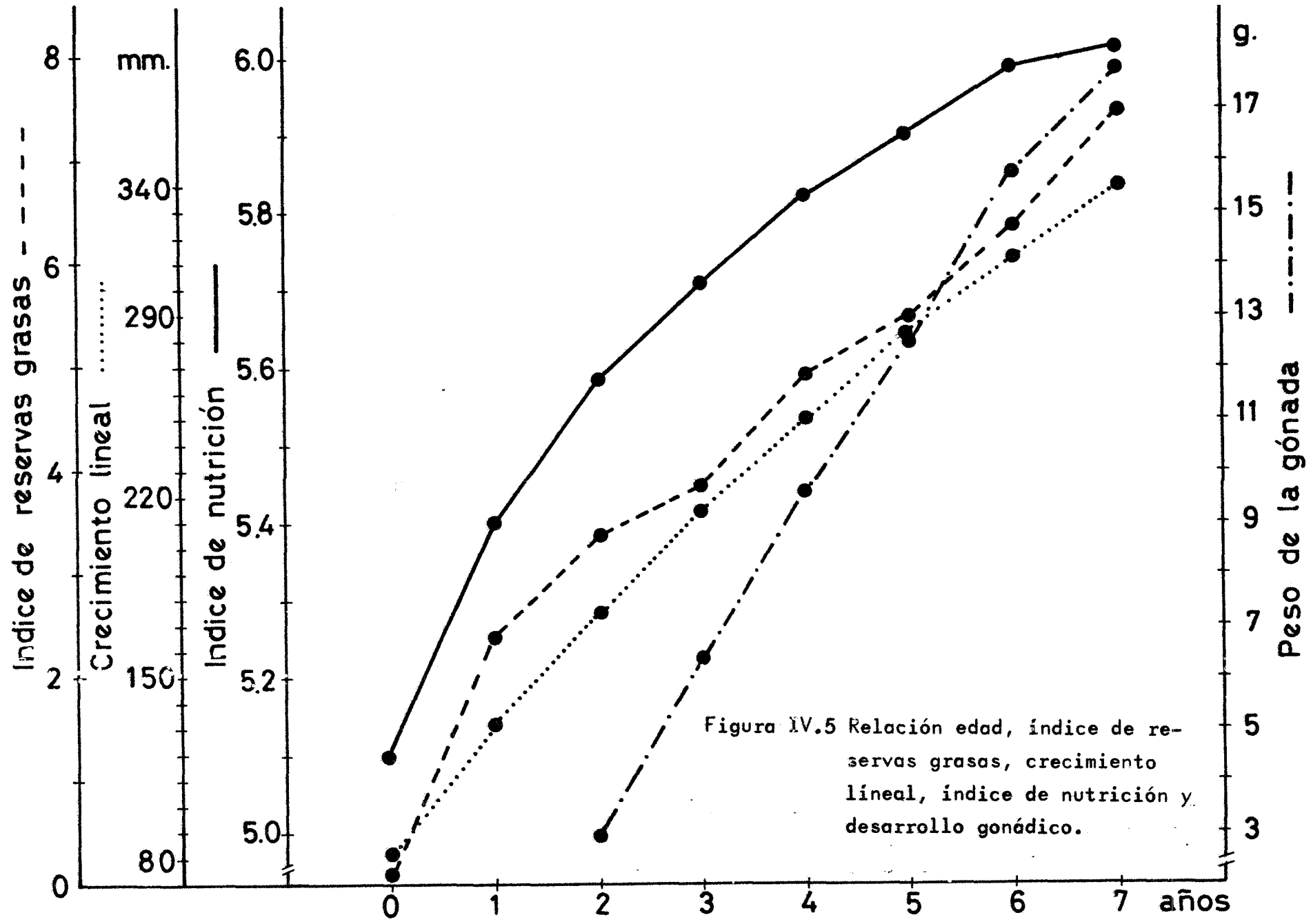


Figura IV.5 Relación edad, índice de reservas grasas, crecimiento lineal, índice de nutrición y desarrollo gonádico.

4.2.4 Hábitos alimenticios.

El estudio de la morfología y desarrollo de los órganos de los sentidos en los peces, resulta de gran interés, ya que es uno de los sistemas que puede alcanzar un alto grado de desarrollo y diversidad en relación al comportamiento alimenticio de muchas especies.

La importancia de la recepción olfatoria, gustatoria y visual en los hábitos alimenticios de los peces, ha sido estudiada por diversos autores como son: Maurin, 1952; Da Franca, 1952; Matsui, 1942; Grassé, 1958; Devitsyna, 1972; Paulov, 1959 y 1962; Malyukina et al., 1967; Geiger, 1954 y muchos otros.

Teichmann (1954) establece un índice ecológico basándose en las siguientes características del cerebro y de los órganos olfatorios:

- a) .- El área que ocupa el epitelio olfatorio como un porcentaje del área de la retina.
- b) .- La relación que existe entre la longitud de los lóbulos olfatorios (Telencéfalo) como centro primario del olfato y la longitud de los lóbulos ópticos (mesencéfalo) como centro primario de la visión, expresado como el cociente de la longitud del telencéfalo entre la longitud del mesencéfalo.
- c) .- El número de laminillas de las placas nasales o estructuras en roseta.

De acuerdo con las características anteriores, Teichmann, clasifica a los peces en tres grupos:

- 1).- Especies, en las cuales, la visión y el olfato se presentan bien desarrolladas como ocurre en peces que no son depredadores carnívoros y forman cardúmenes. Ejem: Gobio y Phoxinus.
- 2).- Especies, en las cuales, la visión está mejor desarrollada que el olfato y son depredadores diurnos microsomáticos. Ejem: Esox, Gasterosteus.
- 3).- Especies, en las cuales, el olfato está mejor desarrollado que la visión y son depredadores macrosomáticos como ocurre con Anguilla, Gadus morhua, Eleginus navaga y Lota lota.

A continuación se muestra un análisis sobre el desarrollo del encéfalo y órganos de los sentidos de Phycis blennoides, en relación a sus hábitos alimenticios.

Desarrollo del sistema nervioso y de los organos de los sentidos

La organización general del sistema nervioso de Phycis blennoides, (figura IV.6) de acuerdo con el esquema propuesto por Lagler, 1962; es la siguiente:

Partes embrionarias		Partes del encéfalo
	Telencéfalo	1.- Cerebro anterior (hemisferios cerebrales)
Prosencéfalo		
	Diencéfalo	Epifisis
Mesencéfalo	Mesencéfalo	2.- Cerebro medio (lóbulos ópticos)
	Metencéfalo	3.- Cerebelo
Romboencéfalo		
	Mielencéfalo	4.- Médula oblongada 5.- Médula espinal

Pares craneales:

- I Olfatorios
- II Opticos

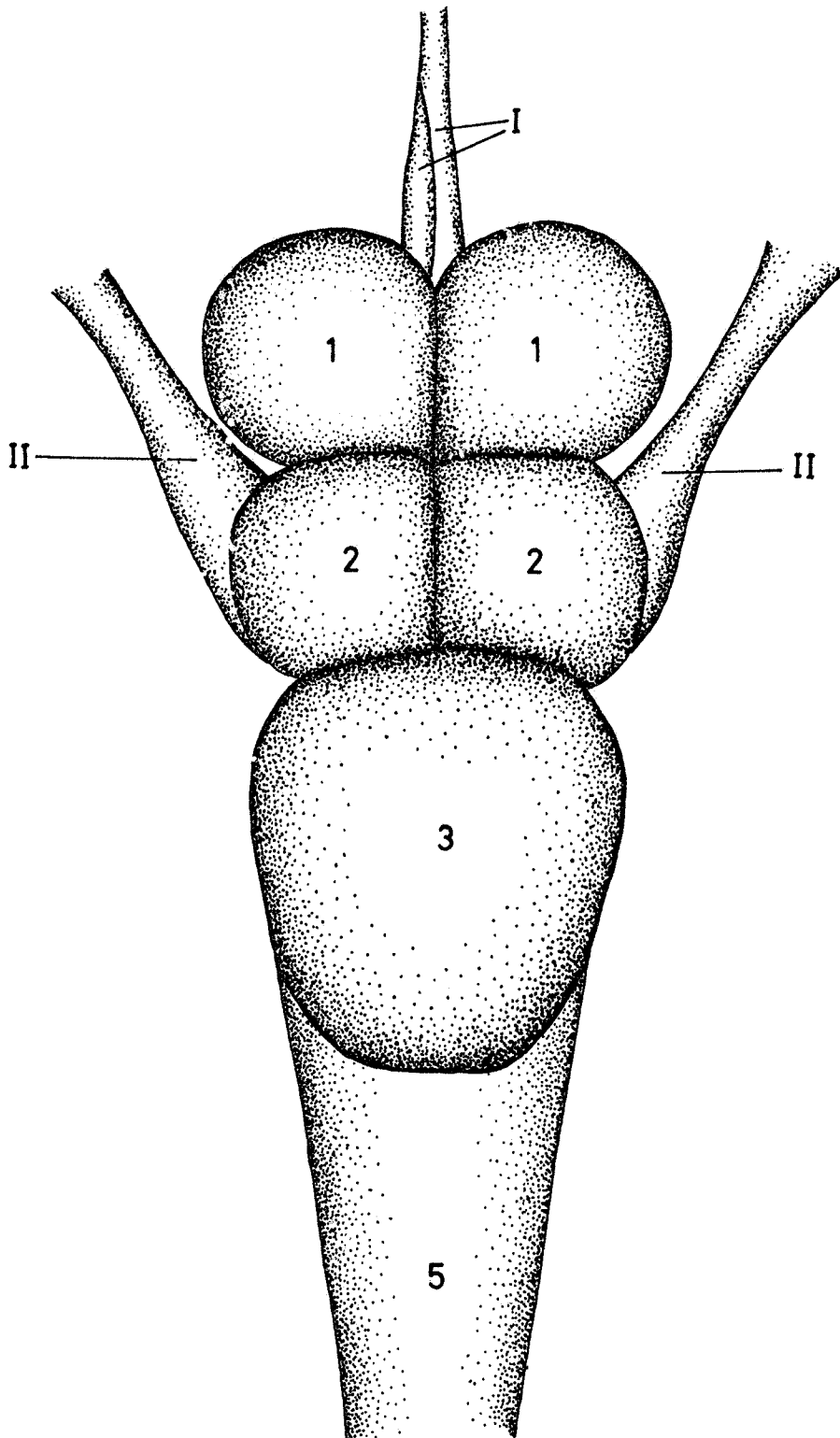


Figura IV.6 Encéfalo de Phycis blennoides

El telencéfalo.

El telencéfalo, está asociado principalmente a la recepción, elaboración y conducción de los impulsos olfatorios.

El nervio olfatorio, o nervio craneal I, conduce los impulsos nerviosos de la placa olfatoria o roseta situada en el orificio nasal o nostrillo, al telencéfalo. El par craneal O acompaña a los nervios olfatorios pero su función es principalmente vasomotora.

El telencéfalo está formado en su parte anterior por los bulbos olfatorios que se continúan formando los lóbulos olfatorios en su parte posterior (Lagler, 1962; Healey, 1957).

En los gadiformes, los bulbos olfatorios son pedunculados, lo que constituye una importante característica filogenética dentro de la clase Pisces (Devitsyna, 1972).

El telencéfalo presenta dos cavidades internas que corresponden a los ventrículos cerebrales I y II.

Ventrolateralmente, los lóbulos olfatorios contienen un ganglio, el corpus striatum, el cual es un importante centro de correlación entre los impulsos olfatorios y los centros nerviosos (Lagler, 1962).

Los peces que dependen de su olfato para su alimentación presentan los lóbulos olfatorios más amplios y pronunciados.

En la brótola, Phycis blennoides, los lóbulos olfatorios se presentan bien desarrollados (figura IV.6) y en comparación con el resto del cerebro ocupan una importante proporción.

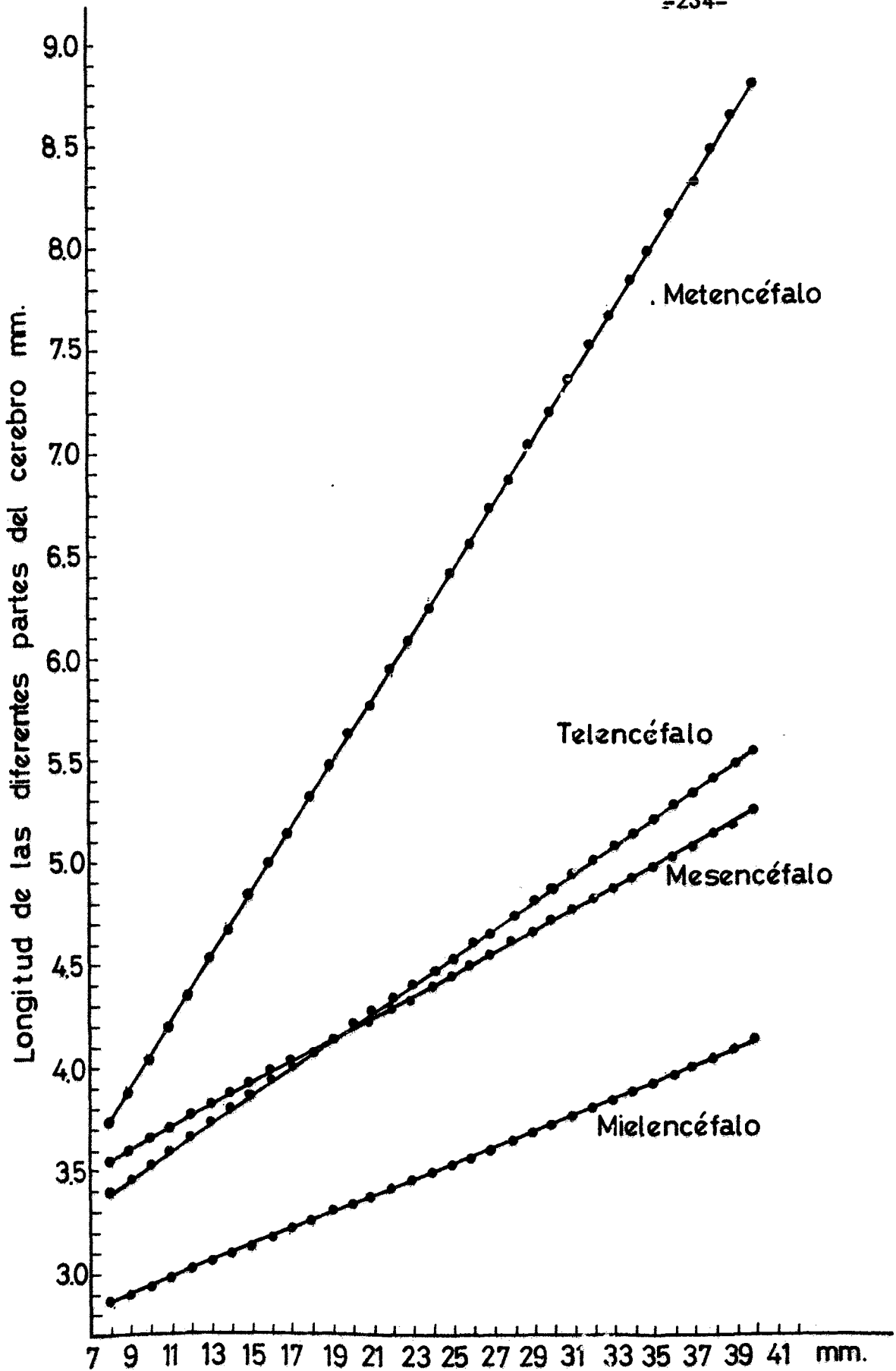


Figura IV.7 Relación entre la longitud total del pez y las longitudes de las diferentes partes del cerebro de Phycis blennoides.

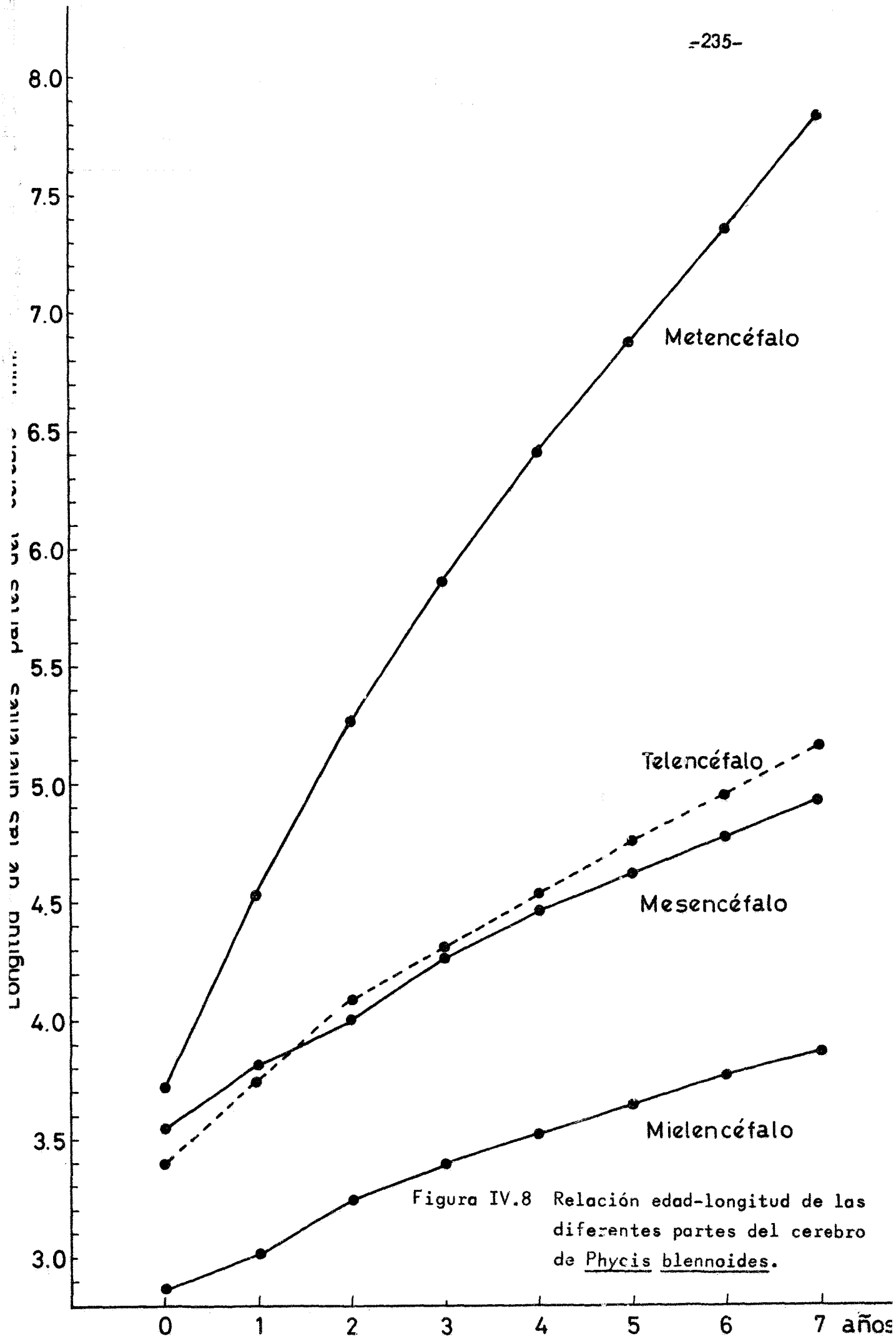


Figura IV.8 Relación edad-longitud de las diferentes partes del cerebro de Phycis blennoides.

Para el análisis del desarrollo de este importante centro se obtuvo la longitud del telencéfalo de 250 ejemplares, comprendidos entre 80 a 400 mm de longitud total.

En la figura IV.7, aparece la recta de regresión entre la longitud total del pez y la longitud del telencéfalo. La línea de regresión está representada por la siguiente ecuación:

$$y = 6.78 \times 10^{-3} x + 2.86$$

donde \underline{x} es la longitud total del pez, y \underline{y} la longitud total del telencéfalo.

Los valores de la longitud del telencéfalo para cada clase de tallas de muestra en la tabla IV.14 (apéndice).

Con respecto a la edad (figura IV.8, tabla IV.15 apéndice) se observa una disminución en la tasa de crecimiento del telencéfalo conforme aumenta la edad del pez. La longitud total del telencéfalo se incrementa 0.35 mm entre las edades 0 y 1 años; y 0.35 mm entre 1 y 2 años. A partir de esta edad la velocidad de crecimiento disminuye, con un incremento medio de talla de 0.23 a 0.20 mm por años.

El mesencéfalo.

El mesencéfalo o cerebro medio, está constituido por el tectum óptico dorsal y el tegmentum ventral. El tectum está dividido en dos lóbulos ópticos (corpora bigemina) por un surco longitudinal.

Una parte de la región media del tectum óptico dorsal se extiende dentro del ventrículo formando los tori longitudinales.

El tegmentum ventral se comunica por medio de canales con el nervio I (olfatorio), V (gustatorio), VIII (acústico-lateralis) y con los centros de la espina dorsal relacionados con la percepción de los estímulos cutáneos.

El tectum y el tegmentum están conectados con el cerebelo por los canales tecto-cerebellaris y el mesencéfalo-cerebellaris. Con la región del tálamo, médula y espina dorsal por medio de los canales tecto-bulbar y tecto-espinal.

Todas estas estructuras anatómicas indican que el tectum no sólo está relacionado con la visión, sino que constituye un importante centro de correlación de los impulsos sensoriales (Lagler, 1962; Healey, 1957).

Para el análisis del desarrollo del mesencéfalo de Phycis blennoides, se obtuvo la longitud de los lóbulos ópticos de 250 ejemplares, comprendidos entre 80 a 400 mm de longitud total.

En la figura IV.7, aparece la recta de regresión entre la longitud total del pez y la longitud del mesencéfalo. La línea de regresión está representada por la siguiente ecuación:

$$y = 5.32 \times 10^{-3} X + 3.13$$

donde \underline{x} es la longitud total del pez, y \underline{y} la longitud del mesencéfalo.

Los valores de la longitud del mesencéfalo para cada clase de tallas, se muestran en la tabla IV.14 (apéndice).

Con respecto a la edad (figura IV.8, tabla IV.15 apéndice) se observa que los incrementos en la longitud del me-

sencéfalo descienden conforme el pez envejece. La longitud total del mesencéfalo se incrementa 0.28 mm entre las edades 0 y 1 años; 0.24 mm entre 1 y 2 años, 0.20 mm entre 2 y 3 años, 0.19 mm entre 3 y 4 años. A partir de esta edad la velocidad de crecimiento disminuye con un incremento medio de talla de 0.16 mm.

El metencéfalo.

El metencéfalo o cerebelo se desarrolla a partir de un ensanchamiento de la médula dorsal en el cuarto ventrículo del cerebro.

Sus funciones principales son: el mantenimiento del equilibrio y del tono muscular y la orientación en el espacio.

El cerebelo está constituido por dos regiones principales: el lóbulo cerebellum y dos aurículas laterales (auriculi cereballi). Estas dos últimas están relacionadas con los aparatos vestibular y lateralis, mientras que el lóbulo cerebellum se relaciona con la médula espinal y recibe los estímulos sensoriales trasmitiéndolos a los músculos del cuerpo (Kappers, 1936).

El cerebelo posee numerosos conductos aferentes y eferentes que lo comunican con los órganos de los sentidos y el sistema muscular. Entre los canales aferentes los más importantes son: El tracto-espinal-olivo cerebellaris y el mesencéfalo cerebellaris. Entre los eferentes el cerebelli-motorius y el cerebello-tectalis (Tuge, 1934). Aunque el cerebello no contiene centros primarios constituye un órgano

importante de coordinación entre los impulsos sensoriales y motores.

En los peces óseos se presenta una importante modificación, la válvula cerebelli, la cual se proyecta anteriormente debajo del tectum óptico constituyendo una importante área de recepción.

En el cerebelo se distinguen principalmente dos capas de células: las receptoras y las de Purkinje, la importancia de estas últimas aumenta considerablemente en los vertebrados superiores.

En la brótola, Phycis blennoides se obtuvo la longitud del cerebelo de 56 ejemplares pertenecientes a los 8 grupos de edad encontrados para esta especie. El metencéfalo se presenta bien desarrollado, y como en algunas otras especies es la parte que ocupa la mayor proporción en tamaño del cerebro.

En la figura IV.7, aparece la recta de regresión entre la longitud total del pez y la longitud del metencéfalo. La línea de regresión está representada por la siguiente ecuación:

$$y = 15.87 \times 10^{-3} x + 2.45$$

donde x es la longitud del pez, y y la longitud del metencéfalo.

En la tabla IV.16 (apéndice), se muestran los valores de la longitud del metencéfalo para cada clase de tallas.

El valor del índice alométrico $k = 15.87 \times 10^{-3}$, es mayor que los valores de los índices obtenidos para las demás partes del cerebro (tabla IV.17). Lo que indica la importancia de este órgano durante el desarrollo del ciclo de vida de Phycis blennoides.

Con respecto a la edad (figura IV.8, tabla IV.15, apéndice) se observa que los incrementos en la longitud del mielencéfalo descienden conforme el pez envejece. Durante las edades 0 a 1 años, la tasa de crecimiento es mayor, descendiendo en las edades 2 y 3 años y a partir de los 4 años la tasa de crecimiento decrece y se mantiene constante.

El mielencéfalo

El mielencéfalo, así como su principal componente, la médula oblongada derivan de la médula espinal.

En esta parte del cerebro, se localizan los centros de los nervios craneales III a X, dispuestos anteroposteriormente.

De acuerdo con la importancia de los órganos de los sentidos en los hábitos alimenticios de las diferentes especies, las partes del mielencéfalo se han desarrollado de diversas formas.

En aquellos peces en que el sentido del gusto interviene en la detección de las presas, se presentan en el mielencéfalo un par de lóbulos denominados vagales. Los cuales se presentan en la parte posterior del cristae cerebelli. De los lóbulos vagales emergen los pares de los nervios craneales VII (facial), IX (glossofaríngeo) y X (vago o neumogás-

trico) los cuales están estrechamente relacionados con las papilas gustatorias situadas en la boca, apéndices mandibulares, aletas pélvicas, piel etc.

Asi mismo, la médula oblongada presenta centros que controlan ciertas funciones somáticas como son: la respiración, la osmorregulación y el mantenimiento del equilibrio.

En Phycis blennoides, el mielencéfalo se presenta bien desarrollado. A diferencia de la mayoría de las especies, está constituido por dos lóbulos diferenciados que se localizan debajo de la parte media posterior del cerebelo.

Para el estudio de algunas de las características del desarrollo de este importante centro se obtuvo la longitud del mielencéfalo de 56 ejemplares pertenecientes a los diferentes grupos de edad.

En la figura IV.7, aparece la recta de regresión entre la longitud total del pez y la longitud del mielencéfalo. La línea de regresión está representada por la siguiente ecuación:

$$y = 3.94 \times 10^{-3} X + 2.55$$

donde x es la longitud del pez, y y la longitud del mielencéfalo.

Los valores de la longitud del mielencéfalo para cada clase de tallas, se muestran en la tabla IV.16 (apéndice).

Con respecto a la edad (figura IV.8, tabla IV.15 apéndice) se observa una disminución en la tasa de crecimiento del mielencéfalo conforme aumenta la edad del pez. La longi-

tud total incrementa 0.20 mm entre las edades 0 y 1 años, 0.18 mm entre las edades 1 a 2 años, 0.15 mm entre los 2 y 3 años y 0.13 mm entre los 3 y 4 años. A partir de esta edad la velocidad de crecimiento disminuye, con un incremento medio de talla de 0.12 mm por año.

El valor del índice alométrico 3.94×10^{-3} , es el menor de los valores de los índices obtenidos para las demás partes del cerebro.

sin embargo, el hecho de que este centro se presente perfectamente bien desarrollado y diferenciado en Phycis blennoides, indica la gran importancia que tiene el sentido del gusto en los hábitos alimenticios de esta especie. Característica que volveremos a mencionar en el análisis del desarrollo de las aletas pélvicas.

Anatomía de los órganos olfatorios

Sacos nasales

La mayoría de las sustancias olorosas detectadas por los peces son de naturaleza orgánica. Estas son detectadas por el epitelio olfatorio que se encuentra conectado con el nervio olfatorio en el saco nasal. También pueden ser percibidas por las papilas gustatorias situadas en la boca y apéndices (Lagler, 1962; Hasler, 1957).

Los sacos nasales así como los orificios nasales, muestran una amplia variedad entre los grupos de peces.

Los orificios nasales provienen de un estrangulamiento del orificio primitivo de la placoda.

La mayoría de los peces presentan un orificio nasal anterior y otro posterior. En algunas especies sólo existe un solo orificio, el posterior se ha cerrado.

Los sacos olfatorios pueden estar divididos por un puente membranoso formando dos cámaras, una anterior y otra posterior, que se comunican con los orificios nasales correspondientes.

Los orificios nasales están estrechamente relacionados con los huesos premaxilar y maxilar y los músculos. Los movimientos de éstos, contraen los sacos nasales y así sea una aspiración o una expulsión de agua éstas están sincronizadas con los movimientos de las mandíbulas y del opérculo (Lagler, 1962; Hasler, 1957; Grassé, 1958).

Los sacos olfatorios de la brótola descansan en la parte dorsal anterior de la cabeza, oralmente a las órbitas. Los orificios nasales anteriores y posteriores, están bien separados, y se abren en el techo epidérmico del saco olfatorio. Su forma es oval. El diámetro de dichos orificios se incrementa conforme aumenta la edad del pez. En la tabla IV.18, se muestra la longitud de los orificios nasales anterior y posterior, a través de los grupos de edad.

TABLA IV.18

Relación edad-longitud de los orificios nasales, anterior y posterior de Phycis blennoides.

Edad (años)	Long. del orificio nasal anterior mm	Long. del orificio nasal posterior mm
0	0.58	0.57
1	0.78	0.72
2	0.96	0.85
3	1.11	0.95
4	1.24	1.05
5	1.36	1.14
6	1.48	1.22
7	1.59	1.30

Número de ejemplares empleados, 56.

El orificio anterior, presenta un diámetro mayor que el posterior y presenta un apéndice en la parte exterior-posterior, que facilita la entrada del agua en el saco olfatorio.

Los orificios nasales anteriores, conducen directamente a los sacos nasales, que en la brótola son de aspecto abombado, al igual que el de otros peces, presentan una pared membranosa, cubierta por una capa mucosa, que segrega el mucus.

El tamaño de estos sacos varía a través de la edad como puede verse en la tabla siguiente:

TABLA IV.19

Relación edad-tamaño de los sacos olfatorios de Phycis blennoides

<u>Edad</u> (años)	<u>Longitud</u> (mm)	<u>Tamaño del saco</u> <u>olfatorio (mm)</u>
0	80	1.61 X 0.73
1	132	2.26 X 0.92
2	177	2.82 X 1.10
3	215	3.29 X 1.18
4	250	3.72 X 1.28
5	280	4.10 X 1.38
6	310	4.47 X 1.47
7	340	4.84 X 1.57

Número de ejemplares empleados, 56

Los sacos olfatorios de Phycis blennoides son de menor tamaño en comparación con otros miembros de la familia Gadidae. En el bacalao, Gadus morhua, alcanzan una longitud y anchura de 5.5 X 4.0 mm, en ejemplares de 265 mm de longitud total. En la navaga, Eleginus navaga, llegan a medir de 6.0 mm de longitud por 4.0 mm de ancho, en ejemplares de

310 mm, y en Lota lota, 6.5 X 4.0 mm en ejemplares de 500 mm.

Placas nasales

En el fondo de los sacos nasales, la pared membranosa se pliega, formando una estructura laminar, donde se ordena el epitelio olfatorio y las terminaciones nerviosas, (figura IV. 9). Estas estructuras se conocen con el nombre de placas olfatorias o rosetas.

El número de laminillas de las placas olfatorias, es un caracter taxonómico para cada especie (Devitsyna, 1972).

En el estudio de las placas olfatorias de Phycis blennoides, se analizaron un total de 56 ejemplares, pertenecientes a los diferentes grupos de edad. La disección de los sacos olfatorios, fue hecha con un bisturí, cortando y apartando la piel del techo epidérmico del saco. Posteriormente con una lupa binocular, se llevó a cabo el conteo del número de laminillas olfatorias de cada ejemplar..

La roseta de Phycis blennoides, es de forma alargada, en dirección antero-posterior, presenta de 26 a 28 laminillas, que se disponen paralelamente a cada lado del septo central.

La forma de las laminillas varía en dirección rostro-caudal, siendo las primeras de forma más irregular.

Las laminillas incrementan su área de recepción, tanto en longitud como en anchura conforme el pez envejece, pero no se observó que aumentara el número de éstas a través de los grupos de edad.

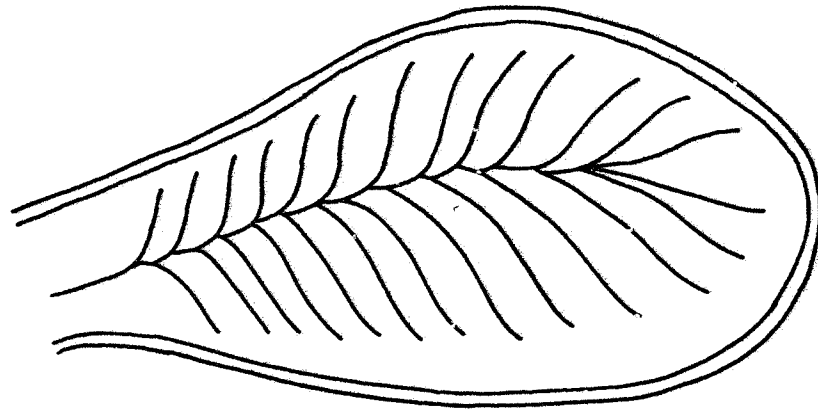


Figura IV.9 Placa olfatoria o estructura en roseta
de Phycis blennoidea.

Las laminillas olfatorias muestran una gran vascularización y cada una de ellas es recogida por capilares de la arteria facial.

A diferencia de otros Gádidos las laminillas no presentan pigmentos, sin embargo, éstos se presentan en el tejido conectivo adyacente a la roseta.

Desarrollo del sentido del gusto.

El sentido del gusto al igual que la visión y el olfato, juega un importante papel, en los hábitos alimenticios de muchas especies. Presentándose modificaciones tanto en la boca y en la superficie externa del cuerpo relacionadas con este sentido.

La recepción de los estímulos de las sustancias químicas puede ser captada por medio de yemas gustativas localizadas a lo largo del cuerpo, barbillas, aletas, labios y filamentos branquiales. (Baglioni, 1909; Sheldon, 1909 y 1911; Olmsted, 1918; Burden, 1945; Hasler, 1950 y otros).

Ciertos grupos de peces, que viven en los fondos de fango, y en cuya alimentación, el sentido del gusto, interviene en la detección de las presas presentan yemas gustativas adicionales en diversas partes del cuerpo. En el género Ictalurus, se han detectado más de 100000 unidades gustatorias.

La carpa, Cyprinus carpio, capta sensaciones gustativas semejantes a las de los mamíferos. Puede distinguir sabores dulces, salados, ácidos y amargos.

El género Urophycis cuyos receptores gustativos, están localizados en las aletas pélvicas distingue sabores que generalmente se presentan en su alimento habitual, pero no distinguen entre sabores dulces, amargos o salados. Aunque si reacciona a los sabores ácidos.

Scharrer, (1935) describe la percepción de ácidos y extracto de sardina por las células sensoriales en los radios libres de las pectorales de Trigla.

La piel de Phoxinus, muestra un plexo nervioso subepidérmico, que se ramifica en fibras nerviosas y finas terminaciones algunas de ellas relacionadas con el tacto y otras con las sensaciones químicas y cambios de temperatura (Lagler, 1962).

Las yemas gustativas de los peces, están constituidas por células de soporte, y células neuroepiteliales que se prolongan formando finas terminaciones libres, que entran en contacto con el agua. Es muy posible que los sentidos del tacto y del gusto actúen conjuntamente en la detección de las presas.

Las yemas gustativas, están inervadas por ramas de los nervios craneales: Facial (VII), Glossofaríngeo (IX) y Vago o neumogástrico (X); los cuales tienen su centro en la médula oblongada (Herrick, 1906; Evans, 1935 y Kappers, 1936).

En Phycis blennoides, las aletas pélvicas se encuentran reducidas, a dos radios libres enfundados conjuntamente en su parte superior, a nivel de su implantación. Son largas y filiformes, ocupan una importante proporción con respecto a la longitud total del pez, entre un 25.5 % y un 41.67 %, lo que indica la gran importancia de su función en relación a los hábitos alimenticios de esta especie.

En el estudio del desarrollo de las aletas pélvicas de la brótola, se examinaron un total de 1000 ejemplares, per-

tenecientes a las clases de tallas 50 a 490 mm de longitud total del pez. De cada uno de ellos, se registró la longitud total de las aletas pélvicas en mm, en relación a la longitud total del pez. Con los resultados obtenidos (tabla IV.20) se trazó la gráfica (figura IV.10) de relación entre estas dos medidas, usando el método de mínimos cuadrados.

La relación alométrica existente entre estas dos series de datos, viene expresada por el valor del índice alométrico $k = 1.216$, se trata por lo tanto de una relación de crecimiento positiva. El índice de correlación es de 1.00. La fórmula encontrada, es la siguiente:

$$y = 0.109379 x^{1.216}$$

donde y , representa la longitud de las aletas pélvicas y x la longitud total del pez.

En la figura IV.10, se observan dos puntos de inflexión en la línea de regresión, entre la longitud total de las aletas pélvicas y del pez. Razón por la cual se han desdoblado las series de datos en tres partes, encontrándose el valor del exponente ó índice alométrico para cada caso. En la siguiente tabla IV.21, se muestran los resultados obtenidos.

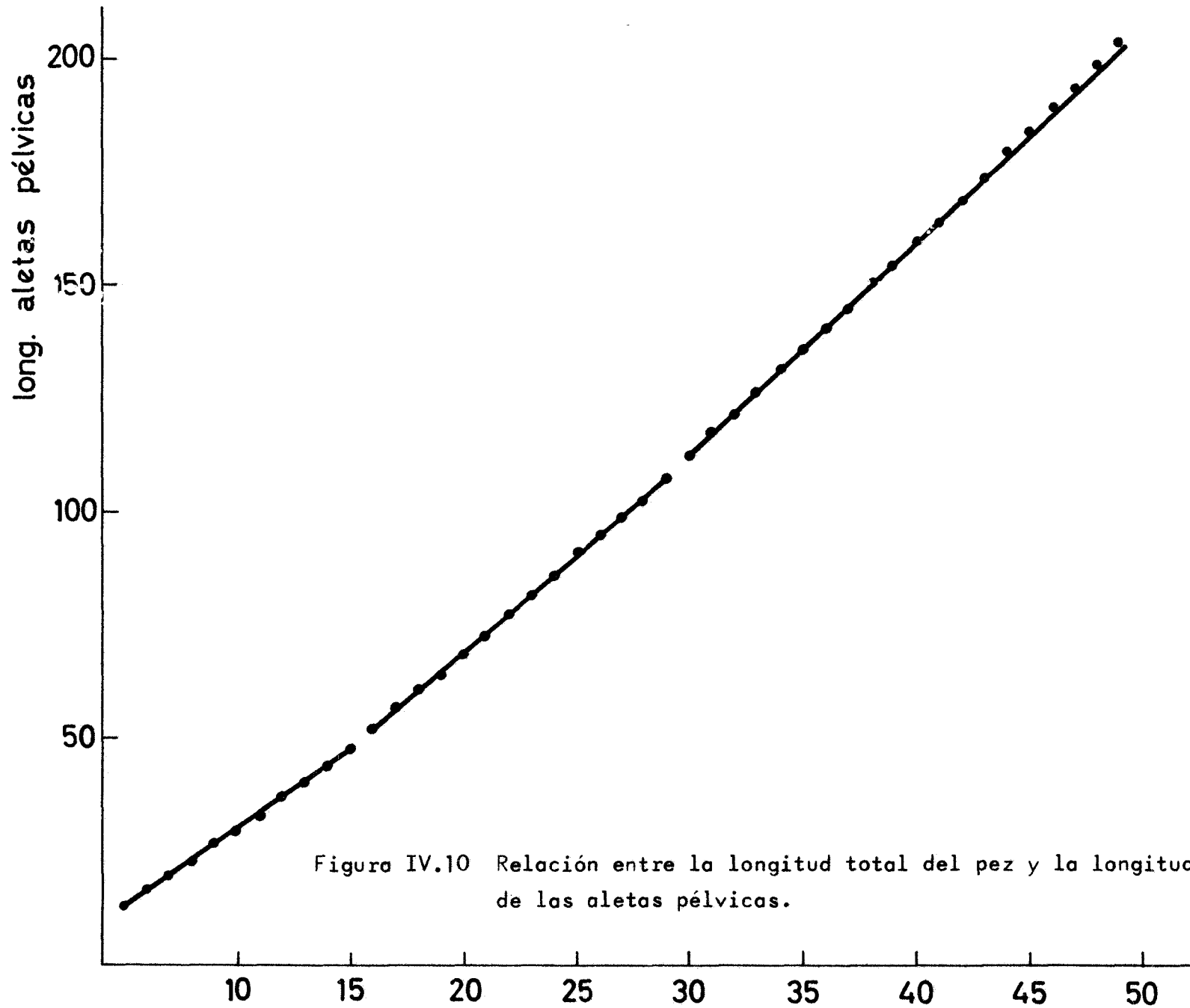


Figura IV.10 Relación entre la longitud total del pez y la longitud total de las aletas pélvicas.

TABLA IV.21

Valores del índice de regresión para distintas clases de tallas y longitud de las aletas pélvicas de Phycis blennoides.

Longitud del pez (mm)	Índice de regresión	Índice de correlación	Valor de a
50-490	1.216	1.00	0.109379
50-150	1.216	1.00	0.109366
160-290	1.233	1.00	0.0998095
300-490	1.38	1.00	0.0411948

Las variaciones del valor de k a lo largo del ciclo de vida de Phycis blennoides, son cada vez mayores conforme aumenta la longitud del pez. Dichas variaciones pueden estar relacionadas con cambios de habitat (migraciones verticales) realizadas a lo largo del transcurso de su ciclo de vida.

Importancia de los órganos de los sentidos en los hábitos alimenticios de Phycis blennoides

Recepción olfatoria y visual.

Con el objeto de analizar y comparar la importancia de la recepción olfatoria, con respecto a la recepción visual en los hábitos alimenticios de Phycis blennoides. Se calculó el coeficiente ecológico propuesto por Teichmann (1954), el cual está expresado como el cociente de la longitud del telencéfalo, entre la longitud del mesencéfalo.

En las tablas IV.14 y IV.22 (apéndice) se muestran los valores del coeficiente de Teichmann obtenidos para cada clase de tallas y grupos de edad.

Como puede observarse en las tablas IV.14, y en las figuras IV.7 y IV.8, la recepción visual muestra una mayor importancia en relación al olfato, durante las primeras etapas de vida de Phycis blennoides, o sea, durante las edades 0 a 1 años. A los dos años de edad, el desarrollo de los lóbulos olfatorios y ópticos, es muy similar, presentando una longitud muy semejante. A partir de los tres años de edad, (215 mm de longitud total), se presenta un mayor desarrollo del Telencéfalo en relación al Mesencéfalo.

Por lo que podemos distinguir dos períodos importantes en el ciclo de vida de Phycis blennoides, con respecto al desarrollo de la vista y el olfato y relacionarlos con sus hábitos alimenticios:

A).- Primer período, (0 a 2 años).

El sentido de la vista, se encuentra más desarrollado que el olfato y probablemente presenta una mayor importancia en la detección de las presas.

Durante este período, Phycis blennoides, se alimenta de presas pelágicas o bentopelágicas, como son: Copépodos (Aetideopsis sp. y Aetideus sp.), Amphypodos (Vibilia armata), Misidáceos y Gammaroideos, que no se presentan en los individuos de mayor edad.

De acuerdo con lo propuesto por Teichmann, durante este período, Phycis blennoides, se comporta como un depredador microsomático.

B).- Segundo período, (3 años en adelante).

El telencéfalo presenta un mayor desarrollo que los lóbulos ópticos. Incrementándose esta diferencia conforme aumenta la edad.

En este período, la alimentación de Phycis blennoides, está sólo constituida por organismos que viven en los fondos, como son: Alpheus glaber, Calocaris macandreae, Goneplax rhomboides etc. Los cuales serán más fácilmente detectados por el olfato y el gusto, que por la vista.

La presencia de Engraulis encrasicolus en el contenido estomacal de individuos de gran talla, puede sugerir que estos o sus restos son capturados cerca del fondo.

En relación a otros miembros de la familia Gadidae, se observa lo siguiente:

TABLA IV.23

Indice de Teichmann en diversas especies de la familia Gadidae.

Especie	Indice ecológico de Teichmann (promedio)	Autor
<u>Eleginus navaga</u>	0.78	Devitsyna, 1972
<u>Gadus morhua</u>	0.76	Devitsyna, 1972
<u>Phycis blennoides</u>	1.01	Gallardo (presente trabajo)
<u>Lota lota</u>	1.1	Devitsyna, 1972

En Phycis blennoides y Lota lota, el coeficiente ecológico, indica la predominancia de la recepción olfatoria sobre la recepción visual en los hábitos alimenticios de estas dos especies. Siendo ésta una característica de la subfamilia Lotinae a la cual pertenecen la brótola y la lota. Mientras que en Gadus morhua y Eleginus navaga (subfamilia Gadinae) el receptor visual se presenta mejor desarrollado que el olfatorio. Este mismo fenómeno ocurre en Merluccius merluccius y M. senegalensis.

Con respecto al número de laminillas de la estructura en roseta de diferentes miembros de la familia Gadidae, se observa lo siguiente:

TABLA IV.24

Número de laminillas de la estructura en roseta de diferentes especies de la familia Gadidae.

<u>Especie</u>	<u>Nº de laminillas</u>	<u>Autor</u>
<u>Eleginus navaga</u>	14-16	Devitsyna, (1972)
<u>Merluccius merluccius</u>	15-28	Geiger, (1954)
<u>Merluccius senegalensis</u>	18-32	Geiger, (1954)
<u>Gadus morhua</u>	28-30	Devitsyna, (1972)
<u>Phycis blennoides</u>	26-28	Gallardo (presente trabajo)
<u>Lota lota</u>	37-42	Devitsyna, (1972)

Como puede observarse, la brótola presenta un número de laminillas muy similar a Gadus morhua y Merluccius merluccius. Un número superior a Eleginus navaga y un número inferior a Lota lota.

En Merluccius merluccius y M. senegalensis, Geiger (1954), encuentra que el número de laminillas se incrementa a través de los grupos de edad. Fenómeno que no ocurre con otras especies de Gádidos (Devitsyna, 1972 y Gallardo, presente trabajo).

Por otra parte, Phycis blennoides, presenta los orificios nasales anteriores, provistos de una estructura dérmica que regula el flujo del agua a través de los orificios nasales, lo cual está evidentemente relacionado con el gran desa-

rrollo de la sensibilidad olfatoria.

Ha sido establecido por medio de métodos electrofisiológicos, (Malyukina et al. 1967; Bondreau, 1962; Nanda et al. 1966), que un incremento en el rango de flujo a través de los nostrilos, o cualquier cambio en la dirección del flujo del agua, conduce a una intensificación de la respuesta a los estímulos olfatorios.

Por lo que el número de laminillas de la roseta y la estructura de los orificios nasales de Phycis blennoides y Lota lota incrementan la reacción a los estímulos del olfato. Mientras que Gadus morhua y Eleginus navaga presentan receptores olfatorios menos desarrollados.

El desarrollo de la recepción olfatoria y visual está estrechamente relacionado a las características ecológicas y hábitos alimenticios de estas especies. Mientras que Lota lota, es un depredador solitario, que se alimenta durante la noche o a bajas iluminaciones, Gadus morhua y Eleginus navaga, son especies capaces de formar cardúmenes y se alimentan durante el día (Manteyfel, 1945; Sonina, 1957; Sabaneyev, 1911).

Es muy posible que Phycis blennoides, a partir de los tres años de edad presente un comportamiento muy semejante a Lota lota, es decir, que se alimenta durante la noche y no llega a formar grandes agregaciones, fenómeno que también ocurre en Phycis phycis.

Desarrollo del metencéfalo.

El desarrollo del cerebelo de Phycis blennoides, puede estar relacionado, con las experiencias realizadas por Edinger, 1908, Franz, 1911, 1912 y 1920; y Tilney, 1923. Quienes establecen una estrecha relación, entre el desarrollo del cerebelo y la actividad locomotora del pez. Dichos autores encontraron que el metencéfalo se encuentra poco desarrollado en peces que presentan una escasa locomoción, como son: Hippocampus, Lophius y los peces planos. Mientras que en aquellos peces que son buenos nadadores, se presenta bien desarrollado, ejem: Thunnus y Scomber.

Por lo que sería posible, que en la brótola, el gran tamaño del cerebelo estuviese relacionado con una mayor locomoción en relación a otras especies que ocupan su mismo hábitat, como son: Lophius piscatorius y Lepidorhombus boscii. Y que represente, una ventaja adaptativa en las relaciones de competencia con esta última especie.

Por otra parte, Herrick, (1905) establece que algunas especies de peces presentan un cerebelo bien desarrollado, aunque su actividad locomotora sea escasa (ejem: Fam. Mormyridae). y que el desarrollo de este órgano está relacionado con la recepción de estímulos químicos, debido a las conexiones que existen entre el cerebelo y el par craneal VII. Fenómeno que puede presentarse en la brótola, debido al gran desarrollo del sentido del gusto, del cual hablaremos a continuación.

Recepción gustatoria.

El gran desarrollo y diferenciación que presentan el mielencéfalo y las aletas pélvicas de Phycis blennoides, indican la importancia que tiene el sentido del gusto en los hábitos alimenticios de esta especie.

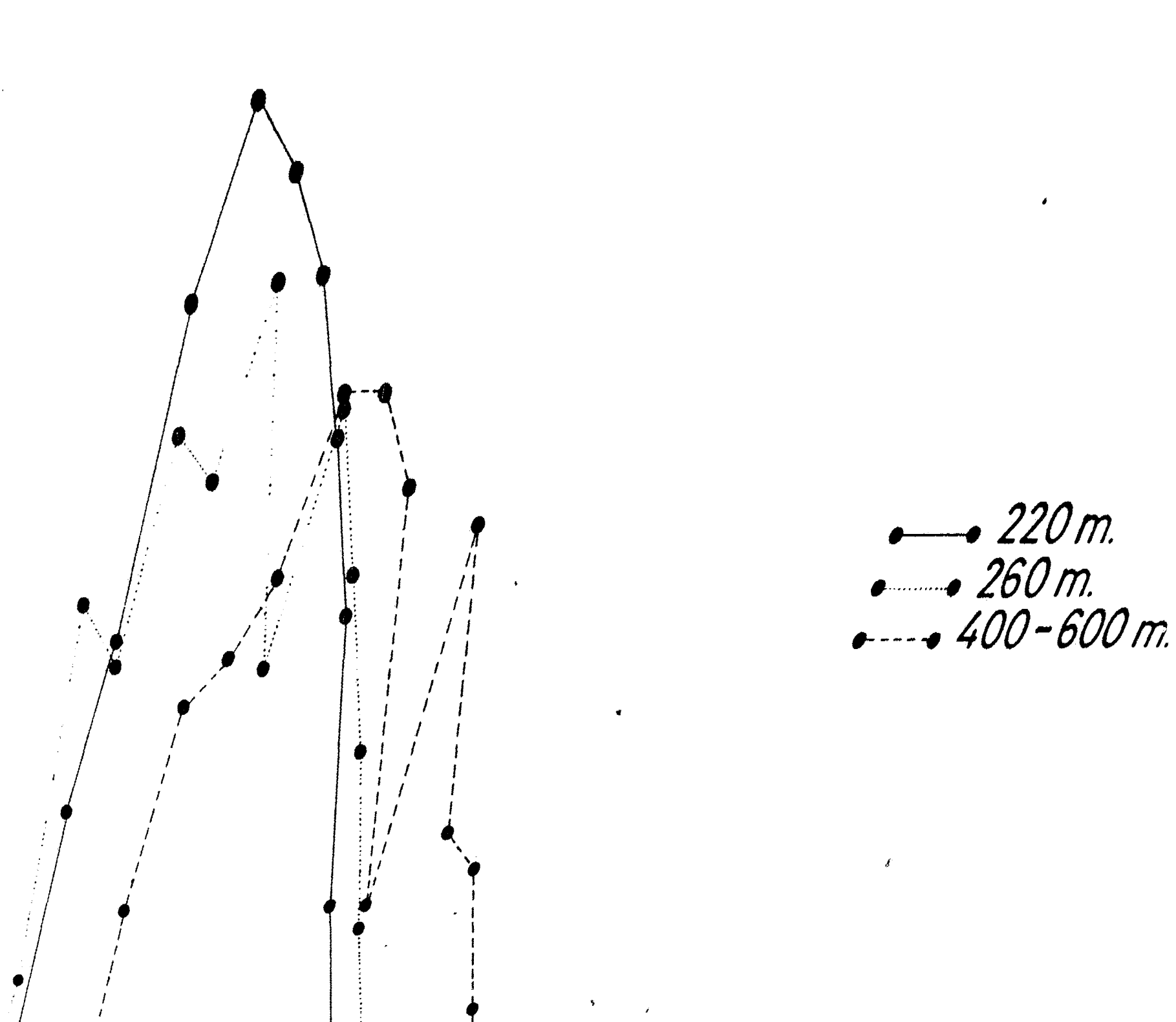
En la tabla IV.20, y en la figura IV.10, se observa que conforme aumenta la talla o edad de esta especie, se incrementa la tasa de crecimiento de las aletas pélvicas, fenómeno que no se presenta durante el crecimiento de ningún otro órgano o centro de los estudiados en el presente trabajo.

Como ya se ha mencionado anteriormente, estos incrementos en la tasa de crecimiento de las aletas pélvicas, pueden estar relacionados con cambios de habitat (migraciones verticales) realizadas por esta especie, durante el transcurso de su ciclo de vida.

En la tabla IV.25 (apéndice), y en la figura IV.11, se observa que conforme aumenta la talla, estos peces tienden a vivir a una mayor profundidad, localizándose las tallas mayores (300-490 mm de longitud total) sólo a profundidades superiores a los 400 m.

Lo que puede indicar que conforme aumenta la talla, estos ejemplares viven a profundidades mayores y que las aletas pélvicas juegan cada vez un papel más importante en la detección de las presas, debido en gran parte a la disminución de la luz.

n° individuos %



Las presas de las que se alimenta Phycis blennoides :
Alpheus glaber, Calocaris macandreae, Goneplax rhomboides
etc, viven enterradas en el fango, por lo que serán más fa-
cilmente detectadas por medio del gusto y del tacto.

V CONSIDERACIONES SOBRE LA MORTALIDAD

5.1 MORTALIDAD TOTAL

La mortalidad puede ser expresada matemáticamente de varias maneras. Si nos referimos a la fracción de la población existente en el comienzo de un año que morirá en el transcurso del mismo tenemos la tasa de mortalidad. La fracción que sobrevive constituirá la tasa de supervivencia. Se expresan estas fracciones en tantos por uno, simbolizando con S a la tasa de supervivencia y con 1-S a la de mortalidad.

En un pequeño intervalo de tiempo el número de peces muertos es proporcional al de individuos vivos:

$$\frac{dN}{dt} = -ZN$$

siendo Z el coeficiente de mortalidad total instantáneo.

Integrando tenemos:

$$N_t = N_0 e^{-Zt}$$

si el tiempo es de un año obtenemos:

$$N_1 = N_0 e^{-Z}$$

La relación entre la tasa y el coeficiente de mortalidad total es la siguiente:

$$1 - S = \frac{N_0 - N_1}{N_0} = \frac{N_0 - N_0 e^{-Z}}{N_0} = 1 - e^{-Z}$$

Por lo tanto:

$$S = e^{-Z}$$

La mortalidad puede ser descompuesta en términos, según la causa que la origine. En este caso interesa descomponer la mortalidad en dos clases, las llamadas por pesca y natural. Así, el coeficiente de mortalidad total se compondrá de los coeficientes de mortalidad por pesca (F) y natural (M), de tal manera que:

$$Z = F + M$$

y la tasa de mortalidad total se compone de las expectativas de mortalidad por pesca (E) y natural (D), de modo que:

$$(1-S) = E + D \quad (2)$$

siendo:

$$E = (1-S) \frac{F}{Z}$$

y:

$$D = (1-S) \frac{M}{Z}$$

En (2) las expectativas de mortalidad por pesca y natural son términos independientes, ya que si aumenta la intensidad de pesca, una parte de los que iban a morir por muerte natural son pescados, con lo que disminuye D, y viceversa. En cambio F y M son independientes entre sí y directamente

proporcionales a la intensidad de las causas que los originan. Por lo tanto, los coeficientes son manejables matemáticamente y las expectativas sólo utilizadas para expresar unas condiciones (Larrañeta, 1967).

5.1.1 Estimación de la mortalidad total y supervivencia por medio de las curvas de captura.

En la determinación del coeficiente de mortalidad total de Phycis blennoides, se empleó el método de las curvas de captura.

Para la obtención de dicha curva, y posteriormente de S y Z, se trazó un gráfico (figura, 5.1) en el que se colocaron, en el eje de las abscisas los grupos de edad, y en las ordenadas los logaritmos neperianos de las abundancias relativas para grupo de edad.

En la figura 5.1, se observa que la curva de captura, obtenida para Phycis blennoides, presenta dos ramas: una ascendente, la de la izquierda, y otra descendente, la de la derecha. La rama ascendente se debe a que en las edades 0 y 1 el reclutamiento fue parcial, quedando subestimados las abundancias correspondientes, que en general, son tanto mayores cuanto más joven es la clase anual.

La rama derecha, a partir de la clase anual 2, punto en que el reclutamiento se ha completado, está constituida por puntos aproximadamente en línea recta, entre los cuales se puede realizar una interpolación, para obtener una estimación de la mortalidad total para las clases anuales de 2 a 5 años.

La línea de regresión obtenida, para el cálculo de la pendiente de la curva de mortalidad de Phycis blennoides, entre los grupos de edad de 2 a 5 años, viene expresada por la siguiente ecuación:

$$y = (-0.664)x + 7.074$$

Donde x corresponde a los grupos de edad, y y a los logaritmos neperianos de las abundancias relativas para cada grupo de edad.

El valor de Z, calculado como la pendiente de la recta que forman los puntos de las edades 2 a 5 años en la curva de mortalidad, es de 0.664, y la sobrevivencia de 0.34. Es decir, que entre las edades 2 a 5 años, de cada 100 individuos, mueren 66 por mortalidad natural y por pesca, y sobreviven 34, los cuales deben tener la capacidad para regenerar la biomasa de la población que ha desaparecido, por crecimiento de sus individuos y por su capacidad de reproducción.

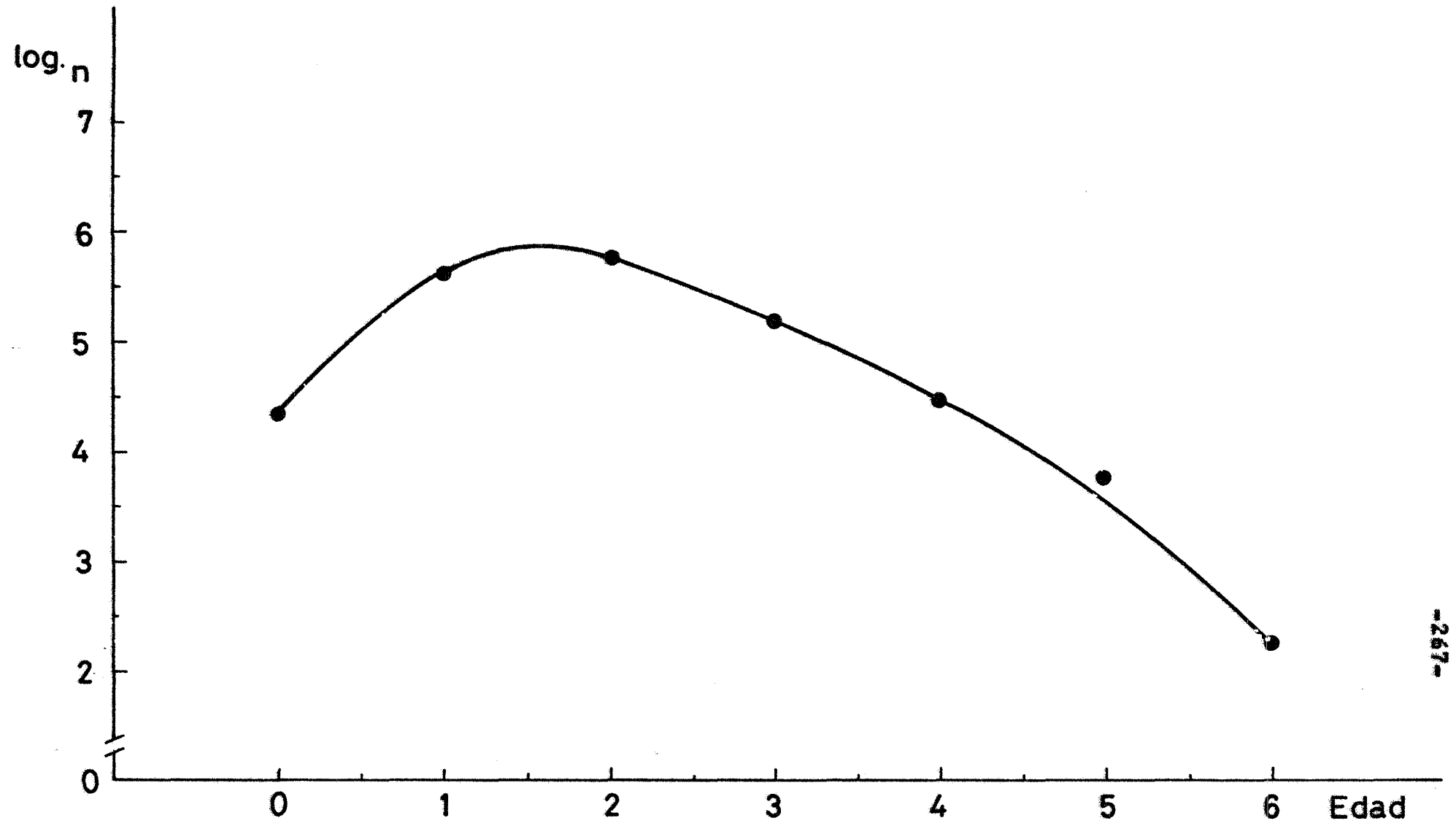


Figura V.1 Curva de mortalidad total.

5.2 MORTALIDAD NATURAL

5.2.1 Estimación de la mortalidad natural por el método de Taylor.

Taylor (1958), basándose en diferentes valores de las tasas de crecimiento asociadas con el fenómeno de Lee en Melanogrammus aeglefinus obtiene distintos datos de la edad límite ($A_{0.95}$) y tasas de mortalidad natural (M) de esta especie, concluyendo, que para aquellos peces cuya edad límite es baja la tasa promedio de mortalidad natural debe ser alta.

El proceso seguido por Taylor es el siguiente: si en la ecuación $N_t/N_0 = e^{-Mt}$, consideramos la mortalidad natural como proporcional al número de individuos presentes en el tiempo t (Beverton y Holt, 1957, p. 29) M se convierte en una función de K .

A partir de la ecuación de von Bertalanffy:

$$l_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (1)$$

Taylor obtiene la edad límite A_p , como:

$$A_p = t_0 - \frac{\log_e (1-p)}{k} \quad (2)$$

Donde A_p es el tiempo requerido para alcanzar alguna fracción, p , de L_{∞} . Considerando la edad límite como el tiempo requerido para alcanzar el 95 % de L_{∞} tenemos:

$$A_{0.95} = \frac{-\log_e (1-0.95)}{k} + t_0 \quad (3)$$

Ecuación a partir de la cual Taylor obtiene:

$$M = \frac{-\log_e (1-0.95)}{A_{0.95}} \quad (4)$$

o sea:

$$M = \frac{2.996}{A_{0.95}} \quad (5)$$

o bien:

$$M = \frac{2.996 k}{2.996 + kt_0}$$

Obtención de la tasa de mortalidad natural M de Phycis blennoides.

En nuestro caso $A_{0.95}$ es igual a 28 años (ver Cap. III, sección 3.4) y es la edad que presentaría Phycis blennoides si alcanzara el 95 % de L_{∞} , o sea 545,28 mm ($L_{\infty} = 574.39$). Esta edad representa el período de vida de los individuos de la población, o límite de longevidad y corresponde a la edad media de muerte de los individuos, si estos no son capturados o sufren algún otro tipo de muerte prematura.

Substituyendo el valor $A_{0.95} = 28$ años en la ecuación (4) se obtiene:

$$M = \frac{2.996}{28} = 0.11$$

Las tasas de mortalidad natural (M) para cada sexo son las siguientes:

Machos

$$A_{0.95} = 13 \text{ años} \quad M = \frac{2.996}{13} = 0.23$$

Hembras

$$A_{0.95} = 31 \text{ años} \quad M = \frac{2.996}{31} = 0.09$$

Los machos presentan una tasa de mortalidad natural (M) superior a las hembras. Fenómeno que está relacionado con los valores de la constante k de la ecuación de von Bertalanffy y la edad límite ($A_{0.95}$):

	$A_{0.95}$	k	M
Machos	13	0.2171	0.230
Hembras	31	0.09053	0.0967

M y k guardan una proporción directa entre sí e inversa con respecto a la edad límite $A_{0.95}$.

De lo que podemos concluir, que los machos presentan una tasa de crecimiento mayor a las hembras y que alcanzarán más rápido un valor cercano a la edad media de muerte y por tanto presentan una tasa de mortalidad natural más alta.

Este mismo fenómeno podemos observarlo en las figuras V.2 y V.3, en donde se presentan los valores de $A_{0.95}$, M y k para diversos miembros de la familia Gadidae y especies del Mediterráneo Occidental, pudiendo añadir que la temperatura y los valores de k y M guardan una relación directa entre sí, mientras que la temperatura y la edad límite muestran una relación inversa.

TABLA V.2

Parámetros del crecimiento, longevidad y mortalidad natural para diferentes especies de la Familia Gadidae.

Especie	Localidad	k	A _{0.95}	M	Autor
<u>Gadus callarias</u>	Norte de Islandia	0.064	46.9	0.064	Seamundson 1923
<u>G. callarias</u>	N. de Noruega	0.069	43.7	0.069	Jensen y Hansen 1931
<u>G. callarias</u>	Noroeste de Islandia	0.080	37.7	0.080	Seamundson 1923
<u>G. callarias</u>	Este de Islandia	0.096	31.3	0.096	Seamundson 1923
<u>G. callarias</u>	Mar del Norte	0.167	18.0	0.165	Graham 1936
<u>G. callarias</u>	M. de los Barentos	0.109	27.6	0.109	Trout 1949
<u>G. callarias</u>	Nueva Escocia	0.118	25.4	0.118	Martin 1953
<u>G. callarias</u>	Suroeste de Islandia	0.147	20.4	0.147	Seamundson 1923
<u>G. callarias</u>	Sur de Islandia	0.219	13.7	0.2187	Seamundson 1923
<u>G. callarias</u>	Sur de Nueva Inglaterra	0.281	10.7	0.280	Schroeder 1930
<u>G. callarias</u>	Lofoten	0.284	10.6	0.2826	Rollefsen 1934

TABLA V.2 (cont.)

Espece	Localidad	k	A _{0.95}	M	Autor
<u>Merluccius</u> <u>merluccius</u>	Cantábrico	0.07083	42	0.0710	Robles 1975
<u>M. merluccius</u>	Castellón	0.1301	21.40	0.14	Figueras 1955
<u>M. capensis</u>	Sudáfrica	0.0911	33.4	0.09	Botha 1971
<u>M. paradoxus</u>	Sudáfrica	0.1370	22.4	0.13	Botha 1971
<u>Micromesistius</u> <u>poutassou</u>	Mediterráneo MeOccidental	0.60	4.1	0.73	Bas 1963
<u>M. poutassou</u>	Archipiélago Toscano	0.48	4.64	0.65	Matta (1959)
<u>M. poutassou</u>	Costa Oriental de Escocia	0.15	16.5	0.18	Raitt (1966)
<u>M. poutassou</u>	Faroe	0.23	10.1	0.30	Raitt (1966)
<u>Phycis blennoides</u>	Barcelona	0.104769	28.0	0.11	Gallardo (presente trabajo)
<u>Urophycis chuss</u>	Atlántico Noroeste	0.37	7.0	0.42	Rikhter (1974)

TABLA V.3

Parámetros del crecimiento, longevidad y mortalidad natural para diferentes especies del Mediterráneo Occidental.

Autor	Especie	k	$A_{0.95}$	M
Larrañeta, 1965	<u>Sardina pilchardus</u>	0.3065	8.2	0.3638
Suau, 1970	<u>Lithognathus mormyrus</u>	0.275	11.0	0.2736
Carrillo, 1978	<u>Trachurus trachurus</u>	0.22	12.6	0.2377
Carrillo, 1978	<u>T. mediterraneus m.</u>	0.2057	13.65	0.2194
Zuñiga, 1967	<u>Boops boops</u>	0.1712	15.4	0.1941
Figueras, 1955	<u>M. merluccius</u>	0.1301	21.40	0.1399
Gallardo, 1979	<u>Phycis blennoides</u>	0.1048	28.0	0.1064
Rodríguez				
Roda, 1964	<u>Thunnus thynnus</u>	0.09	32.4	0.0925
Suau, 1976	<u>Sparus auratus</u>	0.171	16.88	0.1774
Larrañeta, 1967	<u>Pagellus erythrinus</u>	0.136	20.9	0.143

5.3 MORTALIDAD POR PESCA

5.3.1 Selectividad

Los estudios sobre la selectividad de los artes de pesca empleado en la captura de las distintas especies están encaminados para conocer la abertura de malla adecuada para capturar los peces, a partir de un cierto tamaño. De tal forma que se extraiga de la población de peces, sobre la que el arte de pesca está actuando, aquella fracción de su biomasa que produzca un mayor rendimiento, teniendo en cuenta que la parte de la población que no ha sido capturada debe tener capacidad para regenerar la biomasa que ha sido extraída -por el crecimiento de sus individuos y por su capacidad de reproducción- de tal manera que el recurso no sea disminuído.

Los estudios sobre selectividad de un arte se realizan para cada una de las especies capturadas, por ello, su aplicación, en la regulación de una pesquería, es más sencilla y más eficaz cuando se trata de una población monoespecífica puesto que hay que aplicar una sola medida de selectividad. Ahora bien, en el caso más corriente de que la explotación pesquera se realice al mismo tiempo sobre diversas especies, con crecimiento desigual y, por tanto, con valores de selectividad distintos, se hace necesario adoptar una medida de malla que comprenda a las especies de mayor significación comercial.

Estudio de la selectividad de Phycis blennoides

El tipo de arte de pesca empleado en las capturas, es el denominado "bou".

El copo mide 8 m de longitud, con una abertura de malla de 35 mm.

Las redes experimentadas han sido confeccionadas a máquina, con nudos fijos, manufacturadas con hilos de poliamida trenzado

Todas las experiencias han sido realizadas por el método del copo cubierto, que consiste de un sobrecopo que envuelve ampliamente al copo ensayado. Los sobrecopos empleados en la presente experiencia, consistían en una red de polietileno en torzal, con una abertura de malla de 10 mm y una longitud de 9.5 m.

Las mallas fueron medidas en diagonal, después de las caladas, con un calibrador tipo "Mediterráneo" a una presión de 1.5 kg, empleando el método recomendado por Suau, (1967).

Las pescas se efectuaron con una embarcación de pesca de arrastre comercial nombrada "Zorrilla", con base en el puerto de Barcelona, con una eslora de 18 m, un TRB de 50 y una potencia de propulsión de 320 CV. La velocidad de arrastre era de 3 nudos y el tiempo de la calada de una hora y media. Se realizaron 22 salidas por la mañana, efectuándose en cada una

de ellas 3 pescas a diferentes profundidades, con un total de 66 pescas.

Las caladas se realizaron frente a las costas de Cataluña, en especial entre Blanes y Vilanova i la Geltrú, en profundidades comprendidas entre 150 y 650 m, comenzando en septiembre de 1976 y finalizando en septiembre de 1978, con excepción de los meses de marzo y agosto de 1977.

Al final de cada jornada y una vez distribuidas las caladas separando el producto del copo y del sobrecopo eran llevadas al laboratorio de Barcelona del Instituto de Investigaciones Pesqueras, donde eran estudiadas, clasificándose las distintas especies y obteniendo el número, peso total y la talla de los individuos de cada una de las especies.

La curva de selección fué trazada a ojo, es decir, en el eje de las abscisas de dicho gráfico, se colocaron las clases de tallas en mm y en las ordenadas los tantos por cientos del número de individuos encontrados en el copo con respecto a la captura total (número de individuos de cada clase reclutados por el copo y el sobrecopo).

Los valores de las frecuencias del número de individuos encontrados para cada clase de talla, en el copo y sobrecopo, fueron suavizados por medio de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$N = \frac{n-1 + n + n+1}{3}$$

con el fin de obtener una distribución de las frecuencias más uniformizada.

Con el objeto de que los resultados tuvieran un valor lo más general posible, las experiencias tuvieron lugar en diferentes épocas del año, puesto que el índice de condición, y con ello la cintura de los peces, puede sufrir fluctuaciones estacionales que modifiquen en algo el factor de selección a lo largo del año (Larrañeta, 1969).

La metodología empleada, se presenta en la tabla V.2.

Los resultados obtenidos, se presentan en la tabla V.2. En él se proporcionan la longitud media de selección, el factor de selección obtenido y otras características que se han presentado en las experiencias.

La curva de selección aparece en la figura V.4.

Como puede observarse en la tabla V.2, en nuestras experiencias hemos obtenido un factor de selección (F.S.) de 3.26 para una red de poliamida de 35 mm de abertura de malla, obteniéndose una talla media de selección (l_c) -que es aquella talla a la cual el 50 % de los individuos que entran en la red quedan retenidos en el copo- de 114 mm.

El factor de selección para Phycis blennoides, encontrado por Larrañeta et al. 1969, en las costas de Castellón, empleando redes de trenzado de poliamida con nudos, con aberturas de malla de 36 y 40 mm, es de 3.33 y 4.03 (con un factor

de selección promedio de 3.37) y longitudes medias de selección de 120 y 161 mm respectivamente. De acuerdo con estos datos y empleando redes de estas mismas características, cuya abertura de malla fuese de 35 mm, se obtendría una longitud media de selección (l_c) de 118 mm, valor bastante próximo al encontrado en la presente experiencia, 114 mm.

Podemos suponer que el valor real del factor de selección se encuentra entre 3 y 4, por lo que en la tabla V.3, calculamos cuales serían las tallas medias de selección para tres factores de selección y diversas aberturas de malla.

TABLA V.3

Valores de l_c (mm) para la brótola, Phycis blennoides, en función de diversos valores del factor de selección y de la abertura de las mallas.

	Mallas en mm.								
F.S.	40	45	50	55	60	65	70	75	80
3.0	120	135	150	165	180	195	210	225	240
3.5	140	158	175	193	210	228	245	263	280
4.0	160	180	200	220	240	260	280	300	320

Aceptando que, en esta pesquería, la brótola llega a su primera madurez sexual a los 260 mm, para hallar la l_c correspondiente con las aberturas de malla de poliamida, debería aplicarse una abertura de malla de 75 mm (considerando un factor de selección promedio de 3.5) como mínimo.

La talla media de selección encontrada en la presente experiencia es de 114 mm, que viene a coincidir con una talla intermedia entre los grupos de edad 0 y 1, lo que quiere decir que la malla legal actual, de 35 mm, capturará la bróto- la con una selección del 50 % a los 114 mm. De esta manera, ha de ocurrir que la flota de arrastre capturará ejemplares que no han cumplido su primer año de vida con gran perjuicio para el rendimiento de la pesquería. Este fenómeno se acen- tuará durante los meses de mayo y junio, época en que la ma- yoría de los individuos de esta especie, que se han incorpo- rado al área de pesca durante el mes de abril, alcanzan esta talla.

Si observamos la curva de selección (figura V.4) vere- mos que se alarga en las tallas de tantos por ciento más ele- vados Jones, (1963) encuentra como explicación razonable de la mayor inclinación de las curvas reales con respecto a las teóricas, el que la forma de las mallas varía de unas partes a otras del copo, estando más abiertas en unas que otras, de- pendiendo del flujo del agua, que a su vez, dependerá de la forma y tipo del arte. Ejemplos de este tipo de curva asimé- trica han sido encontrados por otros autores en el eglefino usando redes de manila, (Clark, 1960 y 1963) y en el salmone- te Mullus barbatus empleando poliamida (Gilat, 1961). Sin embargo, la curva de selección encontrada en el presente tra- bajo se trazó, sin tener en cuenta esta irregularidad, dándole

una cierta simetría.

En nuestras experiencias, se empleó el método del copo cubierto por ser la técnica más económica en tiempo y dinero y por proporcionar resultados válidos en experiencias sobre Gádidos (Clark, 1963; Hodder y May, 1964 y 1965; Parrish, 1958 y Parrish y Pope, 1963).

Aunque otros autores, como Seatersdal, 1963 y Templeman, 1963, opinan que los métodos de caladas repetidas, ya sean alternantes o en paralelo, proporcionan resultados más significativos en los estudios de selectividad. Quizás la posición más razonable sería basar la mayor parte de las experiencias en el método del copo cubierto y compararlos con los otros métodos.

No existen datos sobre la selectividad de la brótola empleando artes de pesca manufacturados con materiales diferentes a la piliamida, no pudiéndose establecer comparaciones con experimentos de otras clases.

TABLA V.1

Clases de tallas (mm)	Nº de individuos		Suave		Total	% del copo con respecto al total
	Sobrecopo	Copo	Sobrecopo	Copo		
50-59	1	0	2	0	2	0
60-69	6	0	13	1	14	7
70-79	32	4	28	6	34	17.64
80-89	46	14	52	9	61	14.75
90-95	79	9	67	21	88	23.86
100-109	77	40	86	44	130	33.85
110-119	101	84	105	102	207	49.27
120-129	138	181	121	176	297	59.26
130-139	125	263	143	314	457	68.71
140-149	165	497	148	396	544	72.80
150-159	154	428	140	458	598	76.59
160-169	102	448	122	415	537	77.28
170-179	111	368	91	398	489	81.39
180-189	59	378	74	359	433	82.91
190-199	53	331	42	327	369	88.62
200-209	15	271	26	256	282	90.78
210-219	4	167	6	216	222	97.30
220-229	0	210			210	100.00
230-239		102			102	100.00
240-249		97			97	100.00
250-259		54			54	100.00
260-269		32			32	100.00
270-279		20			20	100.00
280-289		14			14	100.00

TABLA V.2

Datos de la selectividad de Phycis blennoides, usando redes de poliamida de 35 mm de abertura de malla.

Meses de experiencia (del 1 al 12)	IX/76 - IX/78
Número de caladas	66
Duración total de los arrastres	99 horas
Nº de individuos in- tervalo 25-75 %	1074
Nº total de individuos	4012
Tallas intervalos 25-75 %	90-143
Talla de selección 50%	114
Factor de selección	3.26

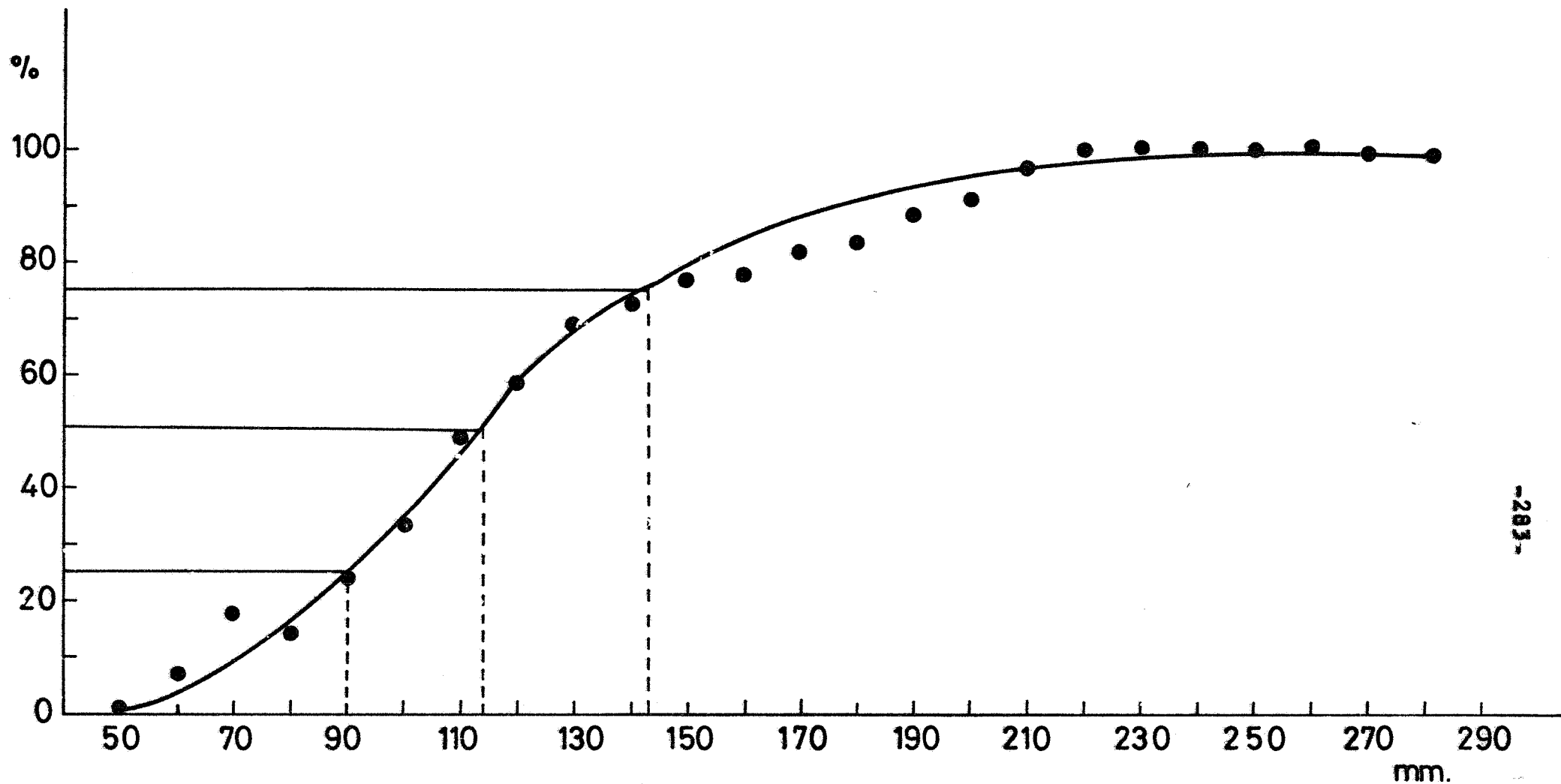


Figura V.4 Curvas de selección de *Phycis blennoides*, usando redes de poliamida de 35 mm de abertura de malla.

5.3.2 Análisis y estimación del reclutamiento

El reclutamiento puede definirse como la cantidad de individuos de una especie que cada año se agrega al área de pesca y tienen la posibilidad de entrar en contacto con los artes de pesca (Larrañeta, 1967; Gulland, 1966). Posteriormente los individuos pueden completar su ciclo de vida en el área de pesca, o realizar migraciones con presencias y ausencias estacionales, o llegando un momento emigrar irreversiblemente, fenómeno que debe ser considerado en la estimación del factor de mortalidad natural.

Los peces con migraciones anuales se consideran reclutados en su primera inmigración a la pesquería.

Desde un punto de vista estrictamente pesquero podemos distinguir tres clases de reclutamiento:

- 1).- Al área, el cual se realiza por una simple migración geográfica desde un área en la que viven los juveniles a otra en la que habitan los adultos y donde se practica la pesca de la especie. Con frecuencia los fondos donde viven los jóvenes son menos profundos que aquellos donde viven los adultos. Otras veces el reclutamiento se realiza con un cambio radical de residencia ecológica, pasando de la vida pelágica a la bentónica.
- 2).- Al arte, que es el número de peces que cada año alcanzan la talla capturable por los artes comerciales de pesca.

3).- Final, cuando la especie es reclutada tanto al área como al arte. El reclutamiento será completo cuando todos los peces de la edad o talla en cuestión estén dentro del área de pesca y ninguno de los que penetra en el arte pueda escapar.

El ciclo de vida de Phycis blennoides se desarrolla de la siguiente manera: nace en verano, durante los meses de julio y agosto, viviendo la fase pelágica hasta los meses de febrero y marzo, momento en el cual alcanza longitudes de 50 a 80 mm de longitud total (8 meses de edad) y desciende a profundidades de 150 a 450 m, presentando una mayor abundancia en profundidades comprendidas entre los 220 y 260 m. Los individuos de mayor talla tienden a buscar profundidades superiores.

D'Ancona, (1933) realiza un estudio del desarrollo larvario de Phycis blennoides en el Mediterráneo, encontrando que a partir de los 30 a 46 mm de longitud total, esta especie pasa del ambiente pelágico al bentónico produciéndose importantes cambios en la longitud de las mandíbulas, aletas pélvicas, altura de las aletas dorsales y coloración de los individuos.

No se conoce ningún estudio relacionado con los movimientos migratorios de Phycis blennoides en el Mediterráneo. Rodríguez, 1963 cita en el Atlántico norte migraciones de esta especie durante el invierno. Los individuos procedentes del Atlántico norte se desplazan hacia el suroeste de Inglaterra y Mar del Norte.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos decir que el reclutamiento al área de pesca de Phycis blennoides se lleva a cabo principalmente durante el mes de abril, época en que los ejemplares alcanzan una talla de 50 mm de longitud total en adelante y pertenecen a la edad "0".

En la pesca en Cataluña los barcos emplean "Bous" cuya abertura de malla es de 35 mm siendo la talla de primera captura para Phycis blennoides de 50 mm y la talla media de selección de 114 mm (ver sección 5.3.1 Selectividad).

Por lo que podemos considerar que el reclutamiento final, o sea, al área y al arte se lleva a cabo en la clase "0".

Este fenómeno se presenta en Phycis blennoides debido a que la reglamentación de la abertura de malla de los artes empleados en la pesca de esta región, está basado en la captura de ejemplares de la clase "1" de Mullus barbatus y Gadus capellanus.

A partir de lo dicho anteriormente, hemos intentado hacer una estimación del reclutamiento de Phycis blennoides por medio del método del área de barrida.

Teniendo en cuenta que las pescas se efectuaron con una embarcación de arrastre comercial cuya velocidad era de tres nudos y el tiempo de la calada de una hora y media, se estimó la distancia de arrastre recorrida en una calada como 4.5 millas ó 8.334 metros.

Siendo la distancia entre calones cuando el arte "bou" está en arrastre de 10 m aproximadamente, resulta que el área de barrida por el arte en cada calada es de:

$$83.340 \text{ m}^2 \text{ ó } 0.024298 \text{ millas}^2$$

El número de individuos obtenido en el histograma de Petersen para el mes de abril de 1977, época en que se aprecia más claramente la acción del reclutamiento al arte para la clase anual cero, es la siguiente:

Clases de tallas (mm)	Nº de individuos*
60	1
70	22
80	20
90	45
100	27
110	5
120	1
Total	121

* Número de pescas = 3

Estos valores consideramos que son una subestimación del número de reclutas, entre otras por la siguiente razón:

Los datos han sido obtenidos para el copo más el sobrecopo, pero la distribución de tallas muestra una fuerte selectividad del sobrecopo para los ejemplares más pequeños.

Para corregir la subestimación debida a la selectividad del arte hemos aplicado un modelo de serie logarítmica a la moda del histograma de Petersen para obtener una apreciación del número de reclutas existentes pero no capturados. Las clases de tallas han sido agrupadas en intervalos de 20 mm para ajustar convenientemente los resultados:

Clases de tallas (mm)	Nº de individuos
70	1337
90	94
110	11
130	2
Total	1444

Siendo el número total de ejemplares de edad "0" de 1444 en tres pescas, tendremos 486 ejemplares por pesca y 20002 ejemplares de edad "0" por milla².

Considerando que el área total de pesca correspondiente a la costa catalana es de 980 millas², entre las isobatas de 150 a 450 m de profundidad, zona de distribución de los individuos de Phycis blennoides pertenecientes al grupo de edad "0" podemos obtener la siguiente estimación:
 $20002 \text{ ejem. edad "0" / milla}^2 \times 980 \text{ millas}^2 = 19.601.960$

La valoración del reclutamiento de los individuos de clase "0" de Phycis blennoides para el mar Catalán podemos considerarla como una subestimación debida a los procesos seguidos

anteriormente. Sin embargo, considerando que es la primera estimación del mismo para especies del Mediterráneo Occidental (Suau, comunicación personal) y teniendo en cuenta que la cifra obtenida, 20002 ejemplares de edad "0"/milla², nos parece lo suficientemente razonable si lo comparamos, no ya con especies del Mediterráneo Occidental para los cuales no existe ningún estudio, sino con especies del mar Cantábrico, en el cual el reclutamiento de Merluccius merluccius es de 416.741.713 individuos de clase "0", podemos decir que la estimación obtenida para la especie en estudio, es lógica teniendo en cuenta que el mar Cantábrico presenta una mayor superficie de la plataforma continental y una mayor productividad.

VI ESTIMACIONES DEL RENDIMIENTO POBLACIONAL A PARTIR DE
LOS DATOS DE CRECIMIENTO

6.1 MODELO DE ESTIMACION DEL RENDIMIENTO MAXIMO SOSTENIBLE

Introducción

En su forma original, la ecuación de rendimiento desarrollada por Beverton y Holt, 1957 presentaba por separado los parámetros de mortalidad por pesca, mortalidad natural, crecimiento, edad de reclutamiento y edad al entrar en la fase de explotación. En la elaboración de unas tablas de fácil utilización para la determinación del rendimiento por recluta (Y') resultaba muy difícil incluir todas las combinaciones posibles de los parámetros anteriormente citados.

Por ello, los autores, basándose en los trabajos de Jones, (1957), Wilimovsky y Wicklund, (1963) y Tanaka (1958), decidieron elaborar una forma modificada de la ecuación del rendimiento que, si bien es idéntica en lo algebraico a la ecuación original, sólo presenta explícitamente tres parámetros derivados que permiten formular unas tablas de fácil empleo. De este modo, unas 11.000 entradas abarcan toda la gama de parámetros probables para la determinación de los valores de Y' .

La validez de las tablas en la práctica depende de la medida en que la pesca de que se trate satisfaga los supuestos básicos de la ecuación y del grado de exactitud con que hayan sido estimados los valores reales de los parámetros (Beverton y Holt, 1966).

Derivación de la ecuación de rendimiento modificada

La forma original de la ecuación de rendimiento desarrollada por Beverton y Holt (1957) que incluye la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y supone un período de vida explotable indefinido ($t_1 \rightarrow \infty$) es la siguiente:

$$Y = F R W_{\infty} e^{-M(t_c - t_r)} \sum_{n=0}^3 \frac{U_n e^{-n K(t_c - t_0)}}{F + M + nK} \quad (1)$$

expresión en que se emplea la notación de Holt (1960), o sea:

Y = rendimiento anual permanente en peso

R = reclutamiento anual (a la edad t_r)

t_c = edad al entrar en la fase de explotación.

F = coeficiente mortalidad por pesca.

M = coeficiente de mortalidad natural.

W_{∞}
K
 t_0 } parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

U_n = factor que toma los valores 1, -3, 3, -1 para $n = 0, 1, 2, 3$, respectivamente.

La modificación de la ecuación (1) por Holt (1957, 1962) y Beverton (1964) consiste principalmente en dos operaciones:

A).- La mortalidad por pesca, expresada en la ecuación (1) por el coeficiente de mortalidad por pesca F, estará representado por el índice de explotación E, que es la relación entre la mortalidad por pesca y la mortalidad total, es decir:

$$E = \frac{F}{F + M} \quad (2)$$

B).- La edad de los peces, que aparece en la ecuación (1), se reemplaza por la longitud (l_t) correspondiente, tal como se da en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, o sea:

$$l_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t - t_0)}) \quad (3)$$

De acuerdo con la primera de estas dos operaciones, se tiene la siguiente identidad:

$$F \sum \frac{1}{F+M+nK} \equiv E \sum \frac{1}{1 + \frac{nK}{M}(1-E)} \quad (4)$$

La transformación de la variable de la edad en la longitud se deduce de la ecuación (3) como:

$$1 - \frac{l_t}{L_{\infty}} = e^{-K(t-t_0)} \quad (5)$$

El término exponencial comprendido en la ecuación (1) puede escribirse de la siguiente manera:

$$e^{-nK(t_c - t_0)} = \left(1 - \frac{l_c}{L_{\infty}}\right) \quad (6)$$

En donde, l_c es la longitud media de la selección, es decir, la longitud media de los peces al entrar en la fase de explotación correspondiente a la edad t y la longitud del 50% de los peces seleccionados por el arte de pesca empleado. En lo sucesivo, la relación l_c/L_{∞} será reemplazada por un parámetro único c , por lo tanto tenemos que:

$$\left(1 - \frac{l_c}{L_{\infty}}\right)^n = (1-c)^n \quad (7)$$

El parámetro c , también se puede definir en términos del peso de los peces, de acuerdo con la desviación de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy como:

$$c = \frac{(W_c)}{W_\infty}^{1/3}$$

Procediendo a transformar el término exponencial que precede al símbolo sumatorio en la ecuación (1) podemos escribir:

$$Re^{-M(t_r-t_0)} = Re^{M(t_r-t_0)-M(t_c-t_0)} \quad (8)$$

De acuerdo con la ecuación (5) tenemos que:

$$e^{-M(t_c-t_0)} = \left(1 - \frac{L_c}{L_\infty}\right)^{M/K} = (1-c)^{M/K} \quad (9)$$

por lo tanto:

$$Re^{-M(t_c-t_r)} = Re^{M(t_r-t_0)}(1-c)^{M/K} \quad (10)$$

Para cualquier población de peces dada, el término $Re^{M(t_r-t_0)}$ sólo contiene parámetros determinados biológicamente que, por emplearse normalmente en la ecuación de rendimiento, son considerados como independientes de la intensidad o selectividad con que se pesque. Por lo tanto, este término puede substituirse por un reclutamiento arbitrario R_0 a la edad t_0 , con lo que tenemos:

$$R_0 = Re^{M(t_r-t_0)} \quad (11)$$

De acuerdo con las ecuaciones (4), (6), (7), (10) y (11) se realizan las substituciones correspondientes en la ecuación (1), se reúnen las constantes de R_0 t W_∞ en el término de la

izquierda y la ecuación de rendimiento queda expresada de la siguiente manera:

$$Y' = \frac{Y}{R_0 W_\infty} = E(1-c)^{M/K} \sum_{n=0}^3 \frac{U_n (1-c)^n}{1 + \frac{nK}{M}(1-E)} \quad (12)$$

Esta forma modificada de la ecuación (1) sólo contiene tres parámetros (E, c, M/K), todos ellos relacionados, el primero de los cuales solamente puede variar entre 0 y 1. Por lo cual los valores de Y' que proporcionan Beverton y Holt (1966) en su trabajo son independientes de la unidad, pero los valores obtenidos pueden transformarse por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{R_0 W_\infty}{R} = W_\infty e^{m(t_r - t_0)} = \frac{W_\infty}{(1 - l_r/L_\infty)^{M/K}} \quad (13)$$

y convertirse en rendimiento absoluto multiplicando por el número absoluto de reclutas a la edad t_r . Sin embargo, la mayor parte de las evaluaciones del rendimiento, tanto si se refieren a los efectos de los cambios en el esfuerzo pesquero o en la selectividad de los aparejos, pueden hacerse en términos relativos en cuyo caso son innecesarias tales conversiones.

Aunque la precedente transformación de la ecuación de rendimiento los parámetros E, c, M/K han sido tratados como entidades puramente algebraicas, son claramente susceptibles de una interpretación funcional. El índice de explotación E define la fracción de una clase anual que se capturará durante la fase explotada. El término c, expresa la longitud media

de selección como un valor relativo de la longitud asintótica, por lo que su complemento $(1-c)$, que figura en la ecuación modificada de rendimiento, es la fracción de la fase del crecimiento potencial que queda tras la entrada en la fase explotada. Por último, el término M/K es la relación de los coeficientes que determinan en realidad las respectivas tasas del cambio natural en números y en longitud al aumentar la edad. Esta relación merece especial interés debido a que su variación entre distintas especies, e incluso entre diferentes poblaciones de la misma especie, es menor que las variaciones de M o K independientemente. Lo cual obedece a que M y K tienden a variar en la misma dirección, siendo ambas mayores en las especies o poblaciones de vida más corta que para las de vida más larga (Beverton y Holt, 1959; Beverton, 1964). La ecuación de rendimiento modificada por Beverton y Holt, 1966, está relacionada con la función propuesta por Tanaka, 1958 como: $Z' = Z/K$ y $\xi = K(t-t_0)$; deduciéndose de la ecuación (5) que $\xi = -\log(1-c)$. Tomando D_0 (función de mortalidad, propuesta por Beverton y Holt, 1966) el rendimiento por recluta nominal Y' , puede obtenerse multiplicando por E , o sea: $Y' = ED_0$ (Beverton y Holt, 1966).

Estimación del rendimiento máximo sostenible

La mayor dificultad consiste en el conocimiento del coeficiente instantáneo de mortalidad natural (M), por lo que Beverton y Holt, (1966) recomiendan probar una serie de valores M/K entre los que se piensa se puede encontrar el valor real. La variable M/K es la única que es independiente de la actividad pesquera. Las variaciones de este valor entre las distintas especies, o entre diferentes poblaciones de las mismas especies, es menor que la de M ó K independientemente. En la sección 5.2 se muestra la estimación de la tasa de mortalidad natural (M) para Phycis blennoides, obtenida por medio del método de Taylor. A partir de éste valor y asumiendo para M un rango de valores entre 0.11 y 0.31, los valores de M/K resultantes se muestran en la tabla VI.1.

TABLA VI.1

Diferentes valores para M/K en la brótola, Phycis blennoides

<u>M</u>	<u>K</u>	<u>M/K</u>
0.11	0.104769	1.0
0.16	0.104769	1.5
0.21	0.104769	2.0
0.26	0.104769	2.5
0.31	0.104769	3.0

El tamaño de la malla legal actual en las pesquerías del Mediterráneo Occidental es de 35 mm. Considerando tamaños de malla entre 35 y 80 mm para redes de poliamida, obtenemos la

talla media de selección (l_c) a partir del factor de selección promedio obtenido en la sección 5.3.2. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Malla (mm)	l_c (mm)	$c=l_c/L_{\infty}$ &
35	114.1	0.20
40	130.4	0.23
45	146.7	0.25
50	163.0	0.28
55	179.3	0.31
60	195.6	0.34
65	211.9	0.37
70	228.2	0.40
75	244.5	0.43
80	260.8	0.45

& F.S = 3.26

$L_{\infty} = 574.39$ mm.

En la tabla VI.3 se muestran la talla media de selección ($l_{c \text{ maxp}}$) y los correspondientes valores de c (c_{maxp}), aberturas de malla de poliamida (A_{maxp}) y rendimientos máximos potenciales (Y'_{maxp}) cuando $E = 1$, es decir cuando la mortalidad total y la mortalidad por pesca son iguales, lo que sucedería suponiendo que todos los individuos de una clase anual (cohorte) se capturasen a una edad tal en la que la biomasa de la cohorte sea máxima.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las tablas VI.2 y VI.3 podemos concluir lo siguiente:

- a).- Cualquiera que sea el valor de M/K , los valores del rendimiento máximo por recluta aumentan al incrementarse la talla media de selección, es decir, que dentro del intervalo de abertura de malla considerado, cualquier aumento en el tamaño de talla media de selección produciría un aumento en el rendimiento anual por recluta de la pesquería. Lo que sucedería al alcanzarse el estado de equilibrio.
- b).- Las tasas de explotación (E) óptimas adecuadas para cada talla media de selección, oscilan en un intervalo de 0.45 a 0.85 para cualquiera que sea el valor de M/K adoptado y de abertura de malla empleada.
- c).- Los rendimientos por recluta aumentan con el incremento de los tamaños de malla.

TABLA VI.3

Tasas de explotación

M/K	E_{max}	C_{maxp}	$l_c \text{ maxp}$	A_{maxp}	Y'_{maxp}
1.0	1.0	0.76	436.54	133.91	0.105354
1.5	1.0	0.66	379.10	116.29	0.056997
2.0	1.0	0.60	344.63	105.71	0.034560
2.5	1.0	0.54	310.17	95.14	0.022598
3.0	1.0	0.50	287.20	88.10	0.015625

TABLA VI.2

Valores del rendimiento máximo por recluta (Y') y tasas de explotación óptimas para distintos valores de c y M/K usando redes de poliamida.

Malla (mm)	l_c (mm)	c	E_{max}	Y'_{max}
$M/K = 0.75$				
35	114.1	0.20	0.50	0.089746
40	130.4	0.23	0.50	0.0921165
45	146.7	0.25	0.50	0.0937275
50	163.0	0.28	0.50	0.096178
55	179.3	0.31	0.55	0.0991655
60	195.6	0.34	0.55	0.102224
65	211.9	0.37	0.55	0.10527
70	228.2	0.40	0.60	0.108637
75	244.5	0.43	0.60	0.1122415
80	260.8	0.45	0.60	0.1145805
$M/K = 1.0$				
35	114.1	0.20	0.50	0.062080
40	130.4	0.23	0.50	0.064196
45	146.7	0.25	0.50	0.065627
50	163.0	0.28	0.50	0.067788
55	179.3	0.31	0.55	0.069964
60	195.6	0.34	0.55	0.072576
65	211.9	0.37	0.60	0.074778
70	228.2	0.40	0.60	0.077797
75	244.5	0.43	0.60	0.08067
80	260.8	0.45	0.60	0.082478

TABLA VI.2 (cont.)

Malla (mm)	l_c (mm)	c	E_{max}	Y'_{max}
M/K = 1.5				
35	114.1	0.20	0.45	0.034706
40	130.4	0.23	0.50	0.035964
45	146.7	0.25	0.50	0.037042
50	163.0	0.28	0.50	0.038641
55	179.3	0.31	0.55	0.040182
60	195.6	0.34	0.55	0.041982
65	211.9	0.37	0.60	0.043652
70	228.2	0.40	0.60	0.045536
75	244.5	0.43	0.65	0.047299
80	260.8	0.45	0.65	0.048513
M/K = 2.0				
35	114.1	0.20	0.45	0.021833
40	130.4	0.23	0.50	0.022802
45	146.7	0.25	0.50	0.023602
50	163.0	0.28	0.50	0.024758
55	179.3	0.31	0.55	0.025947
60	195.6	0.34	0.60	0.027114
65	211.9	0.37	0.60	0.02838
70	228.2	0.40	0.65	0.029588
75	244.5	0.43	0.70	0.030706
80	260.8	0.45	0.70	0.031478

TABLA VI.2 (cont.)

Malla (mm)	l_c (mm)	c	E_{max}	Y'_{max}
M/K = 2.5				
35	114.1	0.20	0.45	0.014860
40	130.4	0.23	0.50	0.015649
45	146.7	0.25	0.50	0.0162385
50	163.0	0.28	0.55	0.017093
55	179.3	0.31	0.60	0.017931
60	195.6	0.34	0.60	0.018865
65	211.9	0.37	0.65	0.019697
70	228.2	0.40	0.70	0.020496
75	244.5	0.43	0.75	0.021186
80	260.8	0.45	0.80	0.021586
M/K = 3.0				
35	114.1	0.20	0.45	0.010687
40	130.4	0.23	0.50	0.011334
45	146.7	0.25	0.50	0.011766
50	163.0	0.28	0.55	0.012447
55	179.3	0.31	0.60	0.013096
60	195.6	0.34	0.65	0.013730
65	211.9	0.37	0.70	0.014293
70	228.2	0.40	0.75	0.014803
75	244.5	0.43	0.80	0.015183
80	260.8	0.45	0.85	0.015384

Los valores del rendimiento anual en peso de la pesquería (Y) pueden determinarse a partir de la ecuación (12):

$$Y' = \frac{Y}{R_0 W_\infty}$$

Donde:

Y = rendimiento anual en peso de la pesquería

W_∞ = constante de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

$R_0 = R e^{M(t_r - t_0)}$

R = número de reclutas que entran en el área de la pesquería

t_r = edad del reclutamiento al área

t_0 = constante de la ecuación de von Bertalanffy.

Siendo $R = 19.601.960$, una estimación mínima del reclutamiento, calculada en la sección 5.3.2, tenemos que:

$$R_0 = 19.601.960 e^{0.11(0+0.4637287)}$$

$$R_0 = 20.627.801$$

Empleando los valores de Y' obtenidos para redes de poliamida y siendo $W_\infty = 1.337.356$ g. (sección 3.2) podemos obtener una serie de estimaciones mínimas del rendimiento anual de la pesquería de la brótola en el mar Catalán, usando la expresión.

$$Ye = R e W_\infty Y'$$

Estos valores se han computado en la tabla VI.4, para diferentes valores de M/K y diferentes aberturas de malla, el intervalo de los valores de Ye va desde 295 a 3.161 toneladas métricas.

Las decargas de brótola (de todos los tamaños) provenientes de la región de Tramontana durante el año de 1974 han sido estimadas como del orden de 285 toneladas. De acuerdo con la tabla VI.4, podemos considerar que los valores más probables de M/K para la brótola están entre 1.0 y 2.0, con valores mínimos del rendimiento anual de 602 a 2275 toneladas métricas para la zona del mar Catalán.

La aplicación de la abertura de mallas del copo de 80 mm produciría siempre un aumento en el rendimiento de la pesquería de la brótola.

Para un $M/K = 1.0$ el incremento sería de 562 toneladas anuales, para un $M/K = 1.5$, de 381 toneladas, y 266 toneladas para un $M/K = 2.0$.

Un aumento en el rendimiento de la pesquería de la brótola consistiría en disminuir el valor de M/K , haciendo decrecer la tasa instantánea de mortalidad natural (M), lo que podría lograrse aumentando la intensidad o el poder de pesca. En la tabla VI.4, se observa que para un $M/K = 0.75$, se obtendrían de 2476 a 3161 toneladas anuales, usando mallas de 35 a 80 mm respectivamente.

TABLA VI.4

Estimación del rendimiento máximo sostenible de Phycis blennoides para cada uno de los supuestos..

Malla (mm)	l_c (mm)	E_{max}	Ye (ton.)
$M/K = 0.75$			
35	114.1	0.50	2.476
40	130.4	0.50	2.541
45	146.7	0.50	2.586
50	173.0	0.50	2.653
55	179.3	0.55	2.736
60	195.6	0.55	2.820
65	211.9	0.55	2.904
70	228.2	0.60	2.997
75	244.5	0.60	3.096
80	260.8	0.60	3.161
$M/K = 1.0$			
35	114.1	0.50	1.713
40	130.4	0.50	1.771
45	146.7	0.60	1.810
50	163.0	0.50	1.870
55	179.3	0.55	1.930
60	195.6	0.55	2.002
65	211.9	0.60	2.063
70	228.2	0.60	2.146
75	244.5	0.60	2.225
80	260.8	0.60	2.275

TABLA VI.4 (cont.)

Malla (mm)	l_c (mm)	E_{max}	Ye(ton.)
M/K = 1.5			
35	114.1	0.45	957
40	130.4	0.50	992
45	146.7	0.50	1.022
50	163.0	0.50	1.066
55	179.3	0.55	1.109
60	195.6	0.55	1.158
65	211.9	0.60	1.204
70	228.2	0.60	1.256
75	244.5	0.65	1.305
80	260.8	0.65	1.338
M/K = 2.0			
35	114.1	0.45	602
40	130.4	0.50	629
45	146.7	0.50	651
50	163.0	0.50	683
55	179.3	0.55	716
60	195.6	0.60	748
65	211.9	0.60	783
70	228.2	0.65	816
75	244.5	0.70	847
80	260.8	0.70	868

TABLA VI.4 (cont.)

Malla (mm)	l_c (mm)	E_{max}	Y_e (ton.)
M/K = 2.5			
35	114.5	0.45	410
40	130.4	0.50	432
45	146.7	0.50	448
50	163.0	0.55	472
55	179.3	0.60	495
60	195.6	0.60	520
65	211.9	0.65	543
70	228.2	0.70	565
75	244.5	0.75	584
80	260.8	0.80	595
M/K = 3.0			
35	114.1	0.45	295
40	130.4	0.50	313
45	146.7	0.50	325
50	163.0	0.55	343
55	179.3	0.60	361
60	195.6	0.65	379
65	211.9	0.70	394
70	228.2	0.75	408
75	244.5	0.80	418
80	260.8	0.85	424

VII CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

La discusión y conclusiones de cada capítulo, nos permiten establecer las siguientes conclusiones generales:

El mejor material para el estudio de la edad y el crecimiento son los otolitos. El método que proporciona mejores resultados para la identificación de las bandas de crecimiento rápido y lento, fue el de analizar las "sagittas" por medio de una lupa binocular, con iluminación transmitida de gran intensidad y sumergidas en xilol como líquido aclarante.

El núcleo es excéntrico en cada plano del otolito. En el crecimiento en longitud de la "sagitta" es mayor el número de bandas que se forma en la parte posterior que en la anterior, crece más rápido el lado dorsal que el ventral y se deposita mayor cantidad de material en la cara interna que en la externa.

La amplitud de las bandas concéntricas que se forman en torno al núcleo disminuye conforme el pez incrementa su longitud. Con la particularidad de que las bandas son más anchas durante el período de crecimiento rápido que en el de crecimiento lento.

La relación entre la longitud y la anchura del otolito viene dada por dos períodos distintos: La primera etapa, 70-170 mm de longitud total del pez corresponde a un crecimiento isométrico; la segunda etapa, a partir de los 180 mm de longitud total del pez, momento en que comienza la diferenciación sexual de esta especie corresponde a un crecimiento alométrico negativo.

En la relación entre la longitud y el peso de la "sagitta" se observa un mayor incremento en peso durante los primeros años de la vida del pez, correspondiendo a la época de la formación del núcleo y de las primeras bandas de crecimiento.

Las "sagittas" están constituidas por una matriz proteica formando fibras radiales y concéntricas en torno al núcleo, y por material inorgánico correspondiente a carbonato cálcico en forma de aragonito con un alto grado de pureza.

Los ejes de los cristales de aragonito están orientados perpendicularmente a la superficie de las bandas proteicas, prolongándose del centro al margen del otolito sin ser interrumpidas en su crecimiento por las bandas de proteína.

La interacción entre las fibras proteícas y los cristales de aragonito produce en éstos una forma de crecimiento en zig-zag.

No se registró la presencia de carbonato cálcico en forma de calcita, ni cristales de shortita ni de pirsonita; citados por otros autores como probables componentes del otolito de los teleósteos.

Los incrementos de crecimiento diario están representados por dos finas bandas, cuyo grosor oscila entre 0.5 y 2.5 μ , correspondientes a una capa con mayor proporción de proteína y otra con predominio de aragonito.

Las zonas de crecimiento rápido presentan, respecto de las de crecimiento lento, incrementos de crecimiento diario más anchos con fibras proteícas más gruesas y cristales de aragonito más grandes.

El porcentaje de otolitos cristalinos es de 1.32 %.

El porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento rápido en los bordes es mayor durante los meses de marzo,

abril y mayo (primavera), mientras que el mayor porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento lento en los bordes aparecen durante los meses de septiembre, octubre y noviembre (otoño). Durante cada año se depositan una banda de crecimiento rápido y otra de crecimiento lento.

Las variaciones de la temperatura en los fondos de la plataforma y talúd continentales, no son lo suficientemente significativas en la formación de las bandas de crecimiento del otolito.

La formación de las bandas de crecimiento rápido y lento muestran una fuerte correlación entre el nivel y épocas de alimentación.

A través de la edad, no se observó ningún cambio en las épocas de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento.

El análisis de los anillos de crecimiento de las "sagittas" permitió la identificación de ocho grupos de edad. La relación entre la edad y la longitud está expresada en la tabla II.7 (página 98).

De los diferentes métodos empleados en el análisis de las frecuencias de tallas mensuales - Petersen, 1892; Cassie, 1950, 1954 y 1963 y Bhattacharya, 1967 - éste último proporcionó los resultados más próximos a los determinados por la lectura de otolitos.

Los histogramas de Petersen demostraron que los individuos de cada generación, nacidos durante los meses de julio y agosto, aparecen en el bentos en abril y mayo con una talla modal de 80 mm.

La relación peso talla es:

$$\text{peso (w)} = 4.0 \times 10^{-6} \times \text{longitud (mm)}^{3.094}$$

para los peces enteros, y

$$\text{peso (w)} = 3.0 \times 10^{-6} \times \text{longitud (mm)}^{3.12}$$

para los desviscerados.

El crecimiento en peso se expone en las tablas III.57 y III.58 (páginas, 187 y 188).

La curva teórica de crecimiento que más se asemeja a los valores observados por medio de la lectura de las "sagittas"

es la obtenida aplicando el método de Tomlinson y Abramson (1961) y ajustadas mediante la ecuación de Beverton (1954).

Los parámetros del crecimiento son los siguientes:

talla máxima (L_{∞}) = 574.39 mm

peso entero máximo (W_{∞}) = 1 337.356 gr

peso desviscerado máximo (W_{∞}) = 1 218.588 gr

coeficiente catabólico (k) = 0.104769

edad teórica a la longitud cero (t_0) = -0.4637287

El crecimiento teórico, de acuerdo con los parámetros anteriores se muestra en las páginas 160 y 190.

Los datos obtenidos sugieren la existencia de un crecimiento compensatorio a partir de los tres años de edad; es decir, que los peces que en los primeros años alcanzaron una talla y/o un peso relativamente bajos, después crecieron más intensamente.

El límite de longevidad ($A_{0.95}$) es de 28 años; o sea, la edad requerida para alcanzar el 95 % de L_{∞} .

La brótola, en comparación con otras especies de peces del Mar Catalán, presenta un crecimiento lento y una longevidad elevada.

El crecimiento de los machos, a partir de los tres años de edad, es menor que el de las hembras de esa misma edad; esta diferencia aumenta en proporción directa a la edad.

Los parámetros del crecimiento por sexos son los siguientes:

Machos	Hembras
$L_{\infty} = 366.68$ mm	677.81 mm
$k = 0.217161$	0.0905388
$t_0 = -0.6264384$ años	-1.3796504 años
$A(0.95) = 13$ años	31 años

El valor de k es mucho más elevado en los machos que en las hembras, por lo que éstos alcanzan más rápido una talla cercana a L_{∞} y presentan una longevidad menor.

La brótola del Mar Catalán presenta un ritmo de crecimiento mayor, tallas menores y una menor longevidad en comparación con la brótola de las costas de Inglaterra; única estudiada, aunque escasamente.

La proporción de sexos es de un macho por cada hembra.

La época de desove es en julio y agosto.

Los machos alcanzan la madurez sexual entre las tallas 180 y 200 mm de longitud total (entre 2 y 3 años). Mientras que las hembras maduran entre los 220 y 240 mm de longitud total (a los 3 años).

El crecimiento lineal es mayor durante la primavera y el otoño, época en que esta especie se alimenta más intensamente.

El período de mayor crecimiento lineal ocurre durante las edades de 0 a 3 años, antes de la madurez sexual.

El incremento del valor del factor de condición disminuye a través de la edad. El crecimiento de esta especie durante las primeras fases de su desarrollo es un crecimiento rápido en longitud.

A través de los grupos de edad, esta especie presenta diferencias importantes en la variedad del régimen alimenticio durante el ciclo estacional. El índice de diversidad en número de componentes de la dieta es mayor durante la primavera que en el resto del año, debido a la presencia de algunas especies que no se presentan durante las demás estaciones

y que son consumidos principalmente por los juveniles de brótola, que en dicha época se incorporan al área de pesca.

Los períodos de más activa alimentación coinciden con las épocas en que es mayor el índice de diversidad de la dieta.

La aparición de juveniles de brótola en el contenido estomacal de los adultos, ocurre durante la primavera, período en el cual los individuos pequeños se incorporan al área de pesca.

Existe una estrecha relación entre la variedad de tallas en los diferentes grupos de edad y el índice de diversidad de la dieta. Estos dos índices alcanzan sus máximos valores durante las edades de 0 a 2 años.

La acumulación de ácidos grasos en el hígado aumenta proporcionalmente con respecto a la edad.

La reserva hepática en grasas es máxima durante la primavera y el otoño, coincidiendo con los períodos de máxima alimentación.

Durante el verano y a partir de los tres años, edad media en que la brótola efectúa su primera puesta, existe una marcada relación entre el consumo de grasas hepáticas y el desove. Con-

forme tiene lugar la freza existe un desgaste de los ácidos grasos acumulados.

En esta especie se presentan importantes cambios en la morfología y desarrollo de las diferentes partes del encéfalo y órganos de los sentidos, en relación con variaciones en la dieta alimentaria. Durante las edades 0 a 2 años, la percepción visual tiene mayor importancia que la olfativa, apareciendo presas pelágicas o bentopelágicas en el contenido estomacal que no se presentan en los individuos de mayor edad. A partir de los tres años, el telencéfalo presenta un mayor desarrollo que los lóbulos ópticos, diferencia que se incrementa conforme aumenta la edad. En este período, la alimentación está constituida por organismos que viven en los fondos.

El número de laminillas de la estructura en "roseta" de esta especie es de 26 a 28. El desarrollo de esta estructura y de los orificios nasales favorecen la recepción de los estímulos olfatorios.

Existe una estrecha relación entre el desarrollo y la diferenciación del Mielencéfalo y de las aletas pélvicas, como centros de la recepción gustatoria, y los hábitos alimenticios de esta especie. La tasa de crecimiento de las aletas pélvicas se incrementa en proporción directa a la edad y a la distribución batimétrica de esta especie.

El coeficiente de mortalidad (Z) de Phycis blennoides correspondiente a las edades 2 a 5 años es de 0.66 y la sobrevivencia de 0.34.

La tasa de mortalidad natural (M) de esta especie es de 0.11.

Las tasas de mortalidad natural (M) para cada sexo son de 0.23 para los machos y de 0.09 para las hembras.

Para una red de poliamida de 35 mm de abertura de malla (tamaño de la malla legal actual en las pesquerías del mar Catalán) se obtuvo un factor de selección de 3.26 y una talla media de selección de 114 mm. De esta manera la flota de arrastre captura ejemplares que no han cumplido su primer año de vida, con gran perjuicio para el rendimiento de la pesquería. La abertura de malla correspondiente a una talla media de selección de 260 mm, longitud en que los individuos se han reproducido una vez al menos, es de 75 a 80 mm.

El reclutamiento final, o sea, al área y al arte se lleva a cabo a la edad "0".

La estimación realizada para el reclutamiento es de 19.601.960 individuos pertenecientes al grupo de edad "0", número que consideramos inferior al valor real.

Las tasas de explotación (E) óptimas para cada talla media de selección oscilan entre 0.45 y 0.85 para cualquiera que sea el valor de M/K adoptado y de abertura de malla empleada.

Los valores más probables de M/K para la brótola están entre 1.0 y 2.0, con valores mínimos del rendimiento anual de 602 a 2.275 toneladas métricas.

La aplicación de la abertura de malla del copo de 80 mm, para un M/K = 1.0, produciría un aumento en el rendimiento de la pesquería de 562 toneladas anuales.

VIII BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- AKER, VON E., 1961.- Untersuchungen über die Biologie der Makrele (*Scomber scombrus* L.) in der Nordsee. Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch., XVI(2):105-128.
- ALVARIÑO, A. y O. RODRÍGUEZ., 1955.- La merluza, el bacalao y especies afines. Publ. Inst. Esp. Ocean. Vol.1 :125-127.
- ALLEN, K.R., 1966.- A method of fitting growth curves of the von Bertalanffy type to observed data. J. Fish. Res. Bd. Canada. 23(3):163-277.
- BAGLIONI, S., 1909.- Alcune esperienze di fisiologia dei semsi negli animali marine (olfatto e senso tactile). Atti. soc. ital. progr. sci. 2, 399.
- BALLESTER, A.; E. ARIAS; A. CRUZADO; D. BLASCO y J.M. CAMPS., 1967.- Estudio hidrográfico de la costa catalana de junio de 1965 a mayo de 1967. Inv. Pesq. 31(3) 621-662.
- BAS, C., 1963.- Fluctuations de la pêche de *Merlangus poutassou* et quelques considerations sur son controle. Proc. tech. Pap. gen. Fish. Coun. Mediterr., 7:417-20.
- , 1964.- Aspectos del crecimiento relativo en peces del Mediterráneo Occidental. Inv. Pesq. 27:13-119.
- BAS, C.; E. MORALES y M. RUBIO., 1955.- La Pesca en España. I) Cataluña. Inst. Invest. Pesq. Barcelona.
- BAS, C., y E. MORALES, 1966.- Crecimiento y desarrollo de *Micromesistius poutassou*. I. Desarrollo del otolito. Inv. Pesq. 30, p:179-95.
- BAS, C., P. SUAU y A. CRUZADO, 1974.- Características hidrográficas y pesqueras del litoral catalán y costa sur del Delta del Ebro. Informe interno, I.I.P.

- BEVERTON, R.J.H., 1954.- Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. U.S. Fish. and Wildl. Serv., Fish. Lab., Beaufort, Misc. Contrib., no. 2, 181p.
- BEVERTON, R.J.H., y S.J. HOLT., 1957.- On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Inv. ser. II, XIV :1-533.
- , 1959.- A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. Ciba Fond. Symposium on the Lifespan of animals, 1959, p. 142-177.
- , 1966.- Manual de métodos para la evaluación de los stocks de peces. Parte II. Tablas de funciones de rendimiento. FAO. Fish. Tech. paper, 38.
- BHATTACHARYA, C.G., 1967.- A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. Biometrics, 23 :115-135.
- BILTON, H.T., 1971.- Effects of starvation, feeding, and light period on circulus formation on scales of young sockeye salmon. Fish. Res. Bd. Can. 28:1749-1755.
- BILTON, H.T. and ROBBINS, 1971.- Effects of feeding level on circulus formation on scales of young sockeye salmon. (Oncorhynchus nerka). J. Fish. Res. Bd. Can. 28:861-868.
- BLACKER, R.W., 1974.- Recent advances in otolith studies. Sea Fish. research, ed. Harden-Jones, p. 67-90.
- BLASCO, D., 1971.- Acumulación de nitritos en determinados niveles marinos por acción del fitoplancton. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. España.
- BOTHA, L., 1970.- The growth of the Cape hake. Merluccius capensis. Investl. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr. 82:9pp.

- BOTHA, L., 1971.- Growth and otolith morphology of the Cape hakes Merluccius capensis, Cast. y M. paradoxus Franca. Investl. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr. 97:32pp.
- BOUDREAU, J.C., 1962.- Electrical activity of the olfactory tract of the catfish. Japan J. Physiol. 12, no.3.
- BRANDENBERGER, E., y H.R. SCHINTZ, 1945.- Uber die Natur der Verkalkungen bei Mensch und das Verhalten der anorganischen Knochensubstanz im Falle der hauptsächlichen menschlichen Knochenkrankheiten. Helv. Med. Acta. Suppl., 16:1-63.
- BRATBERG, E., 1956.- On the interpretation of the opaque and hyaline zones in the otoliths of immature redfish (Sebastes marinus L.). J. Conseil, XXII(1) :66-74.
- BRAWN, V.M., 1961.- Sound production by the cod (Gadus callarias L.). Behaviour 18 :243-255.
- BREDER, C.M., y D.E. ROSEN, 1966.- Modes of reproduction in fishes. The American Museum of Natural History, New York, N.Y. 941p.
- BRODY, S., 1927.- Growth rates. Univ. Missouri Agric. Exp. Sta. Bull. 97.
- , 1945.- Bioenergetics and growth. Reinhold Publishing Corp., New York, N.Y. 1023p.
- BROTHERS, F., MATHEWS y R. LASKER, 1976.- Daily growths increments in otoliths from larval and adult fishes. Fish. Bull. Vol. 74(1)
- BUCHANAN-WOLLASTON, H.G. Y W.C. HODGESON, 1929.- A new method of treating frequency curves in fishery statistics, with some results. J. Cons. 4, 207-25
- BURDEN, W.D., 1945.- Development of a shark deterrent. U.S. Air Surgeon's Bull. 2(10).

- CARLSTROM, D., 1963.- A crystallographic study of vertebrate otoliths. Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole, 125 441-63.
- CARRILLO, J., 1978.- Biología del Jurel (Trachurus trachurus (L) y Trachurus mediterraneus mediterraneus Steindachner) del Mar Mediterráneo Catalán. Tesina. Univ. de La Laguna.
- CASSIE, R.M., 1950.- The analysis of polymodal frequency distributions by the probability paper method. N. Z. Sci. Rev., 8:89-91.
- , 1954.- Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 5(3):513-522.
- , 1963.- Tests of significance for probability paper analysis. N. Z. J. Sci., 6(4):474-482.
- CLARK, F., 1928.- The weight-length relationship of the Californian sardine. (Sardina coerulea) at San Pedro. Fish. Bul., U.S. No. 12.
- CLARK, J.R., 1960.- Report on selectivity of fishing gear. Proc. Joint Sc. Meet. ICNAF, ICES and FAO (Lisbonne 1957), vol. 1, Rep:27-36.
- , 1963.- Size selection fo fish by otter trawls. Results of recent experiments in the Northwest Atlantic. Special Publ., ICNAF, 5 :24-96.
- CLOFNAM, 1973.- Check list of the fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. I. Hureau y Monod (Edit.) UNESCO, París. 314-315pp.
- CUNNINGHAM, J.T., 1905 .- Zones of growth in the skeletal structures of Gadidae and Pleuronectidae. Rep. Fishery Bd. Scotland, 23(3):125-140.

- CHAVE, K.E., 1954.- Aspects on the biochemistry of magnesium.
1. Calcareous marine organisms. J. Geol., 62 :266-283.
- CHRISTENSEN, J.M., 1964.- Burning of otoliths, a technique
for age determination of soles and other fish. J. cons.
Perm. Int. Explor. Mer., 29(1) p:73-81.
- D'ANCONA, H., 1933.- En: Uova, larve e stadi giovanili di
Teleostei, Fauna y Flora del Golfo di Napoli, 38,
pp.233-238.
- DA FRANCA, P., 1952.- Merluccius merluccius (L.), Merluccius
senegalensis (Cadenat) : seus caracteres distintivos.
Notas e estudos Inst. Biol. Marit. No. 3.
- DANNEVIG, A. 1933.- On the age and growth of the cod (Gadus
callarias) from the Norwegian Skagerrack. Fisk. Dir.
Skr. Ser, Havunders, 4:(1) 145pp.
- , 1949.- The variation in growth of young codfishes
from the Norwegian Skagerrack coast-Cod scales as indi-
cator of local stocks. FiskDir. Skr. Ser. Haunders, 9
:(6) 22pp.
- DANNEVIG, E.H., 1956.- Chemical composition of the zones in
cod otoliths. J. Cons. Int. Explor. Mer., 21 :156-9.
- DEGENS, E.T.; W.G. DEUSER y R.L. HAEDRICH, 1969.- Molecular
structure and composition of fish otoliths. Mar. Biol.
2(2), p:105-113.
- DEVEREUX, I., 1967.- Temperature measurements from oxygen
isotope ratios of fish otoliths. Science, N.Y., 155
:1684-85.
- DEVITSYNA, G.V., 1972.- Morphology of the organs of olfaction
in Gadidae. J. Ichthyol. Vol. 12 No. 6.

- DIEUZEIDE, R.; M. NOVELLA y J. ROLAND, 1954.- Catalogue des poissons des côtes Algériennes. II Inspection Générale et Direction de L'Agriculture :136-137.
- DRYAGIN, P.A., 1934.- Sizes of fish at onset sexual maturity Rybn. Khoz., No. 4.
- EDINGER, P.A., 1908.- Vorlesungen Über den Bau der nervösen Zentralorgane. F.C.W. Vogel, Leipzig.
- ERMAN, F., 1961.- On the biology of thick-lipped grey mullet (Mugil chelo Cuv.) Rap. Proc-Verb. Reu. CIESM, XVI(2) :277-285.
- EVANS, H.M., 1940.- Brain and body of fish. Blakiston, Philadelphia.
- FABENS, A.J., 1965.- Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. Growth, 29 :265-289.
- FABRICIUS, E., 1954.- Aquarium observations on the spawning behaviour of the burbot, Lota vulgaris L. Annu. Rep. Year 1953. Short Pap. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 35 :51-57.
- FIGUERAS, A., 1955.- Datos sobre la edad y crecimiento de la pescadilla (Merluccius merluccius L.) de Levante (Sector Castellón) determinados por medio de los otolitos. Inv. Pesq. Tomo I :73-86.
- FISH, M.P. y W.H. MOWBRAY, 1970.- Sounds of western North Atlantic Fishes. The Johns Hopkins Press, Baltimore and London. 206p.
- FORD, E., 1933.- An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 to 1933 J. Mar. Biol. Ass. UK, NS 19, 305-84.

- FOWLER, H.W., 1936.- The Marine Fishes of West Africa. Bull. of The American Museum of Natural History. Vol. LXX, Part. I. New York, 473-474pp.
- FRANQUEVILLE, C., 1971.- Macroplancton profond (Invertébrés) de la Méditerranée Nord-Occidentale. Tethys 3(1):11-56.
- FRANZ, V., 1911.- Über das Kleinhirn in der vergleichenden Anatomie. Biol. Zentr., 31, :434-445.
- , 1912.- Das Kleinhirn der Knochenfische. Zool. Jahrb. Abt. Anat. Ontog. 32, :401-464.
- , 1920.- Zur mikroskopischen Anatomie der Mormyriden. Zool. Jahrb. Abt. Anat. Ontog. 42, :91-148.
- FROST, 1925.- A comparative study of the otoliths of the Neopterygian fishes. Ann. Mag. Nat. Hist. ser. :9:15 p:152-158.
- FULTON, T., 1902.- Rate of growth of sea-fishes. Sci. Invest. Fish. Div. Scot. Rept. 20.
- FURNESTIN, J., 1960.- Hydrologie de la Méditerranée occidentale (Golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alborán Corse oriental) 14 juin, 20 juillet 1957. Rev. Trav. Inst. Pêches marit. XXIV (2) :5-119.
- , 1960.- Note préliminaire sur l'hydrologie du golfe du Lion de la Mer catalane et de la mer d'Alboran. Rapp. Proc-Verb. CIESMM 15(3) 261-262.
- GAMBELL, R., y J. MESSTORFF, 1964.- Age determination in the whiting (Merlangus merlangus L.) by means otoliths. J. conseil XXVIII(3):393-404.
- GEIGER, W., 1954.- Le curveau de Merluccius merluccius (L.) et de Merluccius senegalensis (Cadenat). Contribution à l'étude comparative des deux espèces. Bull. Inst. des Pêches du Maroc.

- GILAT, E., 1961.- On the selection of Upeneus molluccensis and Mullus barbatus by trawl cod-ends in the Israeli fisheries. Proc. G. gen Fish. Coun. Medit., 6:93-106.
- GILBERT, C.H., 1914.- Contributions to the life History of the sockeye salmon, No. 1. Rep. B.C. Comm. Fish., 1913. p.53-78.
- GOMPERTZ, B., 1825.- On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and a new mode of determining the value of life contingencies. Phil. Trans. Roy Soc. London, 115,(1), 513-85.
- GRAHAM, M., 1934.- Report on the North Sea Cod. Fish. Invest. Lond. Ser. 2, 13(4).
- GRASSE, P.P., 1958.- Traité de Zoologie. Vol. XIII. Masson et Cie Editeurs.
- GREENWOOD, P.H., 1979.- In: Report of the first meeting. Committes for the preparation of CLOFETA. UNESCO Technical papers in marine science, 29: appendix II. (Mimeo).
- GULLAND, J.A., 1964.- Manual of Methods of fish population analysis. FAO Fish. Tech. Pap. Núm. 40, 60pp.
- , 1965.- Manual of methods for fish stock assessment. Part I Fish population analysis. FAO Fish. Tech. Paper nº 40, revisión 1.
- , 1971.- Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. FAO. Ed. Acribia (Zaragoza), 166pp.
- GULLAND, J.A., y S.J. HOLT, 1959.- Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. Jour. Cons. Inter. Explor. Mer., Vol. 25, no. 1, p. 47-49.

- HAGMAN, N., 1921.- Studien über die Schwimmblase einiger Gadiden und Macruriden. I. Gestalt des Organes und Befestigung desselben binnen der Leibeshöhle. Akad. Abh. Lund. p.1-124.
- HARDEN JONES, F.R., 1969.- Observations of the behaviour of fish made with the bifocal sector scanner. FAO. Fish. Rep. (62)3:667-670.
- HARDING, J.P., 1949.- The use paper probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. J. Mar. Biol. Ass. U.K., XXVIII(1):141-153.
- HART, T.J., 1948.- A note on growth zones in bones of Phycis blennoides. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 16:335-40.
- HASLER, A.D., y W.J. WISBY, 1950.- Use of fish for the olfactory assay of pollutants (phenols) in water. Trans. Am. Fish. Soc., 79, 64-70.
- , 1957.- The sense organs: Olfactory and gustatory senses of fishes. In: The Physiology of fishes. Brown (ed.) Academic Press Inc. Publishers, New York. Vol. II, 187-209pp.
- HEALEY, E.G., 1957.- The nervous system. In: The Physiology of fishes. Brown (ed.) Academic Press Inc. Publishers, New York. Vol. II, 2-119.
- HERRICK, C.J., 1905.- The central gustatory paths in the brain of bony fishes. J. Comp. Neurol. 15, 375-456.
- , 1906.- On the centers of taste and touch in the medulla oblongata of fishes. J. Comp. Neurol. Psychol. 16, 403-421.
- HICKLING, C.F., 1931.- The structure of the otolith of the hake. Q. Jl. microsc. Sci. 74:547-61.

- HICKLING, C.F., 1933.- The natural history of the hake.
Part 4. Age determination and the growth rate. Fishery Invest. Lond. Ser. 2, 13:(2) 120pp.
- HODDER, V.M., y A.W. MAY, 1964.- The effect of catch size on the selectivity of otter trawls. Res. Bull., ICNAF, 1:28-35.
- , 1965.- Otter-trawl selectivity and girth-length relationships for cod in ICNAF Subarea 2. Res. Bull., ICNAF, 2:8-18.
- HOLT, S.J., 1957.- General tables for characteristics of steady-state yields. Contribution to Joint Scientific Meeting of ICNAF, ICES and FAO, Lisbon 27 mayo - 3 junio 1957. p11:6p (Mimeo)
- , 1960.- Vocabulario multilingüe y notaciones para la dinámica pesquera. Roma, FAO 42p.
- , 1962.- The application of comparative population studies to fisheries biology- an exploration. In the exploitation of natural animal populations. British Ecological Society Symposium No. 2. E.D. Le Cren and M.W. Holdgate (Ed.) Oxford, Blackwell Sci. Publ., pp.51-69.
- HOMANS, R.E.S., y V.D. VLADYKOV, 1954.- Relation between feeding and the sexual cycle of the haddock. J. Fish. Res. Bd. Canada 11:535-542.
- IMMERMANN, F., 1908.- Beiträge zur Altersbestimmung der Fische. II. Die innere Struktur der Schollen-Otolithen. Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland. N.F. 8:(6) 129-76.
- IRIE, T., 1955.- The crystal texture of the otolith of a marine Teleost Pseudoscianena. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ. 1:1-14.

- IRIE, T., 1957.- On the forming season of anual rings (opaque and translucent zones) in the otoliths of several Marine Teleost. J. Fac. Anim. Husbandry, Hiroshima Univ. 1(3)p:311-317.
- , 1960.- The growth of the fish otolith. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ. 3:203-29.
- JENSEN, A.S., y P.M. HANSEN, 1931.- Investigations on the Greenland cod (Gadus callarias L.) with an introduction on the history of the Greenland cod fishery. Cons. Int. Explor. Mer. Rapp. et Proc.-Verb. 72(1).
- JOINT COMMITTEE ON POWDER DIFFRACTION STANDARDS., 1964.- Part Lane Pennsylvania 081.
- JONES, R., 1957.- A much simplified version of the fish yield equation. Contribution to Joint Scientific Meeting of ICNAF, ICES y FAO, Lisboa, 27 Mayo - 3 Junio 1957. p21:8p. (Mimeo).
- , 1963.- Some theoretical observations on the escape of haddock from a condend. Special Publ. ICNAF, 5 :116-127.
- JONES, F.R.H., y N.B. MARSHALL, 1953.- The structure and functions of the teleostean swimbladder. Biol. Rev. (Cambridge) 28:16-83.
- KAPPERS, C.U.A., G.C. HUBER, y E.C. CROSBY, 1936.- The Comparative Anatomy of the Nervous System of Vertebrates, including Man. Macmillan, New York.
- KELLY, G.F., y A.M. BARKER, 1961.- Observations on the behaviour, growth and migration of redfish at Eastport, Maine. Sp. Publ. ICNAF, 3:263-275.

- KOHLER, A.C., y J.R. CLARK, 1958.- Haddock scale-otolith for Haddock (Melanogrammus aeglefinus L.) from the Lockeport, N.S. area. J. Fish. Res. Bd. Canada, 15(6):1229-1238.
- LAGERGREN, C., 1962.- Calcium carbonate precipitation in the pancreas, gallstones and urinary calculi. Acta Chir. Scand., 124:320-325.
- LAGLER, K.F.; J.E. BARDACH y R.R. MILLER, 1962.- Ichthyology. John Wiley y Sons, Inc. (edit.).
- LARRAÑETA, M.G., 1967.- Dinámica de las poblaciones explotables de animales marinos. En: Ecología Marina. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Cap. 16, 601-636pp.
- , 1965.- Les constantes de la croissance de la sardina de Castellón. Doc. Tech. VIII CGPM, núm. 39:1-5.
- , 1967.- Crecimiento de Pagellus erythrinus de las costas de Castellón. Inv. Pesq. 31(2) Pags. 185-258.
- LARRAÑETA, M.G.; P. SUAU y J.M. SAN FELIU, 1969.- Experiencias de selectividad en la pesquería de arrastre en el Levante español. Inv. Pesq., 33(1):15-53.
- LEVINS, R., 1968.- The Theory of the Niche. In: Evolution in changing Environments. Robert H. Macarthur (edit.) Princeton University Press.
- LOWENSTEIN, O., 1957.- The sense organs; the acusticolateralis system. En The Physiology of fishes. 2:155-86. Edited by M.E. Brown, Academic Press. N.Y., 526pp.
- LOZANO CABO, F., 1965.- Nomenclatura Oficial Española de los Animales Marinos de interés pesquero. Subsecretaría de la Marina Mercante.

- LOZANO REY, L., 1960.- Ictiología Ibérica. Tomo IV. Tercera Parte. Int. Nac. Ciencias Madrid, 404-405pp.
- LLORIS, D., 1977.- Tipificación y Distribución de la Ictiofauna del Mar Catalán en relación con los tipos de Plataforma y Naturaleza del fondo. Tesina. Universidad de Barcelona. España.
- MACPHERSON, E., 1977.- Estudio sobre relaciones tróficas en peces bentónicos de la Costa Catalana. Tesis. Univ. Barcelona.
- , 1978.- Régimen alimentario de Phycis blennoides (Brünich.) y Antonogadus megalokynodon (Kolombatovic) (Pisces:Gadidae) en el Mediterráneo Occidental. Invest. Pesq. Vol. 42(2) Pags. 455-466.
- MAIER, H.N., 1908.- Beiträge zur Altersbestimmung der Fische. 1. Allgemeines. Die Altersbestimmung noch den Otolithen bei Scholle und Kabeljau. Wiss Meeresunters. (Abt. Helgoland), 8: N.F., 56-115.
- MALYUKINA, G.A., y G.V. YURKEVICH, 1967.- The functional characteristics of the peripheral apparatus of the olfactory system in fish. In: Povedeniye i retseptsiy ryb (The behavior and reception of fish) Moscu.
- MANKEVICH, E.M., 1966.- Methods of taking and reading the age samples of cod. Mater. rybokhoz. Issled. sev. Boss. 1:53-6 (MAFF transl. N.S., 1970)
- MANTEYFEL, B.P., 1945.- The White Sea Navaga and its fishery. Archangel book press.
- MARGALEF, R., y J. CASTELLVI, 1967.- Fitoplancton y producción primaria de la costa catalana, de julio de 1966 a julio de 1967. Inv. Pesq. 31(3) pags. 491-502.

- MARTIN, W.R., 1953.- Vital statistics of the cod and haddock in Subarea 4. ICNAF, 3rd Ann. Meet., Doc. 39.
- MATSUI, K., 1942.- Growth of brain of bonito and tuna with special reference to their water and fat contents. Kagaku Nanyo (Sci. South Sea) 5. 1942.
- MATTA, F., 1959.- La pesca a strascico nell'Arcipelago Toscano. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 13(1-2):23-326.
- MAURIN, CL., 1952.- Les Merlus des Côtes Atlantiques du Maroc. C.I.P.E.M. Jour. Cons. Vol. XVIII, No.2, 1952.
- MAYER, F.K., 1931.- Röntgenographische Untersuchungen über die Modificationen des Kalciumkarbonates in Gastropodenschalen. Chemie d. Erde, 6:239-252.
- MINA, M.V., 1967.- Study of the relation between the weight of an otolith (sagitta) and the length of an individual in the cod population of the Barents and White Seas. Nauch. Dokl. vyssh. Shk., (9) 26-31. (Fish. Res. Bd. Can., transl. (990) 1968).
- MITSCHERLICH, E.A., 1930.- Die Bestimmung des Düngebedürfnisses des Bodens, 3rd ed. Berlin, Paul Parey.
- MOLANDER, A.R., 1947.- Observations on the growth of the plaice and on the formation of annual rings in its otoliths. Svenska. hydrogr. biol., Komn. Skr. N.S. Biol., II(B), pp.11.
- MORALES, B., 1978.- Avances en el estudio de los Teleósteos. Tesina, Universidad de Barcelona.
- MORRIS, R.W., y L.R. KITTLEMAN, 1967.- Piezoelectric property of otoliths. Science, N.Y., 158, p:368-370.

- MUGIYA, Y., 1964.- Calcification in fish and shell-fish III. -Seasonal occurrence of a pre-albumin fraction in the otolith fluid of some fish corresponding to the period of opaque zone formation in their otoliths. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. 30, p.445-67.
- , 1965.- Calcification in fish and shell-fish. IV The different content between the translucent and opaque zones of otolith in some fish. Ibidem, 31, p.896-901.
- , 1966.- Calcification in fish and shell-fish. V. A study on paper electrophoretic patterns of the acid mucopolysaccharides and Pas-positive materials in the otolith fluid of some fish. Ibidem, 32, p.117-29.
- , 1966.- Calcification in fish and shell-fish. VI. Seasonal change in calcium and magnesium concentration of the otolith fluid in some fish with special reference to the zone formation of their otolith. Ibidem, 32, p.549-57.
- , 1968.- Calcification in fish and shell-fish. VII. Histochemical similarities between the otolith and the macula region of sacculus in juveniles rainbow trout, with special reference to the otolith formation of fish. Ibidem, 34, p.1094-1106.
- , 1968.- Calcium 45 behaviour at the level of the otolith organs rainbow trout. Ibidem, 40(5), p.457.
- MUÑOZ, F., 1975.- La fertilización de las aguas mediterráneas frente a las costas de Castellón. Publ. Téc. Jun. Est. Pesca, D.G.P.M., Nº 11 :245-261.

- NANDA, R.B.; D. JAHANPARWAR, y R.V. BAUMGARTEN, 1966.- Erregungsmuster einzelner Fasern des tractus olfactorius lateralis des Fishes bei Reizung mit verschiedenen Geruchsstoffen. Pflügers Arch. ges. Physiol., 288, 2.
- NEAVE, F., 1954.- Principles affecting the size of pink and chum salmon populations in British Columbia. J. Fish. Res. Board. Can. 9:450-491.
- NELSON, M.O., y H.A. LARKINS, 1970.- Distribution and biology of the Pacific hake: A synopsis. Circ. Fish. Wildl. Serv., Wash. 332 :23-33.
- NICHY, F.E., 1969.- Growth patterns of otoliths from young silver hake, Merluccius bilinearis (Mitch.). Res. Bull. Int. Comm. Northw. Atlant. Fish. 6 :107-117.
- NIELSEN, J.N., 1912.- Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. Rep. on the Danish Oceanographical Expeditions 1908-1910, vol. I, 77-193. Copenhagen.
- NIKOLSKY, G.V., 1963.- Biological basis of mathematical simulation of fish population dynamics. Vopr. Ikhtiol., 3 No. 4 (29).
- OKA, M., 1954.- Ecological studies on the kidai by the statistical method II. On the growth of kidai. (Taius tumifrons). Bull. Fac. Fish. Nagasaki 2, 8-25.
- OLIVER, M., 1959.- Cartas de Pesca de las Baleares. I). Este y Sur de Menorca. Trab. Inst. Esp. Oceanogr., núm. 26.
- OLMSTED, J.M.D., 1918.- Experiments on the nature of the sense of smell in the common catfish Ameiurus. Am. J. Physiol. 46, 443-458.

- OTTERBECH, F., 1954.- The cod population of the Oslofjord. Rapp. P. -v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 136:15-21.
- PANNELLA, G., 1971.- Otoliths daily growth layers and periodical patterns. Science, 173 (4002) p.1124-27.
- , 1974.- Otolith growth patterns: An aid in age determination in temperate and tropical fishes. Int. T.B. Bagenal (editor) The ageing of fish, p.28-39. Unwin brothers Ltd. Surrey.
- PARRISH, B.B., 1958.- Some notes on methods used in fishery research. Special Publ., ICNAF, 1 :151-178.
- PARRISH, B.B., y J.A. POPE, 1963.- Results on the effects of using small-mesh covers: effects on the catches of the escape sizes of fish. ICNAF Spec. Publ., 5 :171-174.
- PAVLOV, D.S., 1959.- Experiments on the feeding of the burbot at different illuminations. Nauchn. dokl. vyssh. shkoly. Biol. nauk., no. 4.
- , 1962.- Some data on the olfaction of Gaidropsarus mediterraneus (L.) and its importance in the search of food. Vopr. ikhtiol., 2, No. 3.
- PAYNE, A., 1977.- Stock differentiation and growth of the Southern African kingklip Genypterus capensis. Investl. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr. 113:32pp.
- PEREIRO, J.A., 1977.- Curso práctico de adiestramiento sobre dinámica de poblaciones: Estimación del crecimiento Informes, Comunicados y trabajos de Biología Pesquera. Inst. Esp. Ocean., 423-451.

- PETERSEN, C.G.J., 1892.- Fiskeribiologiske forhold i Holboek Fjord, 1890-91. Beretning fra de Danske Biologiske Station for 1890(91), 1 :121-183.
- PIMENTEL-GOMES, F., 1951.- A Lei de Mitscherlich e a Análise da Variância em Experiências de Adubação. Anais Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", 8 :355-368.
- , 1951.- The interpolation of Mitscherlich's First Approach Law and the Analysis of Variance in Experiments with Fertilizers. Anais Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz" 8 :195-204.
- , 1951.- Adubação da Cana-de-Açúcar, em Pernambuco, determinada pela lei de Mitscherlich. Revista de agricultura, XXVI:357-364.
- , 1953.- The use Mitscherlich's Regresion Law in the analysis of experiments with fertilizers. Biometrics, vol. 9, no. 4, p.498-516.
- PIMENTEL-GOMES, F., y E. MALAVOLTA, 1949.- Aspectos matemáticos de Lei de Mitscherlich. Anais Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", vol. 6, p.193-229.
- POWLES, P.M., 1958.- Studies of reproduction and feeding of Atlantic cod (Gadus callarias) in the southwestern Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Bd. Canada, 15 :1383-1402.
- RANNOU, M., y C. THIRIOT-QUIEVREUX, 1975.- Structure des otolithes d'un Macrouridae bathyal. Etude au microscope electronique a balayage. Ann. Inst. Ocean., tome 51, fasc. 2, p:195-201.

- RAITT, D.F.S., 1966.- The biology and commercial potential of the blue whiting (Micromesistius poutassou) in the North East Atlantic. Paper presented to Symposium on Ecology of Pelagic Fishes in Arctic waters, ICES, September, 1966.
- REAY, P.J., 1972.- The seasonal pattern of otolith growth and its applications to back-calculations studies in Ammodyctes tobianus L., Jour. Cons. Int. Explor. Mer, 34 (3), p:485-505.
- RICKER, W.E., 1969.- Effects of size-selectivite mortality and sampling bias on estimates of growth, mortality, production, and yield. J. Fish. Res. Board Can., 26, :479-541.
- , 1975.- Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bull. Fish. Res. Bd. of Can., 191, 382pp.
- RIKHTER, V.A., 1973.- The correspondence between Abundance Indices and the Actual Stock in Connection with Variations in the Growth Rate Structure of the Northwest Atlantic Red Hake Urophycis chuss (Walbaum) Stock in the years 1967-1971. J. Ichtyol. vol. 13, no.5, p:725-30.
- , 1974.- A Study of the Dynamics of Red Hake (Urophycis chuss) Catches from the Northwest Atlantic by the Method of Simulation. J. Ichtyol. vol.14, no. 4 p:484-491.
- ROBLES, R.; S. IGLESIAS; F.J. PEREIRO y J.A. PEREIRO, 1975.- Primeros datos sobre la dinámica del "stock" de merluza europea (Merluccius merluccius L.) frente al litoral gallego. Bol. Inst. Esp. Ocean., no, 196, 21pp.

- RODRIGUEZ, O., 1963.- Biología de Peces. Publ. Téc. Junta Est. Pesca. Subsecretaría de la Marina Mercante. Publ. No. 2, pp:153-155.
- RODRIGUEZ-RODA, J., 1964.- Biología del atún, *Thunnus thynnus* L., de la costa sudatlántica de España. Inv. Pesq. 25:33-146.
- ROLLEFSEN, G., 1934.- The cod otolith as a guide to race, sexual development and mortality. Cons. Int. Explor. Mer. Rapp. et Proc.-Verb, 88(2).
- SABANEYEV, L.P., 1911.- The fish of Russia. St. Petersburg.
- SAEMUNDSSON, B., 1923.- On the age and growth of the cod (*Gadus callarias*) in Iceland waters. Med. Komm. Danmarks Fisk.-og Havunders., Ser. Fisk., 7(3).
- SAETERSDAL, G.S., 1953.- The haddock in Norwegian Waters. II Methods in age and growth investigations. Rep. Norw. Fish. Mar. Invest., X(9):5-46.
- , 1963.- A note on the methods used in mesh selection experiments. ICNAF Spec. Publ., 5:185-188.
- SANZ ECHEVERRIA, J., 1949.- Identificación de los peces de la familia Centrolophidae de España por medio de los otolitos. Real. Soc. Esp. H^a. Nat. Madrid, tomo extraordinario, p:151-56.
- SASAKI, H., and J. MIYATA, 1955.- Experimentelle Studien über Otolithen. Zeitschr. Laryngol. Rhinol. Otol., 34 :740-748.
- SCHARRER, E., 1935.- Die Empfindlichkeit der freien Flossens- trahlen des Knurrhahns (*Trigla*) für chemische Reize. Z. vergleich Physiol. 22, 145-154.

- SCOTT, D.C., 1949.- A study of a stream population of rock bass. Invest. Indiana Lakes Streams, 3:169-234.
- SHELDON, R.E., 1909.- The reactions of the dogfish to chemical stimuli. J. Comp. Neurol. 19, :273-311.
- , 1911.- The sense of smell in Selachians. J. Exptl. Zool. 10, :51-62.
- SONINA, M.A., 1957.- The White Sea Cod (Materials for a combined study of White Sea), 1, Leningrad, Akad. Nauk. SSSR.
- STEVENS, W.L., 1951.- Asymptotic regression. Biometrics, vol. 7, no. 3, p:247-267.
- STRUHSAKER, P., y J.H. UCHIYAMA, 1976.- Age and growth of the melin, Stolephorus purpureus (Pisces:Engraulidae) from the Hawaiian islands as indicated by daily growth increments of sagittas. Fish. Bull.74(1), p:9-17.
- SUAU, P., 1967.- El plan experimental de la pesca de arrastre al final de su vigencia. Publ. Téc. de la Junta Est. de Pesca,
- , 1970.- Contribución al estudio de la biología de Lithognathus (=Pagellus) mormyrus L. (Peces espáridos). Inv. Pesq., 34(2) págs. 237-265.
- SUAU, P., y J. LÓPEZ, 1976.- Contribución al estudio de la dorada, Sparus auratus L., Inv. Pesq. 40(1) págs.169-99.
- SUND, O., 1911.- Undersokelser over brislingen i norske farvand vaesentlig paa grundlag av 'Michael Sars' togt 1908. Aarsberetning Vedkommende Norges Fiskerei (1910) 3:357-410.

- TANAKA, S., 1958.- A mathematical consideration of the effect of mortality and growth on a fish population. Bull. Tokai Fish. Res. Lab., (20) :1-11.
- , 1962.- A method of analysing a polymodal frequency distribution and its application to the length distributions of the porgy (Taius tumifrons) (T. y S.) J. Fish. Res. Bd. Canada, 19(6) :1143-1159.
- TAYLOR, C.C., 1958a.- A note on Lee's phenomenon in Georges Bank Haddock, Spe. Publ., ICNAF, núm. 1:243-251.
- , 1958b.- Cod growth and temperature. J. Conseil, 23 (3) :366-370.
- , 1959.- Temperature and growth-The Pacific razor clam. Ibidem. 25(1) :93-101.
- , 1960.- Temperature, growth and mortality-The Pacific cockle. Ibidem., 26(1) :177-124.
- , 1962.- Growth equations with metabolic parameters. Ibidem. 27(3):270-286.
- TEICHMAN, H., 1954.- Vergleichende Untersuchungen an der Nase der Fische. Z. Morphol. Oekol. Tiere, 43
- TEMPLEMAN, W., y V.M. HODDER, 1958.- Variation with fish length, sex, stage of sexual maturity, and season in the appearance and volume of the drumming muscles of the swim-bladder in the haddock, Melanogrammus aeglefinus (L.). J. Fish. Bd. Canada, 15:355-390.
- TEMPLEMAN, W., 1963.- Ottertrawl covered codend and alternative haul mesh-selection experiments on redfish, haddock cod, American plaice and witch flounder: Girth measurements of haddock, cod and redfish, and meshing of redfish in the Newfoundland area. ICNAF Spec. Publ., 5 :201-217.

- TEMPLEMAN, W., H.J. SQUIRES, 1956.- Relationship of otolith lengths and weights in the haddock Melanogrammus aeglefinus (L.), to the rate of growth of the fish. J. Fish. Res. Bd. Can., 13 :467-87.
- TILNEY, F., 1923.- Genesis of cerebellar functions. Arch. Neurol. Psychiat. 9, :137-169.
- TOMLINSON, P.K., y N.J. ABRAMSON, 1961.- Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares. Fish. Bull., Calif., 116:3-69.
- TROUT, G.C., 1954.- Otolith growth of the Barents Sea cod. Rapp. P. -v Réun. Cons. int. Explor. Mer. 136:89-102.
- TUGE, H., 1934.- Studies on cerebellar function in the teleost. I. Reaction resulting from cerebellar ablation. J. Comp. Neurol. 60, 201-224.
- VLADYKOV, V.D., 1972.- Morphological Differences in Male Gonads among nine genera of Gadidae (Pisces). J. Fish. Res. Bd. Canada, Vol. 29, No. 12.
- VON BERTALANFFY, L., 1938.- A quantitative theory of organic growth. (Inquiries on growth laws II.) Human Biology, vol. 10 No. 2, p.181-213.
- V. BRANDT, A. 1963.- Selectivity data for synthetic fibres. ICNAF Spec. Publ., 5:18-23.
- WALFORD, L.A., 1946.- A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull., 90(2) :141-147.
- WATKIN, E.E., 1927.- Investigations of Cardigan Bay herring Univ. Coll. Wales, (Aberystwyth), Rep. Mar. Freshwater Invest. 2
- WEATHERLY, A.H., 1966.- Ecology of fish growth. Nature, 212 :1321-1324.

- WHEELER, A., 1966.- The fishes of the British Isles and N.W. Europa. Michigan State Univ. Press. 613 pp.
- WILBUR, K.M., 1960.- Shell structure and mineralization in molluscs. In: Calcification in Biological Systems. Ed. by R.F. Sognaes. AAAS, Washington, D.C., pp.15-40.
- WILLIAMS, T., y B.C. BEDFORD, 1974.- The use of otoliths for age determination. In Ageing of fish. T.B. Bagenal (edt.). Unwin Brothers, 114-123.
- WILIMOVSKY, N.J., y E.C. WICKLUND, 1963.- Tables of the incomplete Beta function for the calculation of fish population yield. Vancouver, Canada, University of British Columbia, Institute of Fisheries, 291 p.
- ZUÑIGA, L.R., 1967.- Estudio del crecimiento de Boops boops L. del Levante Español. Inv. Pesq. 31(3) págs. 383-418.

IX APENDICE

TABLA II.1

Relación clases de tallas-longitud-anchura y peso del otolito de Phycis blennoides.

Clases de tallas mm	Longitud del otolito mm	Anchura del otolito mm	Peso del otolito mgr.
70	4.097	1.56	5.33
80	4.50	1.72	7.09
90	5.041	1.87	10.01
100	5.542	2.00	13.35
110	5.969	2.15	16.72
120	6.41	2.29	20.76
130	6.94	2.41	26.41
140	7.147	2.54	28.88
150	7.62	2.67	35.08
160	8.045	2.80	41.36
170	8.437	2.91	47.78
180	8.817	3.03	54.61
190	9.136	3.15	60.83
200	9.416	3.26	66.67
210	9.83	3.38	75.97
220	9.933	3.49	78.41
230	10.276	3.60	86.91
240	10.519	3.70	93.30
250	10.956	3.82	105.6
260	10.987	3.92	106.47
270	11.22	4.03	113.48
280	11.54	4.13	123.58

TABLA II.1 (cont.)

Clases de tallas mm	Longitud del otolito mm	Anchura del otolito mm	Peso del otolito mgr.
290	11.59	4.23	125.21
300	12.273	4.34	148.98
310	12.54	4.44	159.02
320	13.00	4.54	177.39
340	13.410	4.73	195.0
350	13.986	4.83	221.4
360	14.200	4.93	231.8
400	15.400	5.30	296.5
440	16.00	5.67	333.0
490	18.00	6.11	476.1

TABLA II.5

Porcentajes mensuales de otolitos con bandas de crecimiento rápido o lento en los bordes.

	1976		1977		1978	
	Crec. rápido	Crec. lento	Crec. rápido	Crec. lento	Crec. rápido	Crec. lento
Enero			32.0	68.0	57.14	42.86
Febrero			57.15	42.85	66.67	33.33
Marzo			---	---	71.25	28.75
Abril			66.67	33.33	75.6	24.4
Mayo			72.22	27.78	80.0	20.0
Junio			45.0	55.0	61.11	38.89
Julio			20.0	80.0	50.0	50.0
Agosto			---	---	40.0	60.0
Septiembre	7.7	92.3	13.33	86.67	20.0	80.0
Octubre	9.5	90.5	17.86	82.14		
Noviembre	20.0	80.0	27.12	72.88		
Diciembre	29.4	70.6	42.8	57.2		

TABLA II.6

Valor mensual del factor de Condición.

	1976	1977	1978
	K	K	K
Enero		6.76	7.00
Febrero		6.78	7.20
Marzo		---	7.30
Abril		7.60	7.50
Mayo		7.60	7.80
Junio		6.60	7.00
Julio		6.28	6.80
Agosto		---	6.20
Septiembre	6.06	5.20	6.04
Octubre	6.08	5.79	
Noviembre	6.63	6.10	
Diciembre	6.64	6.40	

FIGURA II.20

Epoca de aparición de las zonas de crecimiento rápido y lento de otras especies. (Modificado y aumentado de Blacker 1974 y Larrañeta 1967).

Especie y localidad	Epoca de formación		Autor
	Crec.rápido	Crec,lento	
<u>Bacalao(Gadus morhua)</u>			
Mar del Norte(juv.)	Mar-Sept-Oct	Nov-Feb	Blacker 1974
Mar del Norte(ad.)	May-Nov-Dic	Ene-Abr	Blacker 1974
Mar del Norte(acua.)	Agosto	Nov	Cunningham 1905
Costas Noruegas:			
Flodevigen	Dic-Jul	Agost-Nov	Dannevig 1933
Topdalsfjord	Nov-Ene	Jul-Ene	Dannevig 1933
Oslofjord	Dic-Jun	Jul-Oct-Nov	Otterbech 1954
Artico	Jun-Nov	Dic-May	Trout 1954 Mankevich 1966
<u>Melanogrammus aeglefinus</u>			
Costas noruegas	Mar-Jul	Agost-Feb	Saetersdal 1953
Lockeport	Jun-Nov	Dic-May	Kohler y Clark 1958
<u>Merlangus merlangus</u>			
Mar del Norte		Otoño- Invierno	Gambell,Mestorff (1964)
<u>Merluccius merluccius</u>			
Sur de Irlanda	Dic-Jul	Agost-Nov	Hickling 1933
<u>Merluccius capensis</u>			
Sur-Africa		Primavera	Botha 1971

FIGURA II.20

Especie y localidad	Epoca de formación		Autor
	Crec.rápido	Crec.lento	
<u>Merluccius paradoxus</u> Sur-Africa		Primavera	Botha 1971
<u>Genypterus capensis</u> Sur-Africa		Primavera	Payne 1977
<u>Sebastes marinus</u> Costas noruegas		Oct-Abr	Bratberg 1956
Eastport, Maine	A partir de Abril	A partir de Septiembre	Kelly et al. 1961
<u>Ammodytes tobianus</u> Langstone, Harbour Inglaterra	Abr-may		P.J.Reay 1972
<u>Mugil chelo</u>	Verano	Invierno	Erman 1961
<u>Argyrosomus argentatus</u>	Abr-Jun-Jul	Agos-Feb	Irie 1960
<u>Cateolabrax japonicus</u>	Dic-May	Jun-Nov	" "
<u>Mylio macrocephalus</u>	Mar-Jun	Jul-Feb	" "
<u>Pseudosciaena manchurica</u>	Mar-Jun-Jul	Agos-Feb	" "
<u>Limanda herzensteini</u>	May-Jun-Sept	Oct-abr	Mugiya 1964
<u>Kareius bicoloratus</u>	Jun-Sept	Oct-May	" 1966

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MESES

Clases de tallas (mm)	Sept./76		Oct./76		Nov./76		Dic./76	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
100-109	12	1.5	4	0.7	2	0.88		
110-119	27	3.3	11	1.8	9	4.0	1	0.2
120-129	81	10.1	45	7.7	22	9.7	7	1.7
130-139	86	10.8	57	9.7	17	7.5	15	3.6
140-149	138	17.3	82	14.0	24	10.6	54	13.1
150-159	143	17.9	95	16.3	27	12.0	88	21.4
160-169	132	16.5	91	15.6	12	5.3	65	15.8
170-179	73	9.1	75	12.8	35	15.5	47	11.4
180-189	45	5.6	54	9.2	30	13.3	43	10.4
190-199	38	4.7	40	6.8	21	9.3	29	7.0
200-209	9	1.1	18	3.1	13	5.7	33	8.0
210-219	2	0.25	4	0.7	8	3.5	9	2.1
220-229			1	0.17	2	0.8	14	3.4
230-239			2	0.34	3	1.3	2	0.4
240-249	2	0.25						
250-259								
260-269			1	0.17				
270-279	1	0.12					1	0.2
280-289	5	0.62	1	0.17			2	0.4
290-299								
300-309							1	0.2
310-319	1	0.12						
320-329	1	0.12						
350-359			1	0.17				
Total.	796		582		225		411	

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MESES

Clases de tallas (mm)	Ene./77		Feb./77		Abr./77		Mayo/77	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
60-69					1	0.5		
70-79					22	11.5		
80-89					20	10.4	3	1.7
90-99					45	23.5	14	7.9
100-109					27	14.1	21	11.9
110-119					5	2.6	42	23.8
120-129					1	0.5	15	8.5
130-139	6	2.6	1	0.6			3	1.7
140-149	17	7.5	4	2.4				
150-159	16	7.0	8	4.8				
160-169	31	13.6	13	7.8	1	0.5		
170-179	32	14.1	20	12.0	4	2.0		
180-189	47	20.7	30	18.0	3	1.5	3	1.7
190-199	22	9.7	25	15.1	3	1.5	1	0.5
200-209	20	8.8	22	13.2	6	3.1	1	0.5
210-219	21	9.2	12	7.2	11	5.7	8	4.5
220-229	9	3.9	9	5.4	9	4.7	17	9.6
230-239	3	1.3	10	6.0	10	5.2	14	7.9
240-249	3	1.3	3	1.8	5	2.6	8	4.5
250-259			4	2.4	7	3.6	9	5.1
260-269			1	0.6	6	3.1	11	6.2
270-279			1	0.6	3	1.5	1	0.5
280-289			1	0.6			3	1.7
290-299			2	1.2			1	0.5
300-309								
310-319								
320-329					1	0.5	1	0.5
340-349					1	0.5		
350-359								
Total.	227		166		191		176	

TABLA III. 1 (cont.)

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MESES

Clases de tallas (mm)	Jun./77		Jul./77		Sept./77		Oct./77	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
90-99	1	0.6	1	0.3				
100-109	21	14.0	10	3.4				
110-119	25	16.6	33	11.4	3	0.91		
120-129	38	25.3	70	24.3	16	4.8		
130-139	20	13.3	75	26.1	59	17.9		
140-149	11	7.3	48	16.7	70	21.3		
150-159	6	4.0	17	5.9	70	21.3		
160-169			15	5.2	54	16.4	5	8.0
170-179	1	0.6	1	0.3	23	7.0	14	22.2
180-189	2	1.3	1	0.3	7	2.1	15	23.8
190-199	2	1.3	2	0.7	13	3.9	11	17.4
200-209	1	0.6			3	0.9	7	11.1
210-219	5	3.3	1	0.3	1	0.3	2	3.1
220-229	1	0.6	2	0.7	3	0.9	3	4.7
230-239	4	2.6	1	0.3	1	0.3	2	3.1
240-249	3	2.0	4	1.4				
250-259	3	2.0	2	0.7	1	0.3	1	1.5
260-269	2	1.3	1	0.3				
270-279	3	2.0	2	0.7				
280-289	1	0.6	1	0.3	1	0.3	1	1.5
290-299					3	0.9		
300-309							1	1.5
310-319								
320-329								
340-349							1	1.5
Total	150		287		328		62	

TABLA III. 1 (cont.)

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MESES

Clases de tallas (mm)	Nov./77		Dic./77		Ene./78		Feb./78	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
110-119	1	0.5						
120-129	5	2.7						
130-139	22	12.0	2	0.3				
140-149	22	12.0	19	3.7			1	0.4
150-159	41	22.5	31	6.0	1	0.8	1	0.4
160-169	28	15.3	57	11.1			9	4.0
170-179	20	10.9	80	15.7			17	7.6
180-189	15	8.2	86	16.8	8	6.4	33	14.9
190-199	10	5.4	92	18.0	25	20.1	52	23.5
200-209	5	2.7	64	12.5	33	26.6	33	14.9
210-219	2	1.0	37	7.2	22	17.7	28	12.6
220-229	3	1.6	23	4.5	21	16.9	27	12.2
230-239	1	0.5	13	2.5	7	5.6	9	4.0
240-249			1	0.1	4	3.2	10	4.5
250-259	1	0.5	2	0.3			1	0.4
260-269					1	0.8		
270-279	1	0.5						
280-289								
290-299	1	0.5						
300-309								
310-319			2	0.3				
320-329	3	1.6						
330-339	1	0.5						
340-349					1	0.8		
350-359								
Total	182		509		123		221	

TABLA III. 1 (cont.)

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MESES

Clases de tallas (mm)	Mar./78		Abril/78		May./78		Jun./78	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
50-59			1	0.6				
60-69			5	3.0				
70-79			14	8.6				
80-89			37	22.8				
90-99			23	14.1				
100-109			6	3.7			2	1.7
110-119			1	0.6			7	6.0
120-129					1	2.9	1	0.86
130-139							2	1.73
140-149								
150-159	3	4.6						
160-169	9	13.8						
170-179	6	9.2	1	0.6				
180-189	4	6.1	6	3.7				
190-199	11	16.9	3	1.8	1	2.9		
200-209	1	1.5	10	6.1	1	2.9	3	2.6
210-219	5	7.7	17	10.4	4	11.7	5	4.34
220-229	4	6.1	14	8.6	4	11.7	17	14.7
230-239	5	7.7	12	7.4	3	8.8	20	17.3
240-249	5	7.7	10	6.1	6	17.6	29	25.2
250-259	1	1.5	2	1.2	6	17.6	15	13.0
260-269	2	3.0			4	11.7	6	5.2
270-279	4	6.1			3	8.8	5	4.34
280-289							2	1.73
290-299	4	6.1					1	0.86
300-309								
310-319	1	1.5						
370-379					1	2.9		
Total	65		162		34		115	

TABLA III. 1 (cont.)

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MESES

Clases de tallas (mm)	Jul./78		Agosto/78		Sep./78	
	No.	%	No.	%	No.	%
90-99	4	3.5				
100-109	12	10.7				
110-119	20	17.85				
120-129	21	18.75	5	6.9	2	1.3
130-139	14	12.5	8	11.1	10	6.5
140-149	9	8.03	13	18.0	10	6.5
150-159			9	12.5	39	25.4
160-169			6	8.3	36	23.5
170-179			5	6.9	36	23.5
180-189					7	4.5
190-199					2	1.3
200-209						
210-219						
220-229	3	2.67	3	4.1		
230-239	2	1.78	2	2.7		
240-249	9	8.03	6	8.3		
250-259	7	6.25	7	9.7	1	0.65
260-269	3	2.67	3	4.1	3	1.96
270-279	4	3.57	3	4.1	1	0.65
280-289	1	0.89	1	1.3	2	1.3
290-299	2	1.78	1	1.3	2	1.3
300-309	1	0.89				
320-329					2	1.3
Total	112		72		153	

TABLA III. 4

FRECUENCIAS DE TALLAS POR ESTACIONES

Clases de tallas (mm)	Otoño/76		Invierno/76		Primav./77	
	No.	%	No.	%	No.	%
60-69					1	0.27
70-79					22	5.99
80-89					23	6.26
90-99					59	16.07
100-109	18	1.12			48	13.07
110-119	47	2.93	1	0.12	47	12.80
120-129	148	9.23	7	0.87	16	4.35
130-139	160	9.98	22	2.73	3	0.81
140-149	244	15.22	75	9.32		
150-159	265	16.53	112	13.93		
160-169	235	14.66	109	13.55	1	0.27
170-179	183	11.41	99	12.31	4	1.08
180-189	129	8.04	120	14.92	6	1.63
190-199	99	6.17	76	9.45	4	1.08
200-209	40	2.49	75	9.32	7	1.90
210-219	14	0.87	42	5.22	19	5.17
220-229	3	0.18	32	3.98	26	7.08
230-239	5	0.31	15	1.86	24	6.53
240-249	2	0.12	6	0.74	13	3.54
250-259			4	0.49	16	4.35
260-269	1	0.06	1	0.12	17	4.63
270-279	1	0.06	2	0.24	4	1.08
280-289	6	0.37	3	0.37	3	0.81
290-299			2	0.24	1	0.27
300-309			1	0.12		
310-319	1	0.06				
320-329	1	0.06			2	0.54
340-349					1	0.27
350-359	1	0.06				
Total	1603		804		367	

TABLA III. 4 (cont.)

FRECUENCIAS DE TALLAS POR ESTACIONES

Clases de tallas (mm)	Verano/77		Otoño/77		Invier./77	
	No.	%	No.	%	No.	%
90-99	2	0.45				
100-109	31	7.0				
110-129	58	13.2	4	0.69		
120-129	108	24.7	21	3.66		
130-139	95	1.7	81	14.13	2	0.23
140-149	59	13.5	92	16.05	20	2.34
150-159	23	5.2	111	19.37	33	3.86
160-169	15	3.4	87	15.18	66	7.73
170-179	2	0.45	57	9.94	97	11.37
180-189	3	0.68	37	6.45	127	14.88
190-199	4	0.91	34	5.93	169	19.81
200-209	1	0.22	15	2.61	130	15.24
210-219	6	1.37	5	0.87	87	10.19
220-229	3	0.68	9	1.57	71	8.32
230-239	5	1.14	4	0.69	29	3.39
240-249	7	1.60			15	1.75
250-259	5	1.14	3	0.52	3	0.35
260-269	3	0.68			1	0.11
270-279	5	1.14	1	0.17		
280-289	2	0.45	2	0.34		
290-299			4	0.69		
300-309			1	0.17		
310-319					2	0.23
320-329			3	0.52		
340-349			1	0.17		
350-359					1	0.11
Total	437		573		853	

TABLA III. 4 (cont.)

FRECUENCIAS DE TALLAS POR ESTACIONES

Clases de tallas (mm)	Primavera/78		Verano/78	
	No.	%	No.	%
50-59	1	0.38		
60-69	5	1.91		
70-79	14	5.36		
80-89	37	14.17		
90-99	23	8.81	4	1.33
100-109	6	2.29	14	4.68
110-119	1	0.38	27	9.03
120-129	1	0.38	27	9.03
130-139			24	8.02
140-149			22	7.35
150-159	3	1.14	9	3.01
160-169	9	3.44	6	2.00
170-179	7	2.68	5	1.67
180-189	10	3.83		
190-199	15	5.74		
200-209	12	4.59	3	1.00
210-219	26	9.96	5	1.67
220-229	22	8.42	23	7.69
230-239	20	7.66	24	8.02
240-249	21	8.04	44	14.71
250-259	9	3.44	29	9.69
260-269	6	2.29	12	4.01
270-279	7	2.68	12	4.01
280-289			4	1.33
290-299	4	1.53	4	1.33
300-309			1	0.33
310-319	1	0.38		
320-329				
340-349				
370-379	1	0.38		
Total	261		299	

TABLA III.5

Método de Cassie. Mes de julio de 1977

<u>Clases de tallas mm</u>	<u>Frecuencia (%)</u>	<u>Porcentajes acumulativos</u>	<u>Nueva serie de valores</u>	
90	0.3	0.3	0.32	
100	3.4	3.7	3.95	3.4
110	11.4	15.1	16.15	11.4
120	24.3	39.4	42.15	24.3
130	26.1	65.5	70.08	26.1
140	16.7	82.2	87.95	16.7
150	5.9	88.1	94.26	5.9
160	5.2	93.3&	99.8	5.2
		0.3		
			Porcentajes acumulativos	Nueva serie de valores
170	0.3	93.6	0.3	18.75
180	0.3	93.9	0.6	37.5
190	0.7	94.6	1.3	81.25
210	0.3	94.9	1.6&	99.9
			Porcentajes acumulativos	
220	0.7	95.6	0.7	29.12
230	0.3	95.9	1.0	41.6
240	1.4	97.3	2.4&	99.8
			Porcentajes acumulativos	
250	0.7	98	0.7	35
260	0.3	98.3	1.0	50
270	0.7	99	1.7	85
280	0.3	99.3	2.0&	99

& Punto de inflexión

TABLA III. 6

METODO DE CASSIE (mes de abril 1977)

Clase de tallas (mm)	Frecuencia %	Porcentajes acumulativos	Nueva serie de valores	
60	0.5	0.5	0.8	
70	11.5	12.0	19.2	
80	10.4	22.4	35.84	
90	23.5	45.9	73.4	
100	14.1	60.0&	96.0	
110	2.6	62.6		
120	0.5	63.1	Porcentajes acumulativos	Nueva serie de valores
160	0.5	63.6	0.5	0.8
170	2.0	65.6	2.5	29.0
180	1.5	67.1	4.0	46.4
190	1.5	68.6	5.5	63.8
200	3.1	71.7	8.6&	99.7

TABLA III.12 Método de Tomlinson y Abramson. Cálculo de z .

z	\bar{l}_1	\bar{l}_2	\bar{l}_3	\bar{l}_4	\bar{l}_5	\bar{l}_6	\bar{l}_7	\bar{l}_8	$\sum_{j=1}^8 \bar{l}_j J_{8j}(z)$
	80	132	177	215	250	280	310	340	
	$J_{81}(z)$	$J_{82}(z)$	$J_{83}(z)$	$J_{84}(z)$	$J_{85}(z)$	$J_{86}(z)$	$J_{87}(z)$	$J_{88}(z)$	
0.01	0	-6	1	1	1	1	1	1	780
0.99	1086	139	-481	-782	-769	-450	171	1086	-44039
0.50	22	-29	-28	-14	0	10	17	21	5176
0.80	235	-52	-174	-187	-128	-26	99	234	11903
0.89	486	-17	-289	-373	-309	-127	145	485	2328
0.90	526	-9	-305	-402	-339	-146	150	526	187
0.91	571	0	-321	-434	-372	-168	154	570	-2947

TABLA III.13 Método de Tomlinson y Abramson. Cálculo de $\sum_{j=1}^8 \bar{l}_j J_{8j}(z)$

z	\bar{l}_1	\bar{l}_2	\bar{l}_3	\bar{l}_4	\bar{l}_5	\bar{l}_6	\bar{l}_7	\bar{l}_8	$\sum_{j=1}^8 \bar{l}_j J_{8j}(z)$
0.01	0	-792	177	215	250	280	310	340	780
0.99	86880	18348	-85137	-168130	-192250	-126000	53010	369240	-44039
0.50	1760	-3828	-4956	-3010	0	2800	5270	7140	5176
0.80	18800	-6864	-30798	-40205	-32000	-7280	30690	79560	11903
0.89	38880	-2244	-51153	-80195	-77250	-35560	44950	164900	2328
0.90	42080	-1188	-53985	-86430	-84750	-40880	46500	178840	187
0.91	45680	0	-56817	-93310	-93000	-47040	47740	193800	-2947

TABLA III.14 Método de Tomlinson y Abramson

Resolución del sistema de ecuaciones (8)

m_j	z^{m_j}	z^{2m_j}	l_j	$l_j z^{m_j}$
0	1.000	1.000	80	80.0000
1	0.9006	0.81108	132	118.8792
2	0.81108	0.657851	177	143.56116
3	0.730459	0.53357	215	157.04868
4	0.657851	0.432768	250	164.46275
5	0.592461	0.35101	280	165.88908
6	0.53357	0.284697	310	165.4067
7	0.480533	0.230912	340	163.38122
Total	5.706554	4.301888	1784	1158.6287

Interpolación.

	Y	X
1	0.91	-2947
2	0.90	187

$$\left(\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \right) x_1 - y_1$$

$$\left(\frac{0.91 - 0.90}{-2947 - 187} \right)$$

$$-2947 - 0.91 = 0.9006$$

$$z = 0.9006$$

TABLA III.15 Cálculo de C

$$C = \sum e^{-kt}$$

$$k = 0.1047$$

t	$2.71828^{-0.1047}$	C
1	$e^{-k(1)}$	0.900595
2	$e^{-k(2)}$	0.811071
3	$e^{-k(3)}$	0.730446
4	$e^{-k(4)}$	0.657836
5	$e^{-k(5)}$	0.592444
6	$e^{-k(6)}$	0.533552
7	$e^{-k(7)}$	0.480515
8	$e^{-k(8)}$	0.432748
		$\Sigma 5.139207$

TABLA III.16 Cálculo de D

$$D = \sum l e^{-kt}$$

t	e^{-kt}	l	D
1	0.900595	80	72.0476
2	0.811071	132	107.06137
3	0.730446	177	129.28894
4	0.657836	215	141.43474
5	0.592444	250	148.111
6	0.533552	280	149.39456
7	0.480515	310	148.95965
8	0.432748	340	147.13432
			$\Sigma 1043.4321$

TABLA III.17 Cálculo de E

$$E = \sum e^{-2kt}$$

$$-2k = 0.2094$$

t	$2.71828^{-2(0.1047)t}$	E
1	$e^{-2k(1)}$	0.811071
2	$e^{-2k(2)}$	0.657836
3	$e^{-2k(3)}$	0.533552
4	$e^{-2k(4)}$	0.432748
5	$e^{-2k(5)}$	0.350989
6	$e^{-2k(6)}$	0.284677
7	$e^{-2k(7)}$	0.230893
8	$e^{-2k(8)}$	0.187271
		Σ 3.489037

TABLA III.18 Cálculo de F

$$F = \sum lte^{-kt}$$

t	l	e^{-kt}	F
1	80	0.900595	72.0476
2	132	0.811071	214.12274
3	177	0.730446	387.86682
4	215	0.657836	565.73896
5	250	0.592444	740.555
6	280	0.533552	892.36736
7	310	0.480515	1042.7175
8	340	0.432748	1177.0745
			Σ 5096.4904

TABLA III.19 Cálculo de G

$$G = \sum te^{kt}$$

t	e^{-kt}	G
1	0.900595	0.900595
2	0.811071	1.622142
3	0.730446	2.191338
4	0.657836	2.631344
5	0.592444	2.96222
6	0.533552	3.201312
7	0.480515	3.363605
8	0.432748	3.461984
		Σ 20.33454

TABLA III.20 Cálculo de H

$$H = \sum te^{-2kt}$$

t	e^{-2kt}	H
1	0.811071	0.811071
2	0.657836	1.315672
3	0.533552	1.600656
4	0.432748	1.730992
5	0.350989	1.754945
6	0.284677	1.708062
7	0.230893	1.616251
8	0.187271	1.498168
		Σ 12.035817

TABLA III.21 Cálculo de I

$$I = t^2 e^{-2kt}$$

t^2	e^{-2kt}	I
1	0.811071	0.811071
4	0.657836	2.631344
9	0.533552	4.801968
16	0.432748	6.923968
25	0.350989	8.774725
36	0.284677	10.248372
49	0.230893	11.313757
64	0.187271	11.985344
		Σ 57.490549

TABLA III.22 Cálculo de J

$$J = t^2 e^{-kt}$$

t^2	e^{-kt}	J
1	0.900595	0.900595
4	0.811071	3.244284
9	0.730446	6.574014
16	0.657836	10.525376
25	0.592444	14.8111
36	0.533552	19.207872
49	0.480515	23.545236
64	0.432748	27.695872
		Σ 106.50434

TABLA III.23 Cálculo de L

$$L = \int t^2 e^{-kt}$$

t^2	1	e^{-kt}	L
1	80	0.900595	72.0476
4	132	0.811071	428.24548
9	177	0.730446	1163.6004
16	215	0.657836	2262.9558
25	250	0.592444	3702.775
36	280	0.533552	5378.2041
49	310	0.480515	7299.0228
64	340	0.432748	9416.5964
			Σ 29723.447

Cálculo de M

$$M = BE - CD$$

$$M = (1784 \times 3.489037) - (5.139207 \times 1043.4321) = 862.02845$$

Cálculo de P

$$P = AD - BC$$

$$P = (8 \times 1043.4321) - (1784 \times 5.139207) = -820.88848$$

Cálculo de Q

$$Q = AE - C^2$$

$$Q = (8 \times 3.489037) - (5.139207)^2 = 1.500896$$

Cálculo de R

$$R = \frac{1}{2} (D_k)(Q) = CG - AH$$

$$R = (5.139207 \times 20.33454) - (8 \times 12.035817) = 8.2168743$$

Cálculo de S

$$S = D_k(P) = BG - AF$$

$$S = (1784 \times 20.33454) - (8 \times 5096.4904) = -4495.1038$$

Cálculo de T

$$T = D_k(R) = 2 AI - G^2 - CJ$$

$$T = 2(8 \times 57.490549) - (20.33454)^2 - (5.139207 \times 106.50434) \\ = -40.993069$$

Cálculo de U

$$U = D_k(S) = AL - BJ$$

$$U = (8 \times 29723.447) - (1784 \times 106.50434) = 47783.833$$

Cálculo de V

$$V = D_k(M) = GD + CF - 2BH$$

$$V = (20.33454 \times 1043.4321) + (5.139207 \times 5096.4904) - \\ 2(1784 \times 12.035817) = 4465.8359$$

TABLA III.24 Cálculo de C

$$C = \sum e^{-kt}$$

$$k_2 = 0.1060654$$

t	2.71828^{-kt}	C
1	$e^{-k(1)}$	0.899366
2	$e^{-k(2)}$	0.808859
3	$e^{-k(3)}$	0.72746
4	$e^{-k(4)}$	0.654253
5	$e^{-k(5)}$	0.588413
6	$e^{-k(6)}$	0.529198
7	$e^{-k(7)}$	0.475943
8	$e^{-k(8)}$	0.428047
		$\sum 5.111539$

TABLA III.25 Cálculo de D

$$D = \sum 1e^{-kt}$$

t	e^{-kt}	D
1	0.899366	71.94928
2	0.808859	106.76938
3	0.72746	128.76042
4	0.654253	140.66439
5	0.588413	147.10325
6	0.529198	148.17544
7	0.475943	147.54233
8	0.428047	145.53598
		$\sum 1036.5004$

TABLA III.26 Cálculo de E

$$E = \sum e^{-2kt}$$

$$-2kt = -0.2121308$$

t	$2.71828^{-2(k)t}$	E
1	$e^{-2k(1)}$	0.808859
2	$e^{-2k(2)}$	0.654253
3	$e^{-2k(3)}$	0.529198
4	$e^{-2k(4)}$	0.428047
5	$e^{-2k(5)}$	0.34623
6	$e^{-2k(6)}$	0.280051
7	$e^{-2k(7)}$	0.226522
8	$e^{-2k(8)}$	0.183224
		Σ 3.456384

TABLA III.27 Cálculo de F

$$F = \sum lte^{-kt}$$

t	l	e^{-kt}	F
1	80	0.899366	71.94928
2	132	0.808859	213.53877
3	177	0.727446	386.28126
4	215	0.654253	562.65758
5	250	0.588413	735.51625
6	280	0.529198	889.05264
7	310	0.475943	1032.7963
8	340	0.428047	1164.2878
			Σ 5056.0798

TABLA III.28 Cálculo de G

$$G = \sum te^{-kt}$$

t	e^{-kt}	G
1	0.899366	0.899366
2	0.808859	1.617718
3	0.72746	2.18238
4	0.654253	2.617012
5	0.588413	2.942065
6	0.529198	3.175188
7	0.475943	3.331601
8	0.428047	3.424376
		\sum 20.189706

TABLA III.29 Cálculo de H

$$H = \sum te^{-2kt}$$

t	e^{-2kt}	H
1	0.808859	0.808859
2	0.654253	1.308506
3	0.529198	1.587594
4	0.428047	1.712188
5	0.34623	1.73115
6	0.280051	1.680306
7	0.226522	1.585654
8	0.183224	1.465792
		\sum 11.880049

TABLA III.30 Cálculo de I

$$I = \sum t^2 e^{-2kt}$$

t^2	e^{-2kt}	I
1	0.808859	0.808859
4	0.654253	1.712188
9	0.529198	4.762782
16	0.428047	6.848752
25	0.34623	8.65575
36	0.280051	10.081836
49	0.226522	11.099578
64	0.183224	11.726336
		$\sum 55.696081$

TABLA III.31 Cálculo de J

$$J = \sum t^2 e^{-kt}$$

t^2	e^{-kt}	J
1	0.899366	0.899366
4	0.808859	3.235436
9	0.72746	6.54714
16	0.654253	10.468048
25	0.588413	14.710325
36	0.529198	19.051128
49	0.475943	23.321207
64	0.428047	27.395008
		$\sum 105.62765$

TABLA III.32 Cálculo de L

$$L = \sum 1t^2 e^{-kt}$$

t ²	1	e ^{-kt}	L
1	80	0.899366	72.94928
4	132	0.808859	427.07755
9	177	0.72746	1158.8437
16	215	0.654253	2250.6303
25	250	0.588413	3677.5812
36	280	0.529198	5334.3158
49	310	0.475943	7229.5741
64	340	0.428047	9314.3027
			Σ 29464.274

Cálculo de M

$$M = BE - CD$$

$$M = (1784 \times 3.456384) - (5.111539 \times 1036.5004) = 868.07683$$

Cálculo de P

$$P = AD - BC$$

$$P = (8 \times 1036.5004) - (1784 \times 5.111539) = -826.98237$$

Cálculo de Q

$$Q = AE - C^2$$

$$Q = (8 \times 3.456384) - (5.111539)^2 = 1.523272$$

Cálculo de R

$$R = \frac{1}{2} D_k(Q) = CG - AH$$

$$R = (5.111539 \times 20.189706) - (8 \times 11.880049) = 8.1600776$$

Cálculo de S

$$S = D_k(P) = BG - AF$$

$$S = (1784 \times 20.189706) - (8 \times 5056.0798) = -4430.2029$$

Cálculo de T

$$T = 2(8 \times 55.696081) - (20.189706)^2 - (5.111539 \times 105.62765) \\ = -56.406562$$

Cálculo de U

$$U = D_k(S) = AL - BJ$$

$$U = (8 \times 29464.274) - (1784 \times 105.62765) = 47274.464$$

Cálculo de V

$$V = D_k(M) = GD + CF - 2BH$$

$$V = (20.189706 \times 1036.5004) + (5.111539 \times 5056.0798) - \\ 2(1784 \times 11.880049) = 4382.9734$$

TABLA III.33 Método de Beverton

Valores del Log ($L_{\infty} - l_t$) según diferentes valores de L_{∞} , para la brótola, Phycis blennoides del mar Catalán.

l_t (mm)	Grupos de edad(años)	L_{∞}		
		Ford-Walford	Tomlinson y Abramson	Allen
80	1	6.20383	6.20332	6.19416
132	2	6.09276	6.09219	6.08194
177	3	5.98555	5.98492	5.9735
215	4	5.88510	5.88441	5.87178
250	5	5.78272	5.78195	5.76795
280	6	5.68576	5.68491	5.66947
310	7	5.57837	5.57743	5.56022
340	8	5.45805	5.45699	5.43756

TABLA III.34 Método de Beverton

Valores de los parámetros de las rectas de regresión $\log(L_{\infty} - l_t)$ contra t, de Phycis blennoides del mar Catalán.

Método	L_{∞}	a	b
Ford-Walford	574.64	6.3051328	- 0.1046923
Tomlinson y Abramson	574.39	6.1999566	- 0.104769
Allen	569.88	6.2974682	- 0.106199

Fórmula empleada: $y = bx + a$

TABLA III.35 Método de Walford

$$l_t = 574.64 (1 - e^{-0.106261(t+0.39104)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
80	78.960133	1.08132
132	128.92967	9.42693
177	173.86192	9.84755
215	214.26429	0.541269
250	250.5936	0.352361
280	283.26074	10.6324
310	312.63461	6.94117
340	339.04736	0.907523
		Σ 39.730523

TABLA III.36

Aplicación de la ecuación de Beverton en el método de Walford.

$$l_t = 574.64 (1 - e^{-0.1046923(t+0.4642858)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
80	81.671859	2.79511
132	130.67198	1.76362
177	174.80204	4.83103
215	214.54529	0.20676
250	250.33789	0.114172
280	282.57289	6.61981
310	311.60428	2.57373
340	337.74925	5.06584
		Σ 23.970072

TABLA III.37 Método polinomiales

$$l_t = 574.39 (1 - e^{-0.1047(t+0.4671)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
80	81.787392	3.19477
132	130.75471	1.55074
177	174.85408	4.60497
215	214.57027	0.184662
250	250.33811	0.114323
280	282.55048	6.50496
310	311.56119	2.43734
340	337.6879	5.3458
		Σ 23.937565

TABLA III.38

Aplicación de la ecuación de Beverton en el método de Polinomiales

$$l_t = 574.39 (1 - e^{-0.104769(t+0.4637287)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
80	81.662749	2.76474
132	130.67315	1.76053
177	174.8087	4.80178
215	214.55419	0.198743
250	250.34615	0.119826
280	282.57805	1.0185
310	311.6037	2.57186
340	337.74246	5.09645
		Σ 18.332429

TABLA III.39 Método de Allen

$$l_t = 569.88 (1 - e^{-0.10607(t+0.457265)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
80	81.617073	2.61493
132	130.75497	1.55008
177	174.94803	4.21058
215	214.69317	0.0941435
250	250.43889	0.192629
280	282.58639	6.68944
310	311.49925	2.24775
340	337.50231	6.23845
		Σ 23.838002

TABLA III.40

Aplicación de la ecuación de Beverton en el método de Allen

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
80	81.416476	2.0064
132	130.63131	1.8733
177	174.88762	4.46213
215	214.68462	0.0994622
250	250.47194	0.222735
280	282.65364	7.04181
310	311.59328	2.53857
340	337.61685	5.67937
		Σ 23.923777

TABLA III.41 Método de Gulland

$$l_t = 574.64 (1 - e^{-0.106261(t+0.4355015)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
80	81.29892843	1.68721508
132	131.0326769	0.935713825
177	175.7527627	1.55560081
215	215.9646135	0.93847932
250	252.1227047	4.50587558
280	284.6356962	21.4896795
310	313.8710507	14.9850335
340	340.159187	0.02534052
		Σ 46.11493813

TABLA III.42 Método de Gulland (Cont.)

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
80	80.6512406	0.424114319
132	130.4502825	2.40162414
177	175.2290795	3.1361592
215	215.4937228	0.243762263
250	251.6992846	2.88756825
280	284.254961	18.1046934
310	313.5286974	12.451704
340	339.8513464	0.022097866
		Σ 39.67172343

$$l_t = 574.64 (1 - e^{-0.106261(t+0.4232032)})$$

Crecimiento en los machos de Phycis blennoides.

Obtención de las constantes de crecimiento (k , L_{∞} y t_0) en machos de Phycis blennoides, mediante la aplicación del método de Tomlinson y Abramson.

Utilizando los datos de la tabla II.8, se tienen las siguientes longitudes para cada grupo de edad:

<u>Grupos de edad</u> <u>(años)</u>	<u>Long. media (lj)</u> <u>(mm)</u>
2	160
3	200
4	230
5	260
6	280

El valor de z , se obtuvo a partir de las tablas de polinomiales para $J_{5j}(z)$ que Tomlinson y Abramson dan en el apéndice de su trabajo, y de la fórmula (5).

En las tablas (III.44 y III.45) se muestra el método empleado. A partir de los resultados obtenidos para diferentes valores de z y por la interpolación lineal, se obtiene:

$$z = 0.8048$$

siendo $q = 1$ y aplicando la ecuación (6), el valor de k , es el siguiente:

$$k = \log_e \frac{1}{0.8048} = 0.217161$$

Resolviendo, el sistema de ecuaciones (8), (tabla III.46) se obtiene:

$$\begin{aligned}z^{mj} &= 2.197846 \\z^{2mj} &= 1.0550659 \\l_j &= 1130 \\l_j z^{mj} &= 468.24231\end{aligned}$$

Aplicando la ecuación (9), se tiene:

$$D = (2.197846)^2 - (5 \times 1.0550659) = -0.4447995$$

$$L_{\infty} = \frac{(468.24231 \times 2.197846) - (1130 \times 1.0550659)}{-0.4447995}$$

$$L_{\infty} = 366.68 \text{ mm}$$

$$B = \frac{(5 \times 468.24231) - (2.197846 \times 1130)}{-0.4447995} = 320.04179$$

Aplicando la ecuación (10)

$$t_0 = \frac{1}{0.217161} \log_e \frac{320.04179}{366.68}$$

$$t_0 = -0.6264384$$

Obtención de las constantes de crecimiento (k , L_{∞} y t_0) en las hembras de Phycis blennoides, mediante la aplicación del método de Tomlinson y Abramson.

De acuerdo con los datos de la tabla II.8, se observan las siguientes longitudes para cada grupo de edad.

<u>Grupos de edad</u> <u>(años)</u>	<u>Long. media (l_j)</u> <u>(mm)</u>
2	180
3	220
4	260
5	300
6	330
7	360

El valor de z , se obtuvo a partir de las tablas de polinomiales para $J_6(z)$ y de la fórmula (5).

En las tablas III.47 y III.48 se muestra el método empleado. A partir de los resultados obtenidos para diferentes valores de z , y por la interpolación lineal, se obtiene:

$$z = 0.9134375$$

siendo $q = 1$, y aplicando la ecuación (6) se obtiene el valor de k :

$$k = \log_e \frac{1}{0.9134375} = 0.0905403$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones (8) (tabla III.49) se obtiene:

$$z^{mj} = 4.040032$$

$$z^{2mj} = 2.784981$$

$$l_j = 1650$$

$$l_j z^{mj} = 1072.3279$$

Aplicando la ecuación (9), se obtiene:

$$D = (4.040032)^2 - (6 \times 2.784981) = -0.387986$$

$$L_{\infty} = \frac{(1072.3279 \times 4.040032) - (1650 \times 2.784981)}{-0.387986}$$

$$L_{\infty} = 677.80698$$

$$B = \frac{(6 \times 1072.3279) - (4.040032 \times 1650)}{0.387986} = 598.17983$$

Aplicando la ecuación (10) se obtiene:

$$t_0 = \frac{1}{0.0905403} \log_e \frac{598.17983}{677.80698}$$

$$t_0 = -1.3802803$$

TABLA III.44 Cálculo de z. (Machos de Phycis blennoides)

z	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	$\sum_{j=1}^5 l_j J_{5j}(2)$
	$J_{51}(2)$	$J_{52}(2)$	$J_{53}(2)$	$J_{54}(2)$	$J_{55}(2)$	
0.01	0	-3	1	1	1	170
0.99	48	-25	-48	-24	48	-1160
0.90	34	-22	-35	-13	36	-310
0.80	22	-18	-24	-6	26	120
0.81	23	-19	-25	-7	27	-130

TABLA III.45 Cálculo de $\sum_{j=1}^5 l_j J_{5j}(2)$ (Machos de Phycis blennoides)

z	1	2	3	4	5	$\sum_{j=1}^5 l_j J_{5j}(2)$
0.01	0	-600	230	-260	280	170
0.99	7680	-5000	-11040	-6240	13440	-1160
0.90	5440	-4400	-8050	-3380	10080	-310
0.80	3520	-3600	-5520	-1560	7280	120
0.81	3680	-3800	-5750	-1820	7560	-130

TABLA III.46

Resolución del sistema de ecuaciones (8) (Para machos de Phycis blennoides).

mj	z^{mj}	z^{2mj}	l_j	$l_j z^{mj}$
2	0.647703	0.419519	160	103.63248
3	0.521271	0.271724	200	104.2542
4	0.419519	0.175996	230	96.48937
5	0.337629	0.113993	260	87.78354
6	0.271724	0.0738339	280	76.08272
Total	2.197846	1.0550659	1130	468.24231

Interpolación

	y	x	
1	0.81	-130	$\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} (x_1) - y_1$
2	0.80	120	

$$\frac{0.81 - 0.80}{-130 - 120} \quad x -130 - 0.81$$

$$z = 0.8048$$

TABLA III.47 Cálculo de z. (Hembras de Phycis blennoides)

z	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	$\sum_{j=1}^6 l_j J_{6j}^{(2)}$
	$J_{61}^{(2)}$	$J_{62}^{(2)}$	$J_{63}^{(2)}$	$J_{64}^{(2)}$	$J_{65}^{(2)}$	$J_{66}^{(2)}$	
0.01	0	-4	1	1	1	1	370
0.99	166	-36	-134	-132	-31	167	-2590
0.90	103	-36	-91	-77	-7	108	430
0.95	135	-37	-113	-104	-18	137	-1040
0.93	121	-37	-104	-92	-13	125	-290
0.92	115	-36	-99	-87	-11	119	-210
0.91	109	-36	-95	-82	-9	113	110

TABLA III.48 Cálculo de $\sum_{j=1}^6 1_j J_{6j}(2)$ (Hembras de Phycis blennoides)

z	1	2	3	4	5	6	$\sum_{j=1}^6 1_j J_{6j}(2)$
0.01	0	-880	260	300	330	360	370
0.99	29880	-7920	-34810	-39600	-10230	60120	-2590
0.90	18540	-7920	-23660	-23100	-2310	38880	430
0.95	24300	-8140	-29380	-31200	-5940	49320	-1040
0.93	21780	-8140	-27040	-27600	-4290	45000	-290
0.92	20700	-7920	-25740	-26100	-3630	42480	-210
0.91	19620	-7920	-24700	-24600	-2970	40680	110

TABLA III.49

Resolución del sistema de ecuaciones (8) (Hembras de Phycis blennoides)

mj	z^{mj}	z^{2mj}	l_j	$l_j z^{mj}$
2	0.834368	0.69617	180	150.18624
3	0.762143	0.58062	220	167.67146
4	0.69617	0.484653	260	181.0042
5	0.635908	0.404379	300	190.7724
6	0.580862	0.337401	330	191.68446
7	0.530581	0.281516	360	191.00916
Total	4.040032	2.784981	1650	1072.3279

Interpolación

	y	x		
1	0.92	-210	$\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$	$x_1 - y_1$
2	0.91	110		

$$\frac{0.92 - 0.91}{-210 - 110} \quad -210 - 0.92$$

$$z = 0.9134375$$

Aplicación de la ecuación de Beverton (para machos)

Un ajuste posterior resulta de obtener una regresión lineal aplicando la ecuación de Beverton:

$$\log_e (L_{\infty} - l_t) = \log_e L_{\infty} + Kt_0 - Kt$$

Empleando como valor de L_{∞} , el obtenido por medio del método de Tomlinson y Abramson, $L_{\infty} = 366.68$ mm, resulta:

$$\log_e(366.68 - l_t) = 5.773048 - 0.218415 t$$

Con lo que obtenemos una nueva estimación de $k = 0.218415$

Como: $5.773048 = \log_e 366.68 + 0.218415 t_0$

resulta que, $t_0 = -0.6017993$

nueva estimación de dicho parámetro.

Aplicación de la ecuación de Beverton (para hembras)

La regresión lineal obtenida, por medio de la aplicación de la fórmula de Beverton, empleando como valor de L_{∞} , el obtenido por medio del método de Tomlinson y Abramson, corresponde a la siguiente ecuación:

$$\log_e(677.81 - l_t) = 6.3939581 - 0.0905388 t_0$$

con lo que obtenemos un nuevo valor de $k = 0.0905388$

Como: $6.3939581 = \log_e 677.81 + 0.0905388 t_0$

se obtiene una nueva estimación de t_0

$$t_0 = - 1.3796504$$

TABLA III.50

Método de Tomlinson y Abramson (para machos).

$$l_t = 336.68(1 - e^{-0.217161(t+0.626438)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
160	159.38772	0.374887
200	199.85123	0.0221314
230	232.41608	5.83746
260	258.62417	1.89291
280	279.7167	0.0802564
		8.2076448

TABLA III.51

Ecuación de Beverton (para machos)

$$l_t = 366.68(1 - e^{-0.218415(t + 0.6017993)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
160	158.95431	1.09346
200	199.71189	0.0830043
230	232.47255	6.11352
260	258.80494	1.42816
280	279.97118	0.0008305
		8.7189748

TABLA III.52

Método de Tomlinson y Abramson (para hembras).

$$l_t = 677.81(1 - e^{-0.0905403(t+1.3802803)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
180	178.70528	1.67629
220	221.90957	3.64646
260	261.37302	1.8852
300	297.42099	6.65127
330	330.34832	0.121331
360	360.42546	0.181023
		14.161574

TABLA III.53

Ecuación de Beverton (para hembras)

$$l_t = 677.81(1 - e^{-0.0905388(t+1.3796504)})$$

<u>Valores observados</u> (mm)	<u>Valores calculados</u> (mm)	<u>SD²</u>
180	178.67478	1.7562
220	221.88042	3.536
260	261.34591	1.81148
300	297.39591	6.78126
330	330.3246	0.105367
360	360.40309	0.162489
		14.152796

TABLA III.55

Relación peso entero-longitud

<u>Clases de tallas</u> <u>(mm)</u>	<u>Peso entero</u> <u>(g.)</u>
50	0.72
60	1.27
70	2.04
80	3.09
90	4.45
100	6.16
110	8.28
120	10.84
130	13.88
140	17.46
150	21.62
160	26.40
170	31.84
180	38.00
190	44.92
200	52.65
210	61.23
220	70.71
230	81.14
240	92.56
250	105.02
260	118.57

Tabla III, 53 (cont.)

Relación peso entero-longitud

<u>Clases de tallas</u> <u>(mm)</u>	<u>Peso entero</u> <u>(g.)</u>
270	133.26
280	149.13
290	166.23
300	184.61
310	204.33
320	225.42
330	247.93
340	271.92
350	297.44
360	324.53
370	353.24
380	383.62
390	415.73
400	449.60
410	485.30
420	522.86
430	562.35
440	603.81
450	647.29
460	692.84
470	740.50
480	790.35
490	842.41

TABLA III.56

Relación peso desviscerado-longitud

<u>Clases de tallas</u> <u>(mm)</u>	<u>Peso desviscerado</u> <u>(g.)</u>
50	0.60
60	1.06
70	1.71
80	2.60
90	3.75
100	5.21
110	7.02
120	9.21
130	11.82
140	14.90
150	18.48
160	22.60
170	27.30
180	32.63
190	38.62
200	45.32
210	52.78
220	61.02
230	70.10
240	80.10
250	91.00
260	102.76

TABLA III.56 (cont.)

Relación peso desviscerado-longitud

<u>Clases de tallas</u> <u>(mm)</u>	<u>Peso desviscerado</u> <u>(g.)</u>
270	115.61
280	129.50
290	144.48
300	160.60
310	177.90
320	196.42
330	216.21
340	237.32
350	259.78
360	283.65
370	308.97
380	335.77
390	364.12
400	394.05
410	425.60
420	458.84
430	493.79
440	530.51
450	569.04
460	609.43
470	651.73
480	695.98
490	742.22

TABLA IV.1

Proporción de sexos.

Mes/Año	Machos nº indiv.	Hembras nº indiv.	Indeterm. nº indiv.	M:H
Enero/77	38	83	10	0.45:1
Febrero/77	37	55	3	0.7:1
Abril/77	17	17	4	1:1
Junio/77	15	17	20	0.88:1
Julio/77	18	24	27	0.75:1
Septiembre/77	86	35	9	2.5:1
Octubre/77	22	24	17	0.9:1
Noviembre/77	29	21	43	1.3:1
Diciembre/77	11	11	2	1:1
Enero/78	18	8	10	2.2:1
Febrero/78	33	30	22	1.1:1
Marzo/78	18	13	1	1.38:1
Abril/78	31	36	10	0.86:1
Mayo/78	18	15	0	1.2:1
Junio/78	28	38	0	0.73:1
Julio/78	15	17	20	0.88:1
Agosto/78	10	16	0	0.63:1
Septiembre/78	36	19	13	1.9:1
TOTAL	480	479	211	1:1

TABLA IV.3

Porcentajes mensuales de machos y hembras en los distintos estadios de madurez gonádica.

Mes-Año	II		III		IV		V	
	M	H	M	H	M	H	M	H
Ene./77	100	100						
Feb./77	100	100						
Abr./77	100	100						
Jun./77			69	60	31	40		
Jul./77			45	33	55	68		
Sept./77	41	34	17	20	25	23	17	23
Oct./77	59	70	32	30	8		1	
Nov./77	100	100						
Dic./77	100	100						
Ene./78	100	100						
Feb./78	100	100						
Mar./78	100	100						
Abr./78	100	100						
May./78	90	95	10	5				
Jun./78	61	68	30	21	9	11		
Jul./78			20	12	80	88		
Ago./78			20	31	80	69		
Sept./78	72	84	6	5	17	11	5	

TABLA IV.4

Composición de la dieta de Phycis blennoides. Coeficientes de ocurrencia y porcentaje en peso (entre paréntesis). Tomado de Macpherson 1978

	60-150 mm	160-250 mm	260-350 mm	60-350 mm
Mollusca				
Gasteropoda				
Homologyridae	0.2(0.0)			0.1(0.0)
No identificados		0.2(0.0)		0.1(0.0)
Bivalvia				
No identificados	0.2(0.0)			0.1(0.0)
Cephalopoda				
Sepietta oweniana		0.2(0.0)		0.1(0.4)
Sepiola rondeletti		0.2(0.0)		0.1(0.4)
Annelida				
Polychaeta				
Aphroditidae	18.4(0.3)	4.1(0.1)	4.7(0.0)	11.5(0.3)
Nephtys sp.	0.4(0.1)	0.2(0.0)		0.3(0.0)
Hyalinoecia bilineata		0.2(0.0)		0.1(0.0)
Spionidae	0.2(0.0)			0.1(0.0)
No identificados	3.9(0.1)	0.5(0.0)		2.3(0.0)

TABLA IV.4 (cont.)

	60-150 mm	160-250 mm	260-350 mm	60-350 mm
Arthropoda				
Copepoda				
Undinopsis bradyi	1.6(0.0)			0.8(0.0)
Aetideopsis sp.	0.2(0.0)			0.1(0.0)
Aetideus sp.	0.4(0.0)			0.2(0.0)
No identificados	6.0(0.0)	0.2(0.0)		3.3(0.0)
Cumacea				
No identificados	0.4(0.0)			
Tanaidacea				
Apseudes sp.	3.5(0.1)	0.2(0.0)		1.9(0.0)
Isopoda				
Cirolanidae	1.4(0.5)	3.3(0.6)	14.2(0.8)	2.5(0.5)
Gnathia sp.	0.2(0.0)	0.2(0.0)		0.2(0.0)
Larva Praniza	1.6(0.0)	0.2(0.0)		0.9(0.0)
Ilyarachna sp.	4.9(0.1)			2.5(0.0)
Ilyarachnidae	1.6(0.0)			0.8(0.0)
Munnopsidae	22.1(1.0)	4.4(0.1)		13.6(0.3)

TABLA IV.4 (cont.)

	60-150 mm	160-250 mm	260-350 mm	60-350 mm
Amphipoda				
Lilljeborgia sp	7.2(0.2)	1.3(0.0)		4.4(0.1)
L. della-vallei	0.2(0.0)	0.5(0.0)		0.3(0.0)
Scopelocheirus hopei	0.9(0.0)			0.4(0.0)
Colomastix pusilla	0.2(0.0)			0.1(0.0)
Ampelisca diadema	0.9(0.0)			0.4(0.0)
A. typica	0.9(0.0)			0.4(0.0)
Ampelisca sp.	1.1(0.0)	1.1(0.0)		1.1(0.0)
Synchelidium				
haplocheles	0.4(0.0)			0.2(0.0)
Lysianassidae	0.9(0.0)			0.4(0.0)
Aristias neglectus			4.7(0.0)	0.1(0.0)
Aeoridae	0.2(0.0)			0.1(0.0)
Epimeria cornigera		0.2(0.0)		0.1(0.0)
Eusirus longipes	0.9(0.0)	0.5(0.0)		0.7(0.0)
Gammaroideos no iden.	21.0(0.6)	4.6(0.1)		13.1(0.2)
Phtisica marina	7.2(0.3)	0.2(0.0)		3.9(0.1)
Vibilia armata	0.2(0.0)			0.1(0.0)

TABLA IV.4 (cont.)

	60-150 mm	160-250 mm	260-350 mm	60-350 mm
Mysidacea				
<i>Boreomysis megalops</i>	0.7(0.0)	1.1(0.0)		0.8(0.0)
<i>Pseudomma</i> sp.	13.7(0.5)	3.0(0.0)		8.6(0.2)
<i>Erythrops napolitana</i>	9.5(0.7)	1.1(0.0)		5.5(0.2)
<i>Lophogaster typicus</i>	2.1(0.2)	1.1(0.0)		1.5(0.0)
<i>Mysideis</i> sp.	0.7(0.0)			0.3(0.0)
<i>Amblyops</i> sp.	0.2(0.1)			0.1(0.0)
<i>Mysidopsis</i> sp.	0.2(0.0)			0.1(0.0)
<i>Mysidetes</i> sp.	0.2(0.0)			0.1(0.0)
No identificados	5.3(0.3)	1.3(0.0)		3.4(0.0)
Euphausiacea				
<i>Meganyctiphanes</i> <i>norvegica</i>	0.2(0.0)	0.5(0.1)		0.3(0.1)
<i>Nyctiphanes couchii</i>	0.4(0.0)	0.5(0.0)		0.2(0.0)
Decapoda				
<i>Solenocera membranacea</i>	1.8(0.3)	11.3(11.4)	14.2(7.0)	6.3(8.4)
<i>Alpheus glaber</i>	29.6(33.8)	50.5(24.3)	38.0(15.1)	39.1(26.5)
<i>Pasiphaea sivado</i>	0.7(0.8)	0.8(0.3)		0.7(0.3)
<i>P. multidentata</i>	0.2(0.4)		4.7(1.2)	0.1(1.3)

TABLA IV.4 (cont.)

	60-150 mm	160-250 mm	260-350 mm	60-350 mm
<i>Processa mediterranea</i>	8.8(5.9)	19.6(7.4)		14.5(7.7)
<i>P. canaliculata</i>	3.0(0.3)	8.2(0.2)		5.2(0.8)
<i>Pandalina profunda</i>	0.7(0.2)	2.4(0.2)		1.4(0.1)
<i>Pontocaris lacazei</i>	0.7(1.1)	3.8(2.0)	4.7(1.2)	2.0(1.6)
<i>Philocheras echinulatus</i>	0.2(0.3)	1.1(0.5)		0.6(0.5)
<i>Pontophilus spinosus</i>		0.2(0.2)		0.2(0.1)
<i>Acantephyra</i> sp.		0.2(0.0)		0.1(0.0)
<i>Richardina fredericci</i>		0.2(0.0)		0.1(0.0)
<i>Chlorotocus</i>				
<i>crassicornus</i>	0.2(0.2)		4.7(0.8)	0.2(0.1)
<i>Natantia</i> no ident.	16.5(18.3)	19.8(8.3)	14.2(5.5)	17.9(10.6)
<i>Calocaris macandreae</i>	27.3(21.5)	21.5(9.6)	57.1(10.1)	29.2(13.0)
<i>Jaxea nocturna</i>	0.2(0.1)			0.1(0.0)
<i>Scyllarus pigmaeus</i>		0.2(0.0)		0.1(0.0)
<i>Munida</i> sp.		1.3(0.3)		0.6(0.2)
<i>M. intermedia</i>		0.8(0.7)		0.3(0.4)
<i>Goneplax rhomboides</i>	6.3(1.2)	21.5(7.6)	47.6(9.8)	14.3(4.6)
<i>Medaeus couchi</i>	0.4(0.3)	2.7(0.5)	4.7(0.8)	1.4(0.5)
<i>Macropipus depurator</i>	0.7(0.5)	0.2(0.0)		0.4(0.2)

TABLA IV.4 (cont.)

	60-150 mm	160-250 mm	260-350 mm	60-350 mm
Brachiura no ident.	1.8(1.2)	1.1(0.3)	4.7(0.8)	1.5(0.5)
Chordata				
Pisces				
Antonogadus				
megalokynodon	0.9(2.6)	6.6(5.1)	19.0(6.9)	3.9(8.4)
Lesueurigobius friesii	1.4(3.0)	7.1(5.9)		3.9(4.8)
Deltentosteus				
quadrinaculatus	0.3(0.3)	1.1(0.8)		0.6(0.4)
Engraulis				
encrasicholus		1.6(7.6)	4.7(8.9)	0.8(5.8)
Phycis blennoides		0.2(1.4)	4.7(5.9)	0.2(1.4)
Notolepis rissoi		0.2(1.0)		0.1(0.5)
Mictophum punctatum		0.2(0.3)		0.1(0.2)
Benthoosema glaciale	1.6(2.9)	0.2(0.1)		0.1(0.1)
No identificados		3.3(1.9)	14.2(5.6)	2.7(1.9)
Total de estómagos examinados	1225	944	82	2251

TABLA IV.5

Relación peso-longitud-factor de condición

Clases de tallas (mm)	Peso entero (g)	Factor de condición (10^{-4})
50	0.72	5.76
60	1.27	5.88
70	2.04	5.96
80	3.09	6.04
90	4.45	6.11
100	6.16	6.17
110	8.28	6.22
120	10.84	6.27
130	13.88	6.32
140	17.46	6.36
150	21.62	6.40
160	26.40	6.44
170	31.84	6.48
180	38.00	6.52
190	44.92	6.56
200	52.65	6.58
210	61.23	6.61
220	70.71	6.64
230	81.14	6.67
240	92.56	6.70
250	105.02	6.72
260	118.57	6.74

TABLA IV.5 (cont.)

Clases de tallas (mm)	Peso entero (g)	Factor de condición (10 ⁻⁴)
270	133.26	6.77
280	149.13	6.79
290	166.23	6.82
300	184.61	6.84
310	204.33	6.86
320	225.42	6.88
330	247.93	6.90
340	271.92	6.92
350	297.44	6.94
360	324.53	6.96
370	353.24	6.97
380	383.62	6.99
390	415.73	7.01
400	449.60	7.03
410	485.30	7.04
420	522.86	7.06
430	562.35	7.07
440	603.81	7.09
450	647.29	7.10
460	692.84	7.12
470	740.50	7.13
480	790.35	7.15
490	842.41	7.16

TABLA IV.6

Relación longitud-peso desviscerado-factor de condición.
(Índice de Clark).

Clases de tallas (mm)	Peso desviscerado (g)	Factor de condición (10^{-4})
50	0.60	4.80
60	1.06	4.90
70	1.71	4.99
80	2.60	5.07
90	3.75	5.14
100	5.21	5.21
110	7.02	5.27
120	9.21	5.33
130	11.82	5.38
140	14.90	5.43
150	18.48	5.48
160	22.60	5.52
170	27.30	5.56
180	32.63	5.59
190	38.62	5.63
200	45.32	5.67
210	52.78	5.70
220	61.02	5.73
230	70.10	5.76
240	80.10	5.79
250	91.00	5.82
260	102.76	5.85

TABLA IV.6 (cont.)

Clases de tallas (mm)	Peso desviscerado (g)	Factor de condición (10 ⁻⁴)
270	115.61	5.87
280	129.50	5.90
290	144.48	5.92
300	160.60	5.95
310	177.90	5.97
320	196.42	5.99
330	216.21	6.01
340	237.32	6.04
350	259.78	6.06
360	283.65	6.08
370	308.97	6.10
380	335.77	6.12
390	364.12	6.14
400	394.05	6.16
410	425.60	6.18
420	458.84	6.19
430	493.79	6.21
440	530.51	6.23
450	569.04	6.24
460	609.43	6.26
470	651.73	6.28
480	695.98	6.29
490	742.22	6.31

TABLA IV.11

Relación longitud total del pez-peso del hígado.

<u>Clases de tallas</u> <u>(mm)</u>	<u>Peso del hígado</u> <u>(g)</u>
110	0.156
120	0.228
130	0.322
140	0.445
150	0.600
160	0.794
170	1.032
180	1.323
190	1.673
200	2.100
210	2.583
220	3.161
230	3.834
240	4.611
250	5.510
260	6.530
270	7.690
280	9.000
290	10.484
300	12.145

TABLA IV.11 (cont)

<u>Clases de tallas</u> <u>(mm)</u>	<u>Peso del hígado</u> <u>(g)</u>
310	14.00
320	16.10
330	18.37
340	20.91
350	23.71
360	26.80
370	30.18
380	33.88
390	37.92
400	42.33
410	47.12
420	52.31
430	57.94
440	64.60
450	70.57
460	77.64
470	85.23
480	93.39
490	102.13

TABLA IV.14

Relación longitud total del pez-longitud del telencéfalo-
longitud del mesencéfalo.

Clases de tallas mm	Longitud del telencéfalo mm	Longitud del mesencéfalo mm	<u>Long. telen.</u> <u>Long. mesen.</u>
80--89	3.40	3.55	0.96
90--99	3.47	3.60	0.96
100--109	3.54	3.66	0.97
110--119	3.60	3.71	0.97
120--129	3.67	3.77	0.97
130--139	3.74	3.82	0.98
140--149	3.81	3.87	0.98
150--159	3.86	3.93	0.98
160--169	3.94	3.98	0.99
170--179	4.01	4.03	1.00
180--189	4.08	4.08	1.00
190--199	4.15	4.14	1.00
200--209	4.21	4.20	1.00
210--219	4.28	4.25	1.01
220--229	4.35	4.30	1.01
230--239	4.42	4.35	1.02
240--249	4.49	4.41	1.02
250--259	4.55	4.46	1.02
260--269	4.62	4.51	1.02

TABLA IV.14 (cont)

Clases de tallas mm	Longitud del telencéfalo mm	Longitud del mesencéfalo mm	<u>Long. telen.</u> <u>Long. mesen.</u>
270-279	4.65	4.57	1.02
280-289	4.76	4.62	1.03
290-299	4.82	4.67	1.03
300-309	4.89	4.73	1.03
310-319	4.96	4.79	1.04
320-329	5.03	4.83	1.04
330-339	5.10	4.88	1.05
340-349	5.16	4.94	1.05
350-359	5.23	5.00	1.05
360-369	5.30	5.04	1.05
370-379	5.36	5.09	1.05
380-389	5.43	5.15	1.05
390-399	5.50	5.20	1.06
400-409	5.57	5.26	1.06

TABLA IV.15

Elación edad-longitud de las diferentes partes del encéfalo.

Grupos de edad(años)	Long. media del pez (mm)	Telencéfalo (mm)	Mesencéfalo (mm)	Metencéfalo (mm)	Mielencéfalo (mm)
0	80	3.40	3.55	3.72	2.87
1	132	3.75	3.83	4.54	3.07
2	177	4.10	4.07	5.26	3.25
3	215	4.32	4.27	5.86	3.40
4	250	4.55	4.46	6.42	3.53
5	280	4.76	4.62	6.89	3.65
6	310	4.96	4.78	7.37	3.77
7	340	5.16	4.94	7.84	3.88

TABLA IV.16

Relación longitud total del pez-longitud del metencéfalo-longitud mielencéfalo.

Clases de tallas mm	Longitud del metencéfalo mm	Longitud del mielencéfalo mm
80--89	3.72	2.87
90--99	3.88	2.90
100--109	4.04	2.94
110--119	4.20	2.98
120--129	4.35	3.02
130--139	4.51	3.06
140--149	4.67	3.10
150--159	4.83	3.14
160--169	4.99	3.18
170--179	5.15	3.22
180--189	5.31	3.26
190--199	5.47	3.30
200--209	5.62	3.34
210--219	5.78	3.38
220--229	5.94	3.42
230--239	6.10	3.46
240--249	6.26	3.50
250--259	6.42	3.53
260--269	6.58	3.57

TABLA IV.16 (cont.)

<u>Clases de tallas mm</u>	<u>Longitud del metencéfalo mm</u>	<u>Longitud del mielencéfalo mm</u>
270--279	6.74	3.61
280--289	6.89	3.65
290--299	7.05	3.69
300--309	7.21	3.73
310--319	7.37	3.77
320--329	7.53	3.81
330--339	7.69	3.85
340--349	7.85	3.89
350--359	8.00	3.93
360--369	8.16	3.97
370--379	8.32	4.00
380--389	8.48	4.05
390--399	8.64	4.09
400--409	8.80	4.13

TABLA IV.17

Partes del cerebro	b	a	r
Metencéfalo	15.87×10^{-3}	2.45	0.98
Telencéfalo	6.78×10^{-3}	2.86	0.97
Mesencéfalo	5.32×10^{-3}	3.13	0.96
Mielencéfalo	3.94×10^{-3}	2.55	0.97

TABLA IV.22

Índice de Teichmann para cada grupo de edad.

Grupos de edad (años)	$\frac{\text{Long. telencefalo}}{\text{Long. mesencéfalo}}$
0	0.96
1	0.98
2	1.00
3	1.01
4	1.02
5	1.03
6	1.04
7	1.04

TABLA IV.20

Relación clases de tallas-longitud de las aletas pélvicas.

Clases de tallas (mm)	Longitud de las aletas pélvicas (mm)	Incremento
50	12.75	
60	15.92	3.17
70	19.19	3.27
80	22.58	3.39
90	26.05	3.47
100	29.61	3.56
110	33.24	3.63
120	36.95	3.71
130	40.72	3.77
140	44.56	3.84
150	48.45	3.89
160	52.40	3.95
170	56.41	4.01
180	60.47	4.06
190	64.58	4.11
200	68.72	4.14
210	72.93	4.21
220	77.17	4.24
230	81.45	4.28
240	85.77	4.32
250	90.13	4.36

TABLA IV.20 (cont.)

Clases de tallas (mm)	Longitud de las aletas pélvicas (mm)	Incremento
260	94.53	4.40
270	98.97	4.44
280	103.44	4.47
290	107.95	4.51
300	112.48	4.53
310	117.06	4.58
320	121.66	4.60
330	126.30	4.64
340	130.96	4.66
350	135.66	4.70
360	140.38	4.72
370	145.13	4.75
380	150.00	4.87
390	154.72	4.72
400	159.55	4.83
410	164.41	4.86
420	169.29	4.88
430	174.20	4.91
440	179.14	4.94
450	184.10	4.96
460	189.10	5.00
470	194.10	5.00
480	199.10	5.00
490	204.16	5.06

TABLA IV.25

Distribución de las frecuencias de tallas en relación a la profundidad (distribución batimétrica).

Clases de tallas (mm)	220 m.		260 m.		400-600 m.	
	Ind.	%	Ind.	%	Ind	%
60	3	0.13	2	0.18		
70	16	0.69	8	0.75	6	0.53
80	23	1.00	15	1.41	10	0.88
90	36	1.56	18	1.69	11	0.97
100	46	2.00	24	2.25	12	1.06
110	73	3.17	43	4.04	12	1.06
120	140	6.09	87	8.19	15	1.32
130	177	7.7	79	7.43	20	1.77
140	248	10.7	103	9.69	54	4.77
150	281	12.2	98	9.22	81	7.17
160	270	11.7	116	10.9	85	7.52
170	254	11.05	80	7.53	94	8.31
180	221	9.61	104	9.79	112	9.91
190	182	7.91	89	8.38	112	9.91
200	111	4.83	70	6.59	104	9.20
210	66	2.87	49	4.61	54	4.77
220	52	2.26	29	2.7	100	8.84
230	29	1.26	23	2.16	65	5.75
240	25	1.08	9	0.84	60	5.31
250	16	0.69	6	0.56	40	3.54
260	13	0.56	3	0.28	20	1.77

TABLA IV.25 (cont.)

Clases de tallas (mm)	220 m.		260 m.		400-600 m.	
	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%
270	2	0.08	1	0.37	18	1.59
280	8	0.34	1	0.09	11	0.97
290	4	0.17	1	0.09	10	0.88
300					3	0.27
310					5	0.44
320					6	0.53
340					2	0.17
350					2	0.17
360					1	0.10
400					1	0.10
440					3	0.27
490					2	0.17
TOTAL	2297		1061		1130	