

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACION DE LA PESQUERIA DE ANCHOVETA
Engraulis mordax Girard, 1856 DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO,
Y PERSPECTIVAS DE SU REGULACION

TESIS PROFESIONAL
que para optar para el título de

BIOLOGO

presenta
Germán González-Dávila
Ensenada, B.C., México 1988

A KASIA
A BOGDAN
A QUIEN LLEGUE DESPUES

A MI PADRE
A MI MADRE Q. P. D.
A LA FAMILIA

A LOS AMIGOS
Y A LAS AMIGAS
DE ANTIFAZ

A MI PAIS
AL CUAL ME DEBO

AGRADECIMIENTOS

Egresado del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, agradezco a profesores y profesoras lo estimulante de sus enseñanzas (primero en la carrera de Física durante el periodo 1971-1972, y después en la carrera de Biología durante el periodo 1973-1978), así como todos los apoyos y facilidades que recientemente me brindaron para concluir el grado, en especial al maestro Juan Luis Cifuentes director y sinodal de esta tesis, y a mis amigos la Dra. Ana Barahona, biólogos Jorge Hernández, Carlos Manuel Illescas y Carlos Juárez, sinodales; y a Juan M. Rodríguez Chávez, gracias por la tramitación para la conclusión del grado.

A partir de 1979, adscrito a la Secretaría de Pesca y dentro del Programa México/PNUD/FAO, inicié la especialización en biología pesquera. Mucho debo al equipo de investigación del cual formé parte durante el periodo comprendido entre enero de 1979 y marzo de 1982, especialmente al maestro Juan Luis Cifuentes y al Dr. Nelson M. Ehrhardt, así como al Lic. Fernando Rafful por su amistad y sus orientadoras ideas sobre política pesquera. Después, en el Instituto Nacional de Pesca encontré en muchos de los compañeros y compañeras de investigación, especialmente entre amigos y amigas del sindicato de pesca, el ambiente y el apoyo necesarios para avanzar a contracorriente.

Tras breve tránsito por el Centro de Capacitación Pesquera de Mazatlán, Sin., tuve oportunidad de contribuir al establecimiento de las coordinaciones operativas de las pesquerías de sardina del Golfo de California en 1984, y anchoveta del Pacífico desde 1985. Ambas coordinaciones contribuyeron decisivamente para el establecimiento de las normas regulatorias que estas pesquerías actualmente cumplen. Especial comprensión y apoyo recibí de parte del Ing. José Luis Cubría Palma, a quien mucho agradezco la oportunidad para contribuir al aprovechamiento racional, de dos de los múltiples recursos naturales renovables patrimoniales. Especial agradecimiento ofrezco a mis amigos y amigas de la Delegación Federal de Pesca y del Centro Regional de Investigación Pesquera en Baja California, cuya compañía durante los últimos tres años ha favorecido este trabajo.

Especial agradecimiento merece nuestro amigo el Ocean. Sergio Pou, jefe del departamento editorial del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC, por su valioso apoyo para realizar la tipografía.

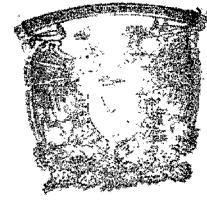
El entusiasmo inagotable de mis amigos y amigas de la Universidad Nacional, empeñados en mejorar la vida en nuestro México, constituye indudablemente un nutritivo alimento espiritual que me ha dado gran parte de la energía necesaria para concluir el grado y presentar el examen profesional. A todos ellos agradezco sobretodo su amistad, su cariño y su lucidez.

Igualmente energizante ha sido el amor de la familia, especialmente de mis padres y más especialmente de Kasia, mi bella esposa, incomparable compañera, amiga, secretaria ejecutiva y editora de línea de esta Tesis, cuyo apoyo profesional y moral ha sido decisivo para realizar este proyecto. A ella, a Bogdan producto de nuestro amor, y a la familia, gracias.

Ensenada, B.C., México, octubre de 1988.

INDICE

INTRODUCCION	1
1 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	5
1.1 Genealogía de los Clupeomorfos	5
1.2 Taxonomía y sinonimia	9
1.3 La población en el ecosistema	12
1.3.1 Generalidades	12
1.3.2 Distribución marina de <i>Engraulis</i>	15
1.3.3 Distribución de <i>Engraulis mordax</i>	18
1.3.4 Reproducción	20
1.3.5 Crecimiento	22
1.3.6 Supervivencia	30
1.4 La población en el tiempo	34
1.4.1 Biomاسas	34
1.4.2 Las pesquerías	44
1.4.3 La condición "Niño"	49
2 OBJETIVOS	55
3 METODOS	57
3.1 Crecimiento poblacional	57
3.1.1 El modelo logístico	57
3.1.2 Procedimiento para estimar los parámetros de la ecuación	62
3.2 Producción excedente	63
3.2.1 El modelo parabólico	64
3.2.2 El modelo exponencial	68
3.2.3 Estandarización del esfuerzo	72
4 RESULTADOS	75
4.1 Ajustes logísticos a las series de tiempo de biomاسas	75
4.2 Producción anual de biomasa	76
4.3 Tasas de explotación	76
4.4 Ajustes parabólico y exponencial para rendimiento máximo y esfuerzo óptimo	80
5 DISCUSION Y CONCLUSIONES	87
5.1 Fase histórica presente de abundancia deprimida	87
5.2 Orden de magnitud de la biomasa poblacional	88
5.3 Situación actual de la subpoblación central	89
5.4 Situación actual de la pesquería	92
5.5 Perspectivas para la regulación de la pesquería de anchoveta	95
BIBLIOGRAFIA	99



**BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA**

INTRODUCCION

La pesquería de anchoveta nortea *Engraulis mordax* se ha desarrollado tanto en California, U.S.A., como en Baja California, México. Datos de capturas estadounidenses se registran desde 1916, aunque no es sino hasta después de la segunda guerra mundial que se observan los primeros desembarques significativos, coincidiendo con la época en la que la pesquería de sardina declina para colapsarse durante los años cincuentas. La pesquería mexicana se inicia justamente en aquellos años, pero no es sino hasta los años sesentas que recibe los impulsos definitivos para desarrollarse.

Figura 1

En el caso de la pesquería norteamericana, si bien durante dos periodos ha prevalecido como destino de las capturas la producción de harina (1952-1957 y 1966-1982), el usufructo de este recurso se ha destinado a consumo humano directo vía empaque y para la pesca deportiva principalmente. Los pescadores deportivos utilizan la anchoveta como carnada y presionan no sea excesivamente explotada pues constituye uno de los principales forrajes de las especies deportivas.

En la pesquería mexicana en cambio, ha prevalecido crecientemente la producción de harina como destino general de las capturas. La mayor parte de la capacidad industrial instalada se origina bajo este concepto y ha propiciado un sobredimensionamiento de la flota y del esfuerzo de pesca. A mediados de los setentas, se inicia una fase de acelerado crecimiento. De entonces a la fecha, alcanza proporciones entre el 9 y el 28 por ciento anual de la producción pesquera nacional (Tabla I). El desarrollo de esta pesquería ha permanecido vinculado a y determinado por otra actividad primaria: la producción de carnes, particularmente de aves y cerdos. El eslabón intermedio es la industria productora de alimentos balanceados, que utiliza harina de pescado como fuente de metionina y lisina (dos aminoácidos esenciales). La transferencia de capitales que este circuito genera, desde el sector pesquero hasta los sectores industrial y pecuario, con la consiguiente descapitalización relativa del primero, así como las consecuencias deformantes por imitar estos modelos de producción y consumo, han sido prolijamente expuestas y discutidas por diversos investigadores mexicanos (Villamar *et al.*, 1979).

La pesquería mexicana de anchoveta constituye la segunda en importancia nacional por su volumen de producción, luego de la de sardina y seguida de la de túnidos. Estas tres pesquerías masivas son las principales contribuyentes al total de la producción pesquera nacional, y por tanto, para el lugar que México ocupa a nivel internacional (Tabla I).

La anchoveta posee una tremenda importancia ecológica, debida a su masividad y al complejo nicho ecológico -altamente transferente de energía de los niveles inferiores a los superiores de la cadena trófica- que ocupa dentro del sistema nerítico de la Corriente de California.

TABLA I. Producción pesquera nacional 1974-1988 y lugar de México en la producción pesquera mundial durante 1986.

Año	Total nacional	% Anchoveta	Lugar	País	Producción
1974	401 670	9.59	1	Japón	11 966 819
1975	467 503	11.92	2	URSS	11 259 955
1976	487 742	16.22	3	China	8 000 063
1977	514 482	28.00	4	Perú	5 609 588
1978	781 554	23.12	5	Chile	5 571 638
1979	954 835	26.15	6	USA	4 943 213
1980	1 222 434	26.80	7	Corea del Sur	3 102 542
1981	1 536 188	23.91	8	India	2 925 347
1982	1 321 026	16.51	9	Indonesia	2 521 190
1983	1 064 292	9.20	10	Tailandia	2 119 050
1984	1 103 657	11.50	11	Filipinas	1 916 347
1985	1 226 244	12.00	12	Noruega	1 898 393
1986	1 303 720	8.97	13	Dinamarca	1 871 349
1987	1/ 1 486 800	10.93	14	Corea del Norte	1 700 000 1/
1988	2/ 1 571 200	8.27	15	Islandia	1 657 068
			16	Canadá	1 466 635
			17	México	1 303 720
			18	España	1 303 488
			19	Ecuador	1 019 304
			20	Francia	850 000 1/

Cifras de producción pesquera en toneladas métricas.

Porcentajes de la producción anchovetera de acuerdo a las cifras oficiales de la Tabla VIII.

1/ Cifras preliminares

2/ Cifras estimadas de acuerdo a metas de producción.

FUENTE: 1974-1986 Anuarios Estadísticos de Pesca 1983 y 1986 de la FAO. 1987-1988 "Mosaico Pesquero", marzo de 1988, Secretaría de Pesca.

Muchísimos investigadores mexicanos y norteamericanos han invertido parte o gran parte de sus esfuerzos para el conocimiento de este recurso natural renovable. De estos esfuerzos derivan cuantiosos estudios sobre la biología y la ecología de esta especie, e incluso sobre su significación económica y social. El presente estudio aborda exclusivamente la dimensión biológica del recurso natural renovable, de lo cual se expone una modesta síntesis, y el régimen de explotación de que es objeto. No se abordan las fases industrial y de consumo, pero de ninguna manera porque se supongan de importancia secundaria, sino porque un estudio de tal alcance integrativo requiere del trabajo conjunto interdisciplinario. No obstante, el presente trabajo pretende contribuir, parcialmente, en tal sentido.

Luego del acelerado crecimiento experimentado durante la segunda mitad de los setentas y principios de los ochentas, la producción de la pesquería cae a un tercio de los máximos niveles alcanzados durante su fase de crecimiento; coincide a principios de los ochentas (1982-1984) uno de los más intensos fenómenos "El Niño" del siglo. Los productores inician entonces la búsqueda de puntos de equilibrio entre los costos de producción -fundamentalmente el esfuerzo de pesca-, y los beneficios -desembarques o rendimientos.

Los conocimientos acumulados sobre el recurso y la reciente historia de la pesquería, permiten establecer como hipótesis que:

La pesquería de anchoveta de Baja California se encuentra en su fase de estabilización, bajo condiciones que posibilitan su conducción al equilibrio, a la fase madura de mantenimiento de la pesquería.

Para demostrar esta hipótesis ha sido necesario realizar una revisión general de: a) los aspectos más relevantes de la biología e historia del recurso que validan, en diverso grado, las estimaciones de su biomasa poblacional; y b) la historia de la pesquería, en particular la mexicana y especialmente el periodo reciente durante el cual se experimenta la hipotética fase de estabilización.

Luego de revisar la biología general de la especie, se aplica el modelo logístico de crecimiento poblacional a tres series históricas de datos de biomasa para concluir la situación general de la población central de anchoveta norteña; este modelo propuesto por Verhulst en 1838 ha sido utilizado por muy diversos autores, destacando entre ellos Lotka (1925) y Volterra (1926), así como MacCall que en 1980 lo aplica a la especie que nos ocupa. Se aplican también los modelos de producción excedente a una serie histórica de datos de esfuerzos y rendimientos de la pesquería mexicana para verificar la hipotética estabilidad del periodo reciente y estimar máximos rendimientos sostenibles; estos modelos explican las variaciones en los rendimientos como función parabólica o exponencial negativa de los esfuerzos, y han sido ampliamente difundidos a partir de los trabajos de Schaefer en 1954 y 1957, y de Fox en 1970. Los resultados permiten concluir la productividad probable de la pesquería mexicana y las perspectivas para su regulación.

1 Antecedentes y Generalidades

1.1 GENEALOGIA DE LOS CLUPEOMORFOS

Así como la **población** constituye la unidad fundamental en el ecosistema, la **especie** lo es como unidad evolutiva. Concretamente, las especies son sistemas de poblaciones (Dobzhansky, 1970: 338) distribuidas en el espacio y en el tiempo. La concepción demográfica, en términos de poblaciones y no de tipos, ha sido considerada como "la máxima revolución conceptual" que haya tenido lugar en biología (Mayr, 1963: 21 y 22).

La vastedad del registro fósil del que se dispone actualmente, no obstante los "eslabones perdidos", y la gran cantidad de procesos de especiación recientes registrados (Mayr, *op. cit.*), la moderna teoría geológica sintética de Tectónica de Placas (Runcord ed., 1962; Blackett ed., 1965; Garland ed., 1966; Phinney ed., 1968) y de dinámica del sistema Océano-Atmósfera (Gates, 1965; Neumann & Pierson, 1966), comprueban los postulados darwinianos originales (Mayr, 1978).

Estos descubrimientos han permitido una reconstrucción bastante satisfactoria de la genealogía de los seres vivos, particularmente de los vertebrados. De entre ellos, indudablemente los peces constituyen el grupo de mayor grado de dificultad, tanto por ser mucho más numerosos y más antiguos como porque evolucionaron en los océanos, cuya configuración ha cambiado completamente en el curso del tiempo geológico, pero manteniéndose más comunicados entre sí que las masas continentales.

Todo parece indicar que los peces surgen durante el Ordoviciano, hace casi 500 millones de años, en tanto que los teleosteos, o peces óseos verdaderos aparecen a fines del Jurásico y durante el Cretáceo, hace 190-130 millones de años (Romer, 1973; Lagler *et al.*, 1977; Britannica, 1982, Vol. VII: 330-345). Durante este periodo justamente, Pangaea (macizo continental único) se transforma en Laurasia (macizo continental norteño) y en Gondwana (sureño); pero todavía existe un gran océano único: Panthalassa. Los océanos Atlántico e Indico comienzan a formarse después, hace alrededor de 65 millones de años, durante el Terciario. Es importante señalar que entonces, América del Norte y América del Sur permanecen aún separadas y comunicados por tanto los océanos Atlántico y Pacífico, conexión que se cierra hace seis millones de años (Matthews, 1973; Britannica, 1982, Vol. V: 108-115). Lo anterior contribuye a explicar las características zoogeográficas extensivas de gran parte de la ictiofauna de nuestros días.

Los **clupeomorfos**, uno de los nueve superórdenes de la subclase de los teleosteos, son considerados como peces óseos verdaderos de tipo primitivo. Peces anteriores más primitivos presentan cola heterocerca o hipocerca dependiendo de si el doblez del eje vertebral se orienta hacia arriba, como en los tiburones, o hacia abajo, respectivamente. La aleta caudal homocerca, a la que músculos específicos apoyados en huesos especializados -hipurales- pueden mover con suficiente fuerza, flexibilidad y estabilidad, constituye una adaptación exclusiva de los teleosteos (Britannica, VII, ref. cit.). La belleza y eficiencia de este resultado evolutivo puede observarse por ejemplo en el pez vela o en los atunes.

El registro fósil indica que los peces óseos aparecen hasta el Silúrico tardío, los dos grupos mayores se establecen durante el Devónico (la edad de los peces): los condrosteos (**Chondrostei**) y los holosteos (**Holosteii**). Estos primeros actinopterigios, desde fines del Carbonífero, son las formas dominantes (Romer, 1966) y durante el Pérmico presentan su primera gran radiación adaptativa (Britannica, VII, ref. cit.). Surgen los teleosteos (subclase **Teleostei**), cuando una segunda radiación adaptativa durante el Triásico temprano (*ibid.*) genera, a partir de similares a los -quizás planctófagos-folidoforiformes (**Pholidophoriformes**, peces semejantes a los arenques), a los **Leptolepidimorpha**, primer superorden de la subclase, extintos a fines del Cretáceo, y primeros con aleta caudal homocerca (Norman, 1932). Este grupo ha sido considerado dentro del "orden" **Isospondyli**, al lado de, entre otros, los clupeiformes y los salmoniformes (Jordan, 1968^r; Norman *op. cit.*). La verdad es que posee relaciones inciertas con los demás teleosteos.

El segundo superorden, **Elopomorpha**, contiene a las anguilas. El tercero, **Clupeomorpha**, a arenques, sardinas y anchovetas. El cuarto, **Osteoglossomorpha**, con pocos representantes vivientes, a los peces mariposa y a los peces cuchillo, tropicales y adaptados a hábitats restringidos. El quinto, **Ostariophysii**, sobretodo peces dulceacuicolas, como las carpas y los bagres. El sexto, **Protacanthopterygii**, a truchas, salmones, argentinos y eperlanos.

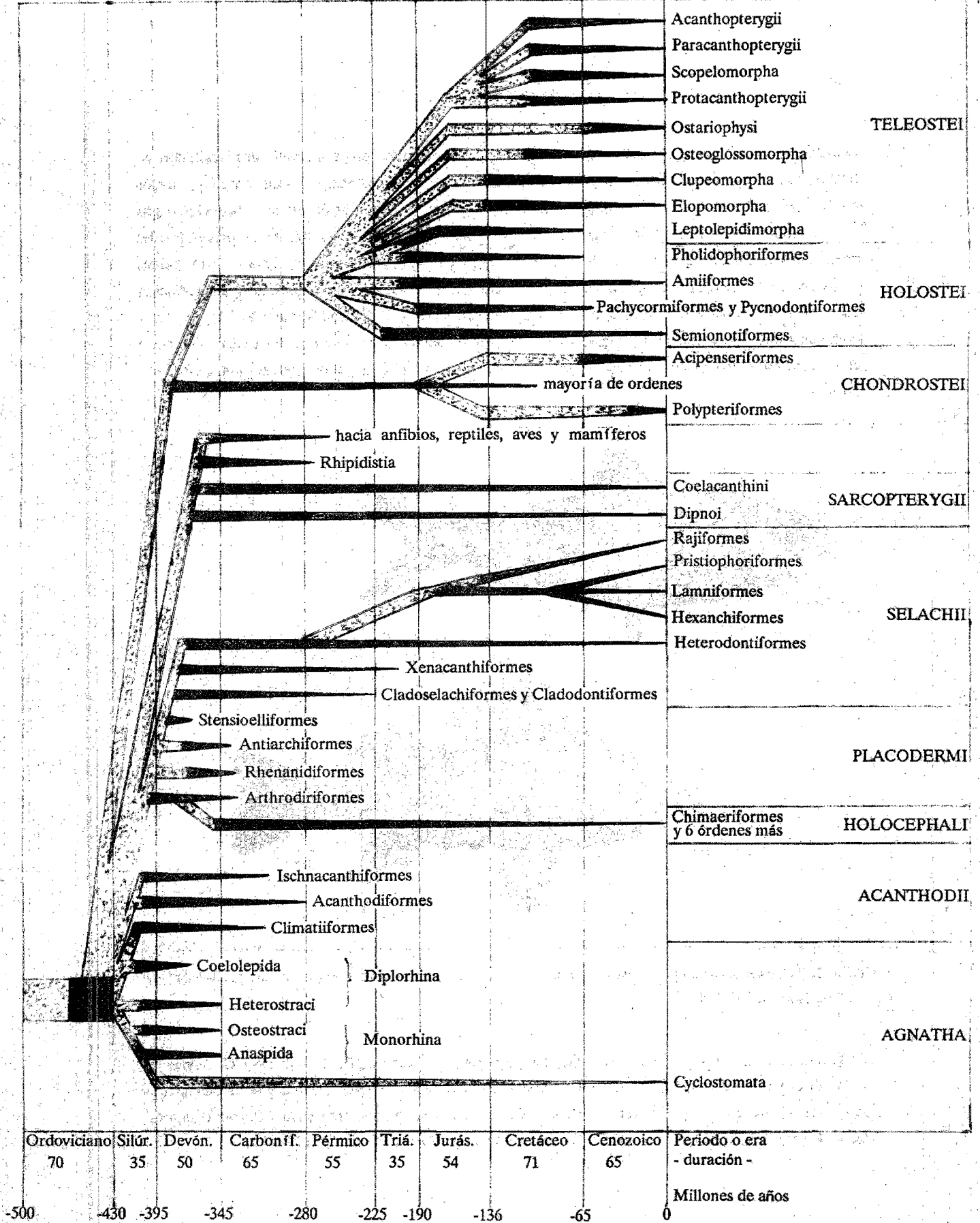


Figura 2. Genealogía de Peces (a partir de Enciclopedia Britannica 1985, Vol. VII: 339).

Los últimos tres superórdenes presentan un registro fósil intrincado pero con similitudes significativas. Radios espinosos en las aletas dorsal y anal; aletas pélvicas en posición más anterior; mayor maniobrabilidad. Quizás todos provengan de similares protacantopterigios ancestrales. *Scopelomorpha* incluye gran variedad de planctófagos y depredadores, oceánicos y habitantes de profundidades facultados con órganos luminiscentes. *Paracanthopterygii*, cuenta entre los más conocidos a los bacalao y las merluzas. Finalmente, *Acanthopterygii*, constituye el resultado de la última gran radiación adaptativa de los peces de radios espinosos, verificada durante el Cretáceo (Britannica, VII, ref. cit.); dominan todos los hábitats principales: tropicales, templados, y fríos, muchos dulceacuícolas; entre ellos: aterinidos, escorpénidos, peces dragón, peces voladores, túnidos, picudos, percas, lenguados, etcétera.

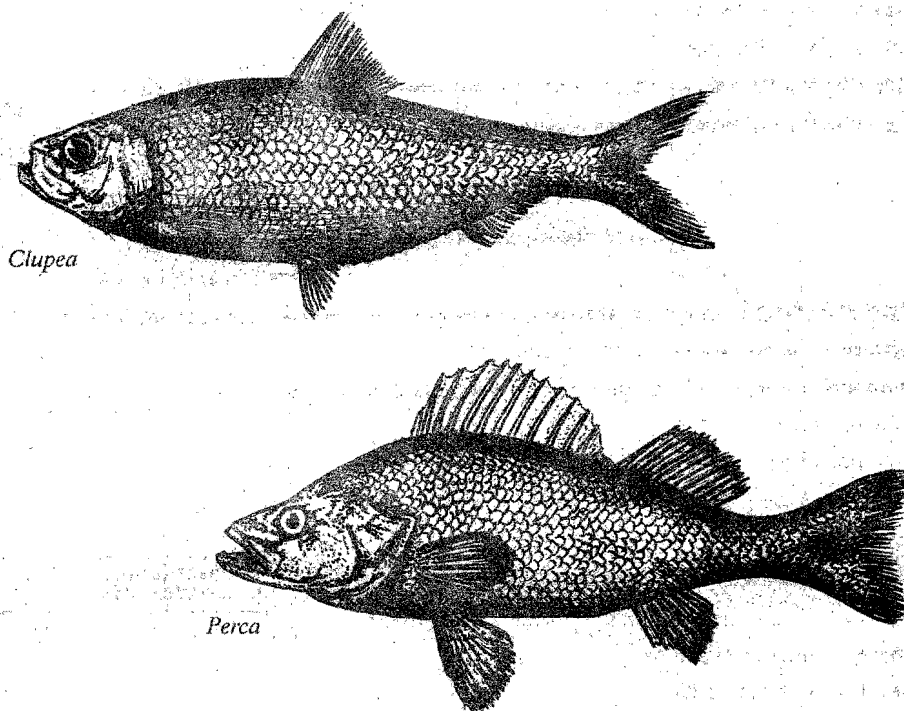


FIGURA 3. Teleósteos; forma primitiva de aletas de radios (*Clupea*) y forma espinosa avanzada (*Perca*) (a partir de Romer, 1973: 49).

Cada uno de los nueve superórdenes de teleósteos posee un particular significado evolutivo. Ciertamente, la clasificación basada en la genealogía no puede inventarse, lo único que puede hacerse es descubrirla (Dobzhansky, *op. cit.*: 334). Teleostei suma más de 400 familias, con una tremenda diversidad anatómica, de hábitos y de espacios ecológicos ocupados. La anchoveta pertenece a una de ellas.

1.2 TAXONOMIA Y SINONIMIA

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrata

Superclase Pisces

Clase Actinopterygii

Subclase Teleostei

Superorden Clupeomorpha

Orden Clupeiformes

Suborden Clupeoidei

Familia Engraulidae

Género *Engraulis* Cuvier, 1817

Especie *Engraulis mordax* Girard, 1856

El término *Engraulis* adoptado por Cuvier (1817) para el género proviene de la voz mediante la cual los griegos referían a la anchoveta europea (Hart, 1973); Cuvier lo refiere al tipo *Clupea encrasicholus* del *Systema Naturae* de Linnaeus (1758). El término específico *mordax* propuesto por Girard en 1856, proviene de la raíz latina que significa morder o mordiente, seguramente en su acepción "acre al gusto" por el alto contenido graso característico de la especie.

La clasificación de los peces constituye una tarea de muy alto grado de dificultad. Diversos autores coinciden y difieren en la definición de los agrupamientos para cada uno de los niveles taxonómicos, ya sea porque poseen diferentes concepciones en lo general o porque su especialidad les permite encontrar perspectivas de clasificación distintas.

Los dos niveles superiores son universalmente aceptados, por lo que no presentan problema alguno. La superclase **Pisces** es aceptable tanto como puede serlo **Tetrapoda** para el caso de anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Romer, 1973).

La mayor parte de los grupos presentan procesos de osificación esquelética o craneal no obstante sea parcial -con pocas excepciones significativas-, y es generalmente aceptado que los peces cartilaginosos (**Selachii** o **Chondrichthyes**) carecen de esqueleto óseo verdadero como resultado evolutivo posterior a haberlo poseído. Por consiguiente, no parece ya muy aceptable **Osteichthyes** como nivel de clase (cfr. Romer, 1973 y Lagler *et al.*, 1977).

Por lo anterior, a partir del nivel taxonómico de Clase se adopta la clasificación reconocida como más generalmente aceptada (Britannica, ref. cit. y Vol. IV; 762-768), referida a las revisiones más recientes después de Berg (1940), especialmente la realizada por Greenwood *et al.* (1966).

Estos últimos revisan el contenido del Orden (único del superorden **Clupeomorpha**) y precisan sus contornos taxonómicos. Anteriormente, las clasificaciones más aceptadas eran las de Regan (1929), Berg (1940) y Bertin & Arambourg (1958) (Lagler *op. cit.*; Britannica, refs. cit.), muy diferentes entre sí en sus perspectivas de agrupamiento y contenidos a niveles de orden, subórdenes y familias, pero similares en cuanto a que incluían muchos grupos más. Las primeras clasificaciones colocaban entre los **Clupeiformes** o **Isospondyli** (Jordan, 1968f; Norman, 1932) a una gran cantidad de peces caracterizados por poseer aletas de radios suaves, como los **Salmoniformes** entre otros.

Clase **ACTINOPTERYGII** (peces de aletas radiadas). Aletas sostenidas por radios de hueso dérmico, en vez de por cartílago o huesos cartilaginosos. Peces mandibulados de gran diversidad, con escamas primitivamente ganoideas; aleta dorsal única, aletas pectorales con una serie de delgados huesos radiales que crecen toda la vida; sin estructura nazal interna; esqueleto usualmente bien osificado y vejiga natatoria presente (ocasionalmente modificada como estructura tipo pulmonar).

Subclase **TELEOSTEI** (peces óseos verdaderos). Cauda homocerca, esqueleto caudal con *centra* osificadas pericardalmente, arcos neurales modificados como uroneurales, extendidos, dos huesos hipurales soportan el lóbulo inferior de la aleta caudal; perdido el carácter primitivo ganoideo de las escamas típicamente delgadas y sobrepuestas, que mantienen crecimiento durante toda la vida; quijada carente de ciertos huesos presentes en los actinopterygios más primitivos (**Chondrostei**).

Superorden **CLUPEOMORPHA** (arenques, sardinas, anchoas y anchovetas). Presentan una forma especial de conexión entre el oído interno y la vejiga natatoria, consistente en un divertículo de ésta que forma una **bull**a (cavidad, burbuja) dentro de la cápsula auditiva; canales de las líneas laterales de la cabeza sobre cada opérculo. Grupo muy diversificado, en su mayoría marinos nerfíticos, son peces de color plateado, más o menos comprimidos, y muchos de gran importancia comercial debido a su hábito de formar grandes cardúmenes.

Orden **CLUPEIFORMES** (único del superorden). De color plateado, peces lateralmente comprimidos en su mayoría marinos, pero muchos anádromos o totalmente dulceacuícolas; la gran mayoría pelágicos y de hábitos gregarios que forman grandes cardúmenes. Alrededor de 400 especies vivientes. Contiene solamente dos subórdenes, uno de ellos con una sola especie viviente de carácter primitivo; *Denticeps clupeoides*, recientemente descrita (Clausen, 1959).

Suborden **CLUPEOIDEI**. Contiene tres familias; **Clupeidae** (arenques, sardinas, sábalos, lachas, y afines), **Engraulidae** (anchoítas, anchoas y anchovetas) y **Chirocentridae** (arenques lobo). Esqueleto caudal característico porque el segundo hueso hipural carece de conexión alguna con el urostilo (soporte caudal), y separado de él por una clara hendidura; ausentes poros de la línea lateral en el tronco; usualmente presentan a lo largo de la línea media ventral forma de quilla debido a la disposición saliente de las escamas.

Familia **ENGRAULIDAE** (anchoítas, anchoas y anchovetas). En general, peces más pequeños que los clupeidos; con nariz proyectada hacia adelante más allá de la boca, grande por cierto; maxilares

usualmente armados con arcos de pequeños dientes ocasionalmente más grandes en la porción posterior; alrededor de 200 especies principalmente marinas con unas cuantas anadromas; se les encuentra en grandes cardúmenes.

Género *Engraulis*. Cuerpo relativamente delgado semicilíndrico; quijadas con dientes pequeños, ninguno especialmente grande; branquias numerosas, 26 o más en el limbo inferior del primer arco branquial; vértebras numerosas, 41 a 49 (la mayoría de las especies 46 a 49); maxilar a veces sin unión a la mandíbula, nunca a la abertura branquial; aleta anal generalmente corta con 20 a 23 radios, colocada debajo o ligeramente posterior a la base del último radio de la aleta dorsal; aleta ventral debajo o ligeramente anterior a la dorsal; huesos suaves, carne oscura y grasosa.

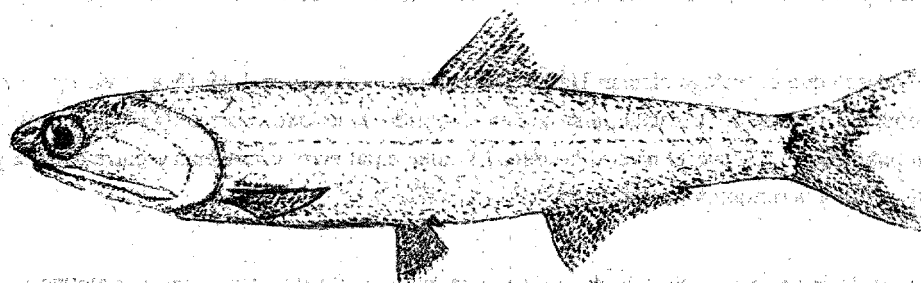


FIGURA 4. *Engraulis mordax* Girard, 1856.

Engraulis mordax. 45 a 46 vértebras, cuerpo bastante alargado, cabeza relativamente moderada, longitud estándar media de alrededor de 165 milímetros. Se distribuye en el Pacífico nororiental desde el paralelo 54 a la altura de las Islas de la Reina Carlota, Columbia Británica, Canadá, hasta el Trópico de Cáncer, Baja California Sur, México.

Engraulis mordax nanus. 43 a 44 vértebras, no tan alargada, cabeza proporcionalmente más grande; longitud estándar media de alrededor de 100 milímetros. Endémica de la Bahía de San Francisco, California, E.E.U.U., a la altura del paralelo 38.

Jordan (1963¹) refiere dos sinonimias: *Engraulis nanus* Girard, 1858 y *Stolephorus ringens* Jordan & Gilbert, 1883, y aclara que ésta no coincide con la *Engraulis ringens* de Jenyns, 1842, el nombre de la anchoveta peruana. Hildebrand (1943) documenta la existencia de dos subespecies o razas en la misma zona del Pacífico nororiental: *Engraulis mordax mordax*, que corresponde a la de distribución más extensiva y *Engraulis mordax nanus*, a la endémica de la bahía de San Francisco, anteriormente descrita por Hubbs (1925) con igual nombre. La distinción entre subespecies se fundamenta en diferencias morfológicas y merísticas. Desafortunadamente, estudios electroforéticos posteriores (Vrooman *et al.*, 1981) para verificar la existencia de subpoblaciones previamente identificadas (Hubbs, *op. cit.*; McHugh, 1951) no dispusieron de ejemplares del espécimen endémico.

1.3 LA POBLACION EN EL ECOSISTEMA

1.3.1 GENERALIDADES

Un sistema constituido por organismos de muchas especies, incorporados en un ambiente de características reconocibles e involucrados en un proceso incesante de interacción, que puede expresarse en términos de flujo de materia (en ciclo cerrado) y energía (en ciclo abierto), o bien en términos de nacimientos, crecimiento y muertes de los individuos de cada especie que lo habita, cuyos resultados fundamentales son la sucesión y la evolución de las comunidades y de las especies del sistema en su conjunto; un sistema tal, un segmento de la biosfera, es un **Ecosistema** (Margalef, 1977:2, 434 y 435).

Ya desde que el biólogo alemán Haeckel propuso el concepto en 1869 (Margalef, *op. cit.*: 1), lo refiere al nivel de organización, más que en el sentido de unidad concreta (*ibid.*:2). En este sentido, la **población** constituye el nivel o la unidad fundamental en el ecosistema y entre aquella y éste se identifica a la **comunidad** o **biocenosis** (Odum, 1972: 3).

La población es pues, vehículo de la estirpe germinal desde el punto de vista evolutivo y expresión fenotípica del germoplasma desde el punto de vista ecológico. Entre la población como unidad evolutiva y la población como unidad ecológica solamente existe diferencia en la perspectiva a escalas de tiempo, pero que se involucran.

La población en el tiempo posee propiedades **extensivas**: biomasa o número de individuos, e **intensivas**: tasa de renovación de biomasa, o relación entre tasas de nacimientos, muertes, y crecimiento (Margalef, *op. cit.*: 887). Por consiguiente, los procesos o componentes que definen los cambios de una población uniespecífica: **supervivencia**, **crecimiento** y **reproducción**, son función de las características del germoplasma poblacional y de las características relacionales del ecosistema. Un cambio en las propiedades extensivas, dependiendo de su grado, puede inducir un cambio en las intensivas, generalmente con un sentido de regulación porque conduce a la población a una dimensión -en biomasa o número de individuos- promedio "estacionaria". Aunque ello sólo se cumple estrictamente entre las poblaciones constituyentes de ecosistemas clímax (Margalef, *op. cit.*: 748, 784 y ss.).

Ya que las poblaciones están constituidas por conjuntos de individuos, se les pueden determinar medias, modas, límites de clase, intervalos de variación, etcétera, de los procesos orgánicos que experimentan. Sin embargo, todas esas medidas son meras abstracciones estadísticas, indicadoras de tendencias, sí, pero solamente la variación es real (Mayr, 1963: 21). En el caso de los peces, estas

variaciones han sido objeto de intensas investigaciones por parte de los biólogos pesqueros, que en general han mantenido un desarrollo paralelo al de los ecólogos marinos. Ello ha dado lugar a un relativo distanciamiento teórico entre ambas disciplinas, sobretudo después de la segunda guerra mundial. La biología pesquera, o dinámica de poblaciones, ha logrado importantes contribuciones para la identificación de clases anuales (cohortes) fuertes o débiles. En tanto, la ecología marina ha desarrollado modelos comprensivos de los procesos de producción primaria y de transferencia de energía en los ecosistemas marinos (o más generalmente, acuáticos). Esfuerzos integrativos se han iniciado al menos desde la década pasada (Cushing, 1980: ix, x). En este orden de ideas, entre los problemas más interesantes e importantes se encuentran los relativos a: (1) ecología de larvas (puesto que la mayor parte de las especies de teleóstos, pelágicos o no, transitan fases de su ciclo de vida formando parte del zooplancton (Ahlstrom, 1964: 32); (2) procesos densodependientes, es decir, dependientes de la densidad poblacional (que observan por lo general relaciones no lineales con la supervivencia, el crecimiento y la reproducción) (Cushing, *op. cit.*: 242 y ss.); así como (3) correlaciones interespecíficas y oceanográficas (Methot, 1986).

Un modelo predictivo por excelencia debiera involucrar entonces, tanto estudios de la estructura de la población de interés, de su tasa de renovación de biomasa, de sus principales relaciones interespecíficas y del comportamiento general del ecosistema que habita. Lo anterior presenta un alto grado de dificultad, no solamente desde el punto de vista teórico y metodológico, sino también económico.

Para el caso de la anchoveta norteña *Engraulis mordax mordax*, se cuenta con una inmensa cantidad de información, gracias -sobretudo, aunque no únicamente- a las actividades realizadas directamente o promovidas por CalCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations) durante las últimas tres décadas. Asimismo ha merecido especial atención de importantes investigadores pesqueros mexicanos.

La anchoveta presenta dos características ecológicas que la distinguen significativamente. La primera es que siendo un epipelágico menor nerfítico, ocupa un nivel trófico altamente transferente de energía desde los productores primarios hacia los consumidores, como la mayoría de las especies clupeomorfas, puesto que se alimenta de fitoplancton y de zooplancton (Hand & Berner, 1959: 177 y ss.; Rojas de Mendiola, 1978: 4, 7) en tanto constituye el principal "forraje" de gran diversidad y cantidad de especies: peces medianos y mayores, calamares, mamíferos marinos y aves (Clark, 1977: 59; Baxter, 1967: 112). Lo anterior se traduce en altas tasas de fecundidad, de crecimiento y de mortalidad, de las anchovetas.

La segunda es que presenta hábitos intensamente gregarios. La formación de cardúmenes se inicia desde la fase larval, y en fase adulta llega a constituir cardúmenes de millones de individuos

TABLA II. Capturas marinas de *Engraulis mordax*

	Toneladas métricas							
	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Anchoveta norteña <i>E. mordax</i>	302,818	374,069	424,397	364,927	102,218	134,954	153,711	122,978
Anchoveta Peruana <i>E. ringens</i>	1,413,390	822,818	1,550,313	1,826,402	126,410	93,654	986,796	4,945,315
Anchoveta Europea <i>E. encrasicolus</i>	528,020	708,984	701,336	708,013	707,705	836,159	597,669	665,716
Anchoveta del Cabo <i>E. capensis</i>	569,842	505,639	492,970	389,571	424,011	285,962	323,239	315,110
Anchoveta Japonesa <i>E. japonicus</i>	296,428	320,261	344,819	359,709	339,460	379,193	349,336	412,272
Anchoveta Argentina <i>E. anchoita</i>	19,938	11,420	14,949	10,137	27,895	25,956	12,134	16,108
Anchoveta Australiana <i>E. australis</i>	21,929	30,189	35,431	35,166	39,784	38,974	23,948	27,767
Total	3,152,365	2,773,380	3,564,215	3,693,925	1,767,483	1,794,852	2,446,833	6,505,266
% respecto clupeiformes	20.79	17.84	21.29	20.61	10.10	9.15	11.62	27.17
Total Clupeiformes	15,161,141	15,542,295	17,034,884	17,948,157	17,501,850	19,618,105	21,061,804	23,942,744
% respecto capturas marinas	23.76	24.11	25.58	26.28	25.68	26.62	28.03	29.80
Total Capturas marinas	63,797,900	64,459,600	66,596,200	68,298,200	68,151,900	73,688,700	75,138,000	80,345,000
% respecto T. Mundial	89.79	89.37	89.10	88.95	88.06	88.27	87.75	87.85
TOTAL MUNDIAL	71,055,200	72,127,900	74,743,100	76,781,800	77,388,400	83,483,400	85,626,200	91,456,800

FUENTE: Anuarios Estadísticos de Pesca 1983, 1985 y 1986, FAO, Roma.

(Britannica, 1982, Vol. IV: 764, refiere estimaciones de hasta 3 mil millones para los casos de arenque y anchoveta). Este comportamiento posee un gran valor adaptativo (insuficientemente comprendido aún), defensivo ante depredadores, y favorable para la alimentación y para la aproximación entre los sexos durante el proceso reproductivo.

Estas características, ante el depredador clímax *Homo sapiens*, pierden mucho de su valor adaptativo y se convierten en facilidades para su captura. La existencia de grandes cardúmenes permite efectuar lances que producen hasta cientos de toneladas métricas por operación unitaria, y confiere a los clupeomorfos, especialmente a la anchoveta, una gran importancia comercial.

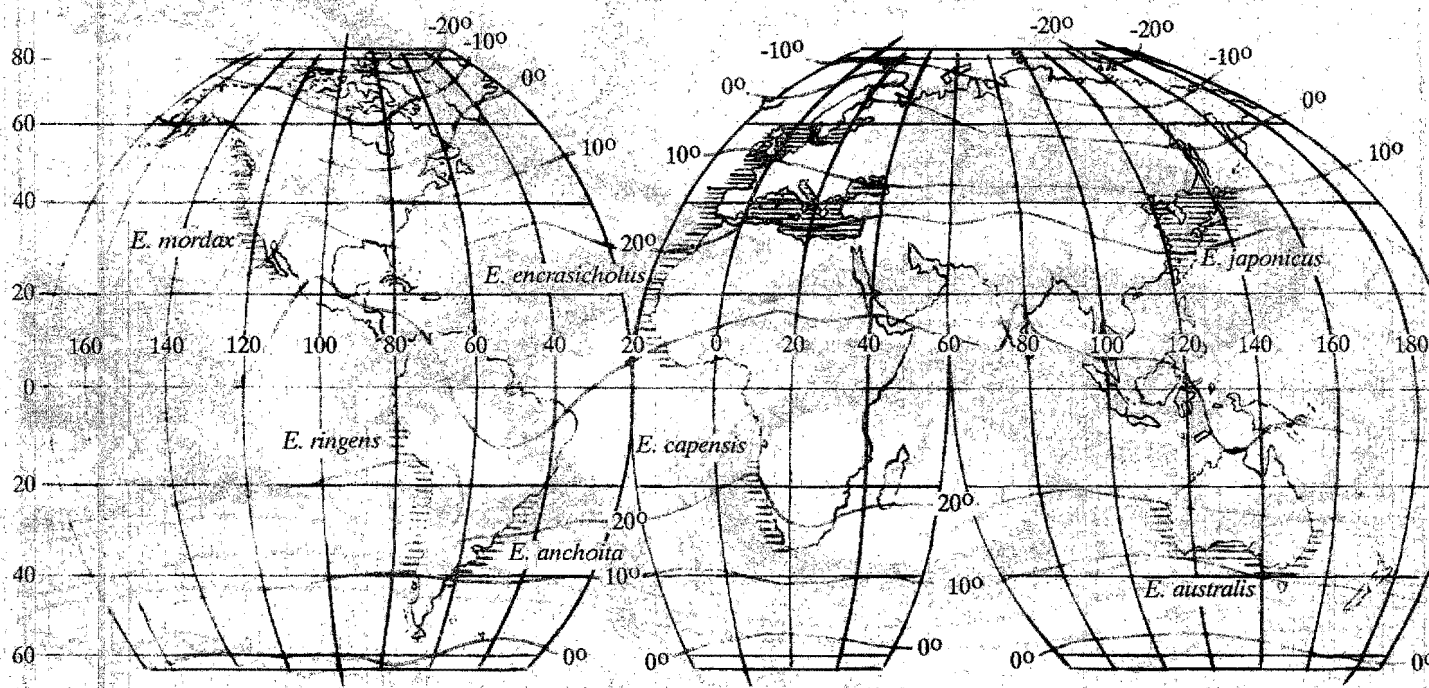


FIGURA 5. Distribución mundial de *Engraulis* spp. (a partir de Reid, 1967) e isothermas anuales.

1.3.2 DISTRIBUCION MARINA DE ENGRAULIS

Los principales miembros del género son epipelágicos nerfíticos. Habitan todas las corrientes oceánicas limítrofes orientales (California, Perú, Canarias y Bengala), tres de las limítrofes occidentales (Kuroshio, Este de Australia, y Brasil; ausente en la Gulf Stream), así como en los mares de Japón, sur de Australia, norte de Nueva Zelanda, Mediterráneo y Negro (durante el verano hasta los mares del Norte, Báltico y de Azov). Se extienden de las latitudes 43° Sur a 60° Norte, al menos durante el verano (Reid, 1967: 29).

Las cuatro corrientes oceánicas limítrofes orientales coinciden con las áreas marinas más fértiles del planeta. Las cuatro presentan interesantes similitudes oceanográficas y biológicas por lo que la comunidad pelágica es muy similar. Su producción media anual es de 96 a 155 gramos de carbono orgánico por metro cuadrado para el caso de la Corriente de California, y de más de 310 para las otras tres; producción comparable con la de pastizales y cultivos, y aun de bosques, en los ecosistemas terrestres (Margalef & Estrada, 1980: 9, 11).

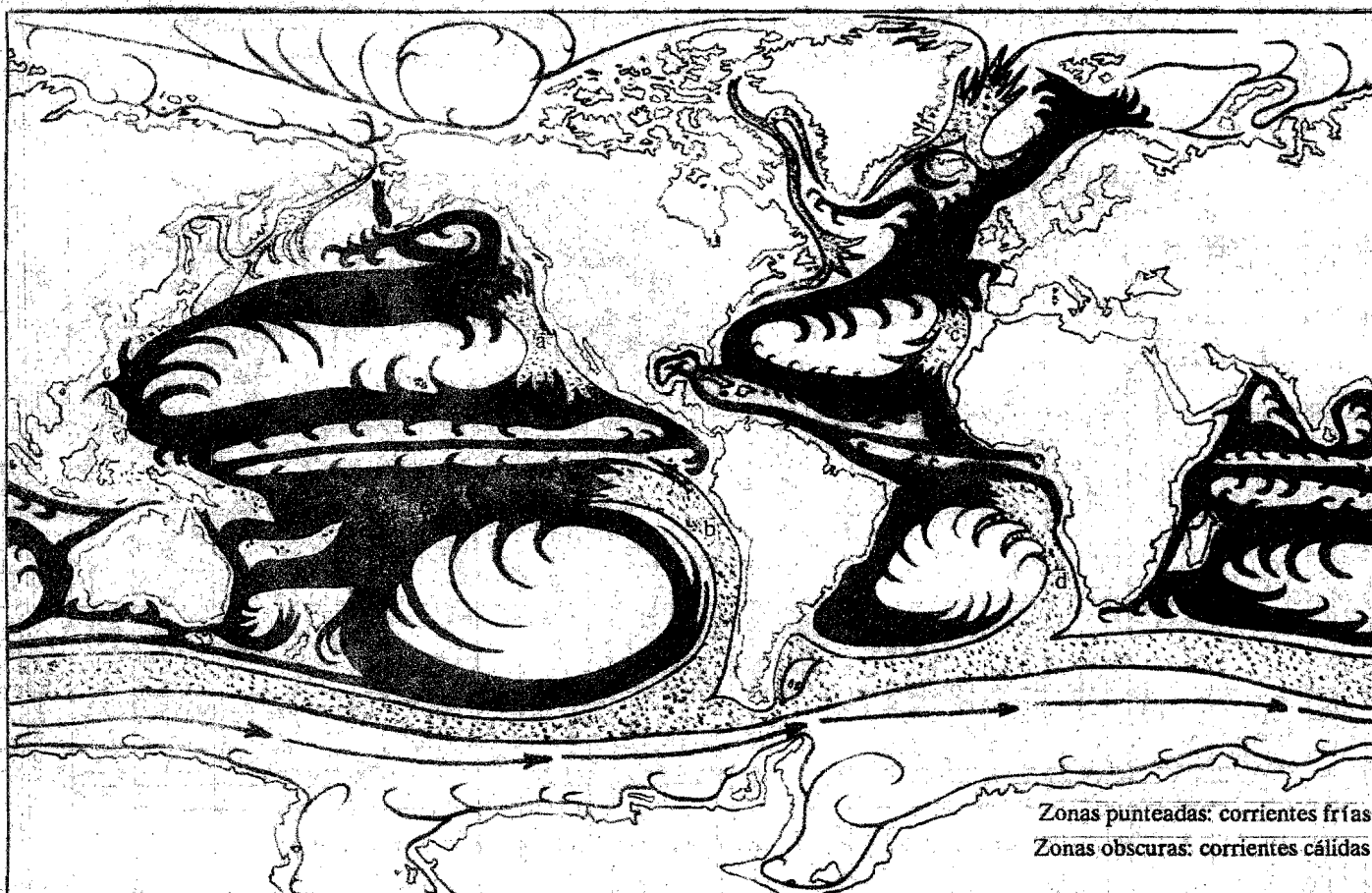


FIGURA 6. Principales corrientes oceánicas y las cuatro zonas marinas más productivas del planeta:
a) Corriente de California, b) Corriente del Perú, c) Corriente de las Canarias, d) Corriente de Bengala.

Estas áreas se caracterizan por la existencia más o menos continua de surgencias, afloramientos de aguas profundas, frescas y ricas en nutrientes, forzadas hacia la superficie por vientos dominantes que transportan el agua costera superficial mar adentro, cuyo vacío es ocupado por aquéllas (Margalef & Estrada, 1980: 9). Comparativamente, la mayor parte de los océanos producen 50 o menos gramos de carbono orgánico por metro cuadrado por año, que en relación con los ecosistemas terrestres corresponde a la producción primaria de los desiertos (ídem). La explicación más general

TABLA III. Especies dominantes en las cuatro zonas marinas más productivas del planeta.

Corriente de California	Corriente del Perú	Corriente de las Canarias	Corriente de Bengala
<i>Engraulis mordax</i>	<i>Engraulis ringens</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>	<i>Engraulis capensis</i>
<i>Sardinops sagax caeruleus</i>	<i>Sardinops sagax sagax</i>	<i>Sardina pilchardus</i>	<i>Sardinops ocellatus</i>
<i>Trachurus symmetricus</i>	<i>Trachurus symmetricus</i>	<i>Trachurus trachurus</i>	<i>Trachurus trachurus</i>
<i>Merluccius productus</i>	<i>Merluccius gayi</i>	<i>Merluccius merluccius</i>	<i>Merluccius capensis</i>
<i>Scomber japonicus</i>	<i>Scomber japonicus</i>	<i>Scomber japonicus</i>	<i>Scomber japonicus</i>
<i>Sarda chiliensis</i>	<i>Sarda chiliensis</i>	<i>Sarda sarda</i>	<i>Sarda sarda</i>

Según Bakun & Parrish, 1980

que puede darse consiste en que el espesor del sustrato en el cual tienen lugar los ciclos de nutrientes es relativamente pequeño en los ecosistemas terrestres -el suelo-, y enorme en los océanos (con una profundidad media de poco menos de 4 mil metros), lo cual alarga inevitablemente dichos ciclos. Además, solamente la capa superficial de 50 a 80 metros de espesor, zona eufótica, se encuentra suficientemente iluminada para la fotosíntesis (ídem; Britannica, 1982, Vol. XII: 497-501).

Siete especies marinas son las más importantes; cuatro de las más productivas del género se encuentran justamente en cada una de estas áreas: *Engraulis mordax* en la Corriente de California, *E. ringens* en la Corriente del Perú, *E. encrasicolus* en la Corriente de las Canarias y *E. capensis* en la Corriente de Bengala. De las otras tres, solamente *E. japonicus* produce altos volúmenes de biomasa en la Corriente de Kuroshio; *E. australis* de los mares australianos sureños y *E. anchoita* de la Corriente del Brasil, son relativamente poco productivas (Reid, *op. cit.*; FAO, Anuario 1985).

La salinidad no parece constituir un factor limitante para el género, pues si bien la mayoría de las especies referidas ocurren en zonas con 30 a 37 partes por mil, *E. encrasicolus* ocurre en salinidades cercanas a 40 partes por mil en el Mediterráneo y hasta solamente 2 partes por mil durante el verano cuando incursiona en el mar Báltico. En cuanto a la temperatura, el intervalo de 6 a 22° Celcius es el de mayor ocurrencia, si bien las anchovetas europea y japonesa se presentan en temperaturas de hasta 28°C y tan bajas como cero centígrados (Reid, *op. cit.*: 32).

Alrededor de tres octavas partes de la superficie oceánica presentan el intervalo de temperaturas señalado, no obstante, el género se encuentra solamente en menos de la décima parte de dicha superficie. Lo primero que puede suponerse es que también se requiera alta productividad primaria, pero ese no es el caso del Mediterráneo (Reid, *op. cit.*: 33). La conclusión más aceptable es entonces que, además de ciertas condiciones de temperatura y productividad primaria, estos pelágicos menores soportan ciertos grados de turbulencia, de nivel de mezcla, de vientos y transporte neto asociado, etcétera, que les permitan mantener una posición geográfica firme para concretar su ciclo de vida.

1.3.3 DISTRIBUCION DE ENGRAULIS MORDAX

Se sabe que existen tres subpoblaciones de la anchoveta norteña. Una se extiende desde el paralelo 54° Norte, a la altura de las Islas Reina Carlota, Columbia Británica, Canadá, hasta el paralelo 36.5°, a la altura de la Bahía de Monterey, California, U.S.A. Es la de distribución geográfica más amplia y conocida como subpoblación norteña.

Otra, se extiende desde la Bahía de San Francisco, a la altura del paralelo 38° Norte, hasta un poco al sur de Punta Baja, Baja California, México, unos cuantos minutos sur del paralelo 30° Norte; ésta es conocida como subpoblación central, con base en la cual se ha desarrollado la pesquería mexicana, en Baja California.

La tercera, o subpoblación sureña, se extiende desde el paralelo 29° Norte, al norte de la Bahía de San Sebastián Vizcaino, hasta Cabo San Lucas, a la altura del Trópico de Cáncer; ésta se encuentra distribuida exclusivamente en territorio mexicano.

La identificación de dichas subpoblaciones (o "stocks", anglicismo de uso corriente) se debe originalmente a Hubbs (1925) que reportó ligeras diferencias morfométricas en muestras de ejemplares colectados desde San Francisco a California sur; estas diferencias lo condujeron a distinguir dos de las subpoblaciones y una subespecie habitante de las aguas salobres de la Bahía de San Francisco: *Engraulis mordax nanus*. Posteriormente, McHugh (1951) identificó cada una de las tres subpoblaciones con base en diferencias en los valores medios de características merísticas.

Sin embargo, existen asimismo diferencias entre un año y otro, e incluso entre estaciones del año. La corroboración de tales tres subpoblaciones la realizó Vrooman (Vrooman *et al.*, 1981), con base en estudios electroforéticos, y repitiendo estudios morfométricos y merísticos. La electroforesis se llevó a cabo sobre transferrina, proteína del suero sanguíneo, responsable de efectuar el enlace con el hierro. (Polimorfismo de esta proteína había sido reportado para diversos teleósteos; al menos desde 1964 (*op. cit.*)). Se encontró que el polimorfismo de la transferrina en la anchoveta *Engraulis mordax*, se debe a la presencia de cuatro alelos autosómicos codominantes, cada uno de los cuales controla la formación de una proteína identificable por su tasa migratoria específica en el proceso de electroforesis. La presencia, ausencia o coincidencia de los diversos tipos de transferrina, condujo a la verificación de la existencia de tres subpoblaciones.

Es interesante señalar, que el estudio de Vrooman *et al.* no dispuso de muestras de ejemplares de la subespecie endémica de la Bahía de San Francisco, por lo que se mantiene la interrogante de hasta dónde ha avanzado este proceso de especiación aparentemente reciente.

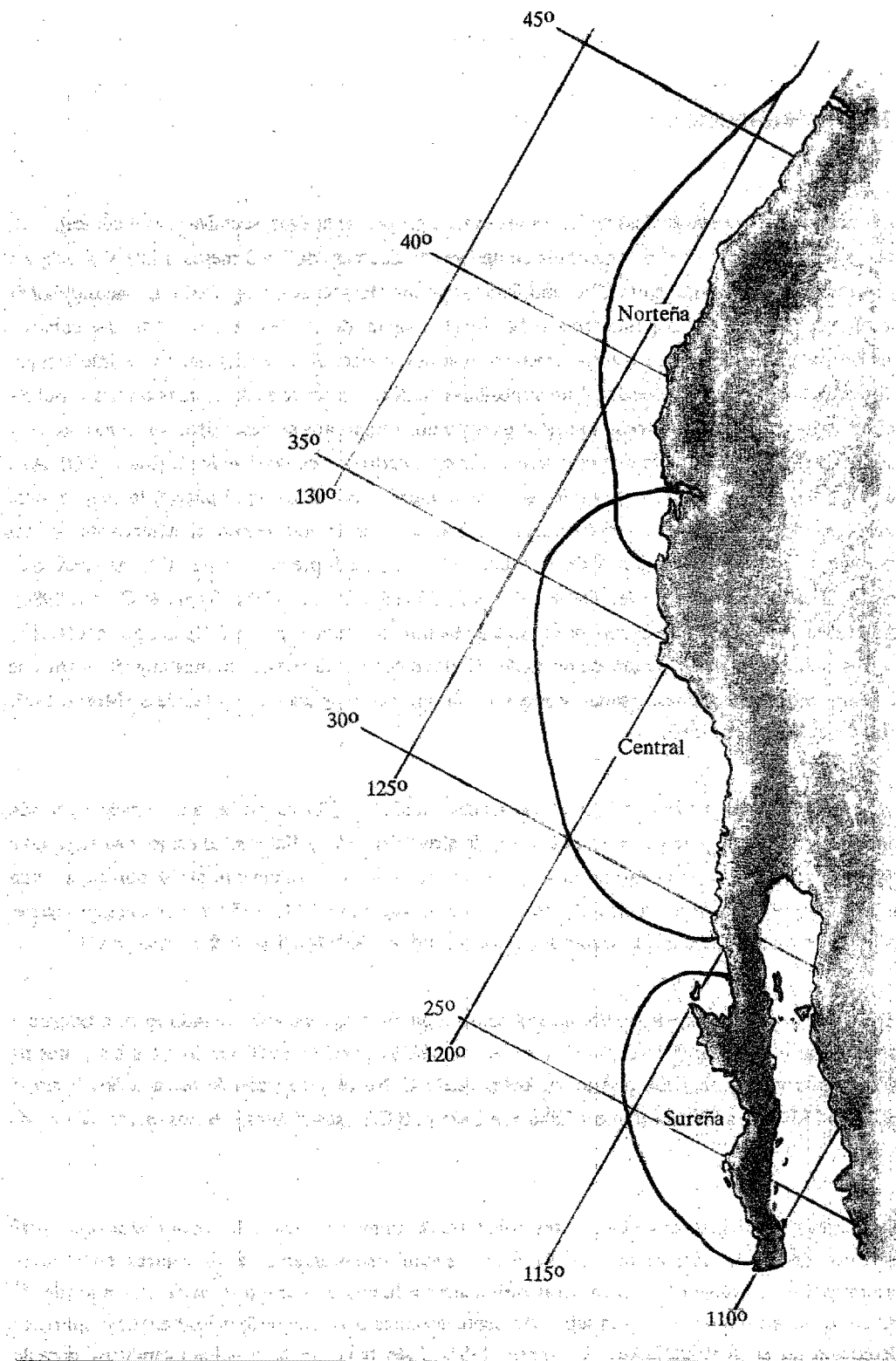


FIGURA 7. Distribución y subpoblaciones de *Engraulis mordax* (a partir de Vroomán *et al.*, 1981).

1.3.4 REPRODUCCION

Las hembras de anchoveta desarrollan en sus ovarios grupos de huevos, sucesiva y asincrónicamente, que son puestos durante una temporada de desove con duración de 2 a 3 meses, a intervalos de 7 a 10 días, y llegan a sumar hasta 20 ovoposiciones por año (Hunter & Leong, 1981). La fecundidad de las hembras, como otros parámetros poblacionales, varía de un año a otro. Además, como la anchoveta es un desovante heterocrónico (o múltiple, o parcial, o serial), no es posible estimar directamente la fecundidad anual. Ello es posible solamente en especies desovantes totales o isocrónicas, ya que todos los huevecillos puestos durante una temporada se desarrollan sincrónicamente y la puesta tiene lugar durante un periodo relativamente corto de tiempo (Holden & Raitt, 1974). Así, en el caso de la anchoveta, debe estimarse la fecundidad instantánea o por puesta, lo cual se logra muestreando ovarios de hembras maduras prontas a desovar, estimando el número de oocitos hidratados (correspondientes al último estadio de la ovogénesis previo a la puesta), mediante técnicas histológicas específicas (Hunter *et al.*, 1985; González-Dávila, 1986b; Tapía & Cotero, 1988). Asimismo, la frecuencia de desove debe calcularse estimando el número de folículos postovulatorios correspondientes a cierto número de horas de haberse efectuado la puesta, en muestras de ovarios de hembras recientemente descargadas, y mediante la aplicación de las mismas técnicas (Moser, 1967; Hunter & Macewicz, 1985).

Muy pocos individuos alcanzan la madurez sexual cuando cumplen su primer año de vida habiendo alcanzado tallas (longitud patrón o estándar) de alrededor de 90 a 100 mm; al cumplir su segundo o tercer año de vida y alcanzar tallas de alrededor de 130 mm, solamente el 50 por ciento han madurado; y es a partir del cuarto año de vida, cuando superan los 140 ó 150 mm de longitud, que el 100 por ciento son sexualmente maduros (Clark & Phillips, 1952; Mallicoate & Parrish, 1981).

El sistema de la corriente de California está constituido por tres ramales: uno interno, uno externo y uno central o principal (Hickey, 1979; Lynn *et al.*, 1982). Se inicia a 300 km frente a las costas de Washington y Oregon, USA, a la altura del paralelo 45 Norte, y se extiende hacia el Sur hasta el paralelo 25 Norte, a 200 km frente a Cabo San Lázaro, B.C.S.; sus límites precisos varían de un año a otro.

En el área comprendida entre los límites orientales del ramal principal y la línea costera que corre paralela, desova la anchoveta. Los desovantes evitan persistentemente los centros de máximo afloramiento, caracterizados por intensas turbulencia y fuerza de transporte hacia alta mar, de tal modo que se distribuyen en aguas suficientemente distantes pero que reciben los beneficios nutricios debidos a las surgencias (Bakun & Parrish, 1982). Esto tiene un gran valor adaptativo para la ulterior supervivencia de los huevos y las larvas.

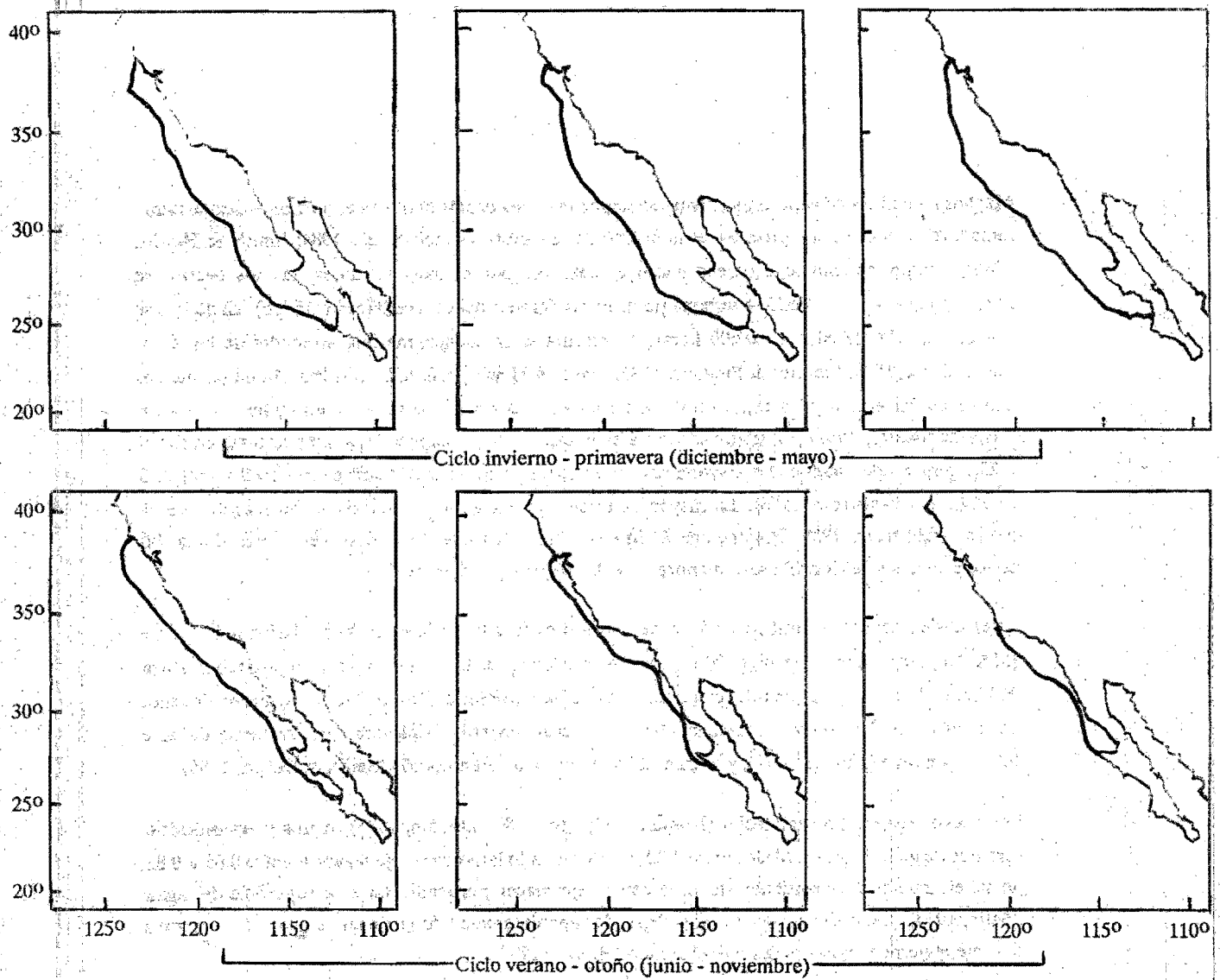


FIGURA 8. Distribución estacional de los desoves de *Engraulis mordax* (según Smith & Hewitt, 1985).

Cruceros exploratorios realizados durante muchos años revelan que, en general, las anchovetas se distribuyen en una extensa área durante invierno y primavera, y se concentran en zonas más costeras durante verano y otoño. Durante invierno-primavera la población se extiende hasta 50 u 80 millas de la costa (o más, dependiendo de la biomasa poblacional), agrupada en miles de pequeños cardúmenes de alrededor de 2 toneladas métricas cada uno, casi todos compuestos por adultos en estadios avanzados de madurez gonadal; los juveniles, en cambio, se localizan más cerca de la costa, en aguas someras a menos de 90 metros de profundidad (Messersmith *et al.*, 1969). Durante verano-otoño, anchovetas de todas las edades se distribuyen en aguas muy cercanas a la costa, a profundidades mayores y en menor cantidad de cardúmenes, pero éstos mucho más grandes y de dos tipos: en forma de capa horizontal más o menos extensa, a profundidades entre 140 y 180 metros; y en forma de "plumas" numerosas, a profundidades de 35 a 90 metros, que es la forma más frecuentemente observada en California central y en Baja California (Messersmith *et al.*, 1969).

Machos y hembras progenitores activos, se segregan de los demás hembras e individuos sexualmente inmaduros conforme se aproxima el momento de la puesta (Alheit *et al.*, 1984; Smith & Hewitt, 1985), comportamiento que parece iniciarse temprano por la mañana, antes que los ovarios se hidraten para la ovoposición, y termina pocas horas después del desove (Hewitt, 1985b). El desove se realiza entre las 18:00 y las 02:00 horas, y presenta su frecuencia máxima alrededor de las 22:00 horas (Bolin, 1936; Stauffer & Piquelle, 1985; Smith & Hewitt, 1985). La fertilización de los huevos ocurre de inmediato y es tan exitosa que sólo excepcionalmente se encuentran huevecillos sin fertilizar (Baxter, 1967). El desove se realiza en la capa superior de mezcla, a temperaturas entre 9.9 y 23.3 centígrados, aunque las mayores concentraciones de huevecillos ocurren entre los 13 y los 17.5 centígrados (Ahlstrom, 1956). La mayor parte se encuentran a profundidades no mayores de 70 metros (Ahlstrom, 1959; Pommeranz & Moser, 1983). No ocurren desoves en zonas donde las concentraciones de clorofila sean menores que 0.2 mg/m^3 (Fiedler, 1983).

La extensión del área de distribución del desove está en función de la biomasa poblacional desovante (MacCall, 1983); de tal modo, si 100 mil toneladas métricas de biomasa desovante se extienden hasta 260 km de la costa, un millón de toneladas hasta 360 km (Smith & Hewitt, 1985); asimismo depende de la estación del año y es máxima durante el ciclo invierno-primavera, generalmente durante febrero y marzo (Hunter, 1977), y mínima durante el ciclo verano-otoño (Smith & Hewitt, 1985).

Los huevos son de tipo telolécito (Romer, 1973; Moser & Ahlstrom, 1985), claros y translúcidos, carentes de glóbulo graso. Miden entre 1.23 y 1.55 mm a lo largo de su eje mayor y entre 0.65 y 0.82 de su eje menor. Se mantienen flotando con el eje mayor perpendicular a la superficie del agua (Bolin, 1936). Estas dimensiones ovales dependen aparentemente de la estacionalidad, son mayores durante invierno y menores durante el verano (Hunter, 1977).

El éxito de la reproducción, variable de una a otra temporada, da como resultado clases anuales o cohortes de mayor o menor abundancia, que se reclutan a la población una vez que los individuos que la integran concluyen la fase ictioplanctónica de su ciclo de vida. La abundancia de reclutas, como resultado del proceso reproductivo, guarda una relación no lineal con la abundancia de reproductores, creciente hasta cierto límite de abundancia de la parentela después del cual se torna decreciente (Beverton & Holt, 1957; Ricker, 1975).

1.3.5 CRECIMIENTO

La duración del desarrollo embrionario es función inversa de la temperatura: a 13 centígrados requiere poco más de 75 horas, en tanto que a 17.5 poco menos de 45 horas (Lo, 1985). La segmentación es holoblástica, puesto que el huevo presenta un polo vegetal grande y un pequeño polo animal (Lagler *et al.*, 1977). Se reconoce el estadio de blástula desde la primera división celular hasta que pierde su apariencia de mórula (células apiñadas). A partir de que aparece el blastodermo

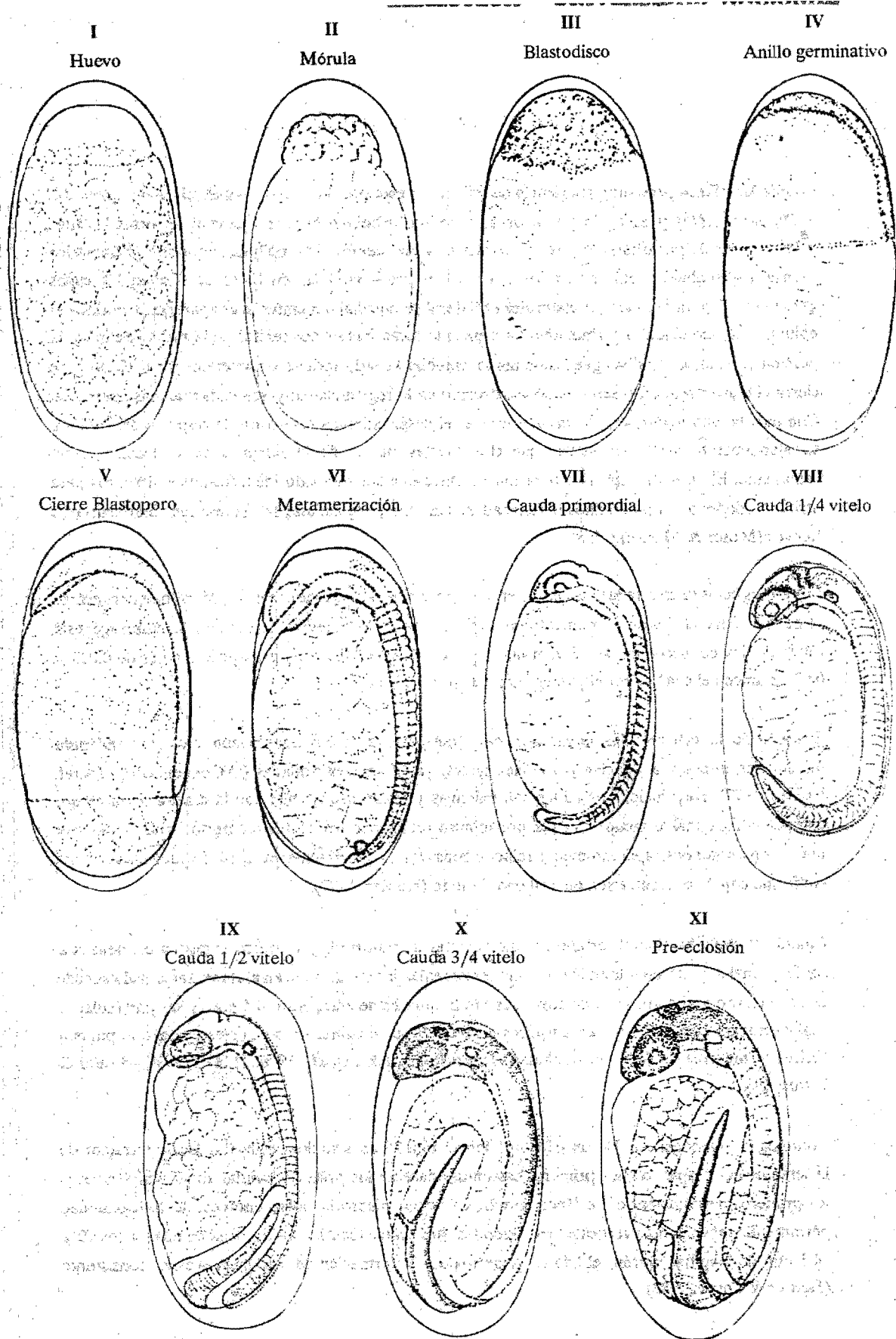


FIGURA 9. Los once estadios embriogénicos descritos para *Engraulis mordax* (a partir de Moser & Ahlstrom, 1985).

cuando las células presentan apariencia de tejido, se reconoce el inicio de la gastrulación. Aparece el anillo germinativo, y en algún punto de él el nódulo primitivo a partir del cual se forma la línea primitiva donde posteriormente se desarrolla el surco neural. Por epibolia, el anillo germinativo avanza hacia abajo hasta incluir un tercio de la masa vitelina, en tanto se forman las capas germinativas; para entonces, la naturaleza bilateral primordial del embrión es aparente. Continúa la epibolia, cuando el anillo germinativo ha avanzado hasta incluir dos tercios de la masa vitelina y la porción cefálica ya se distingue. Culmina la epibolia cuando incluye completamente al vitelo y se cierra el blastoporo; aparecen los somitos excepto en la región caudal y son cada vez más aparentes. Continúa la embriogénesis y lo más aparente es el desprendimiento de la cauda respecto del vitelo, y su alargamiento hasta ser mayor que tres cuartas partes de la longitud de la masa vitelina remanente. El embrión está listo para nacer. Once estadios han sido identificados y descritos para atribuir edades a los huevecillos muestreados, con objeto de estimar la producción total diaria de huevos (Moser & Ahlstrom, 1985).

Las larvas eclosionan a tallas variables, en función de las condiciones oceanográficas que encuentren tanto los progenitores en el momento de la puesta como los huevecillos durante la embriogénesis; poseen tallas de alrededor de 2.8 mm de longitud estándar ± 0.5 mm, y su peso seco es de 0.023 a 0.026 gramos del cual 53 por ciento es vitelo (Hunter, 1977).

Después de la eclosión, las larvas son casi transparentes y no poseen aún ojos y mandíbula funcionales, aunque la olfacción y la línea lateral ya están desarrolladas (O'Connell, com.pers.ref. Hunter, 1977). Al principio las larvas son inactivas y flotan usualmente con la cabeza hacia abajo, excepto porque más o menos una vez por minuto realizan movimientos natatorios súbitos durante uno a dos segundos, aparentemente relacionados con la respiración pues su frecuencia aumenta conforme baja la concentración de oxígeno disuelto (Hunter, 1977).

Cuando el vitelo ha sido absorbido completamente, la mandíbula y el tracto digestivo comienzan a ser funcionales, y los ojos también incipientemente; las larvas comienzan a alimentarse. Ello sucede entre el cuarto y el sexto días de edad, cuando la talla es de entre 3.5 y 4.4 mm, y las partículas u organismos de que se alimentan entonces no pueden ser menores de 50 micras (para que puedan verlos) ni mayores de 90 (para que pueda ingerirlos) (Lasker *et al.*, 1970; Hunter, 1977; Hunter & Coyne, 1982).

Continúa la organogénesis. Durante los siguientes 16 a 25 días se desarrolla el músculo retractor de la lente ocular y aparecen los primeros bastones, aparecen las primeras células rojas sanguíneas, y los primeros neuromastos de la línea lateral. La vejiga natatoria inicia entonces su funcionalidad permitiendo movimientos verticales nictamerales. Así, entre los 20 y los 31 días de edad y los 10 y 14.5 mm de longitud patrón, el hábito gregario para la formación de cardúmenes es ya consistente (Hunter & Coyne, 1982).

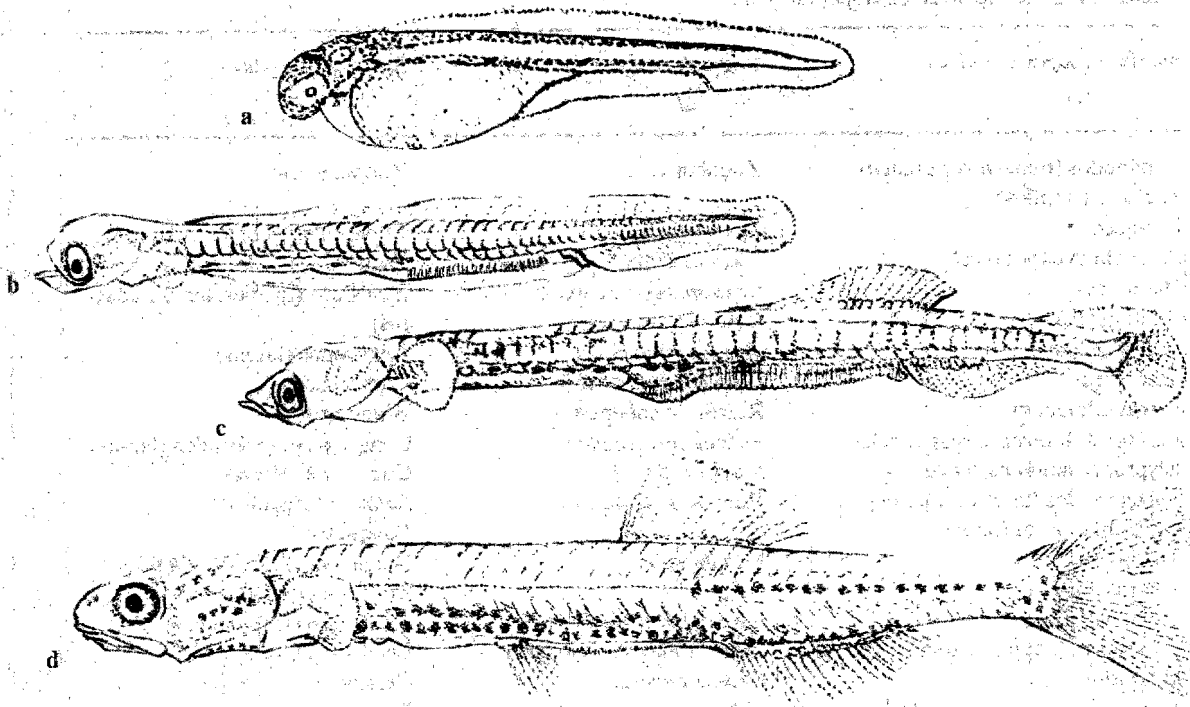


FIGURA 10. Larvas de *Engraulis mordax*, a) recién nacida, 2.8mm (según Kramer & Ahlstrom, 1968); b) recién absorbido el saco vitelino, 6mm; c) comienza hábito gregario, 11.5mm; d) finaliza la metamorfosis 31mm (según Ahlstrom, 1964).

Las larvas se alimentan de dinoflagelados sin armadura como *Gymnodinium splendens*, nauplios de pequeños crustáceos como *Artemia salina* (un braquiópodo), eufásidos, copépodos, isópodos y anfípodos, veligers de diversos moluscos como los gasterópodos *Bulla gouldiana* y *Haminoeavesicula*, así como huevos y larvas diversos (Lasker *et al.*, 1970; Kramer & Zweifel, 1970; Hunter, 1977; Hunter & Coyne, 1982).

Hasta entonces, la respiración ha sido cutánea y la alimentación por captura de partículas u organismos. Durante los siguientes 40 días se forma el estómago, la boca es ya expandible, se inicia la respiración branquial, se inicia la formación de escamas, y se forma el canal lateral. Alrededor de los 70 días de edad se inicia el periodo juvenil y entonces las anchovetas se alimentan básicamente por filtración (Hunter & Coyne, 1982).

El alimento, para ser suficiente, debe encontrarse en concentraciones y tamaños suficientes y adecuados para las larvas (no menos de una partícula alimenticia por mililitro), condición no muy frecuente en el mar pues la densidad promedio es mucho más baja (Hunter, 1977). Sin embargo, se sabe que "parches" de dinoflagelados muy nutritivos para ellas, así como de nauplios y posnauplios

TABLA IV. Dieta de diversos clupeomorfos.

<i>Sardinops sagax caeruleus</i> 1/	<i>Engraulis ringens</i> 2/	<i>Engraulis mordax</i> 3/
Copépodos (pequeños y grandes, huevos y nauplios)	Zooplancton:	Zooplancton:
Larvaceos *	<i>Acartia tonsa</i>	Copépodos (huevos, nauplios, adultos)
Peces (huevos y larvas)	<i>Calanus australis</i>	Eufásidos (huevos, larvas, adultos)
Diatomeas	<i>Centropages brachiatus</i>	Anfípodos (larvas)
Quetognatos	<i>Corycaeus dubius</i>	Cumaceanos
Dinoflagelados	<i>Oncaea conifera</i>	Braquiuros
Cladoceros	<i>Paracalanus parvus</i>	Cangrejos porcelánidos (larvas)
Larvas cifonautas	Restos de copépodos	Camarones (larvas)
Eufásidos (huevos, larvas furcilia y calyptopis, nauplios, y adultos)	<i>Eufasia mucronata</i>	<i>Balanus</i> (cípridos)
Gasterópodos (larvas y adultos)	<i>Nyctipanes simplex</i>	Poliquetos
Lamelibranchios (larvas)	Huevos de Eufásidos	Nemertínos (larvas pelágicas)
Radiolarios	Fitoplancton:	Enteropneustos (larvas)
Silicoflagelados	<i>Biddulphia longicruris</i>	Pterópodos (<i>Limacina</i> sp.)
Anélidos (larvas)	<i>Coscinodiscus perforatus</i>	Bivalvos (larvas)
Camarones (nauplios, zoeas, y mysis)	<i>Chaetoceros</i> sp.	Cefalópodos (larvas)
Anfípodos	<i>Lithodesmium undulatum</i>	Peces (huevos)
Percebes (nauplios y cípridos)	<i>Nitzschia pungens</i>	Tintínidos
Sifonóforos	<i>Schroederella delicatula</i>	Radiolarios
Ascidias o Tunicados	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Apendicularios
Mysidáceos	<i>Thalassiosira decipiens</i>	Taliaceanos
Braquiópodos (larvas)	<i>Thalassiosira subtilis</i>	Medusas
Ostrácodos	Dinoflagelados	Briozoarios (cifonautas)
Foraminíferos		Fitoplancton:
Doliólidos		Diatomeas (géneros: <i>Bacterioastrum</i> , <i>Biddulphia</i> , <i>Chaetoceros</i> , <i>Coscinodiscus</i> , <i>Dieladia</i> , <i>Diploneis</i> , <i>Distephanus</i> , <i>Eucampia</i> , <i>Lithodesmium</i> , <i>Navicula</i> , <i>Nitzschia</i> , <i>Pleurosigma</i> , <i>Rhizosolenia</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Stephanopyxis</i> , <i>Thalassiosira</i> , etc étera)
Cumaceanos		Dinoflagelados (géneros: <i>Ceratium</i> , <i>Dinophysis</i> , <i>Peridinium</i> , <i>Gymnodinium</i> , etc étera).
Isópodos		

1/ Sardina monterrey, competidor de la anchoveta que comparte el mismo nivel trófico en la misma zona de la corriente de California. Según Hand & Berner, 1959.

2/ Anchoveta peruana, mismo nivel trófico en el Pacífico ecuatorial sudoriental. Según Rojas de Mendiola, 1978.

3/ Anchoveta nortea. Según Loukashkin, 1970.

de copépodos, se presentan en concentraciones suficientes (Lasker, 1975); ello sucede luego de haberse presentado altas concentraciones de diatomeas, en virtud de un mecanismo de sucesión de comunidades planctónicas típico de las zonas de afloramiento (Margalef & Estrada, 1980).

Las larvas de anchoveta son las de mayor abundancia en relación con las de cualesquiera otras especies de la Corriente de California. Las especies cohábites principales y de importancia comercial en orden de abundancia relativa (con ocasionales variaciones interanuales) son: la merluza *Merluccius productus*, los rocotes *Sebastes* spp., los lenguados *Citharichthys* spp., la sardina monterrey *Sardinops sagax caeruleus*, y el charrito *Trachurus symmetricus*. Larvas de muchísimas otras especies de peces (solamente seis también muy abundantes), crustáceos y moluscos cohabitan (Ahlstrom, 1964).

Los juveniles se reclutan muy tempranamente a la pesquería, pues empiezan a aparecer en las capturas desde los 45 mm de longitud patrón (García *et al.*, 1988), asunto preocupante por cierto que se revisa más adelante. A esa talla, las anchovetas no tienen más de tres a cuatro meses de edad (González-Dávila, en prensa), y ello muestra la prontitud con la que se incorporan al nicho y espacio ecológicos que les corresponde. Aunque se alimentan fundamentalmente por filtración, no rechazan ocasionalmente peces pequeños y presentan incluso cierto canibalismo. Al igual que las larvas, se alimentan principalmente durante el día mientras se encuentran agregados en cardúmenes en zonas de profundidad relativa, especialmente durante los días despejados (Loukashkin, 1970; Hunter, 1977); conforme avanza la tarde inician su migración vertical hacia la superficie donde se mantienen dispersos durante la noche (Flores, 1970).

Existe una clara asociación entre las migraciones verticales diarias de las anchovetas juveniles y adultas, con la porción más superior de la capa de dispersión del plancton que se dirige hacia la superficie durante la noche para regresar a profundidades de alrededor de 45 metros durante el día. Esta capa está poblada por diversos crustáceos (como eufásidos y copépodos), que constituyen parte de la dieta habitual de la anchoveta ya referida para la fase larvaria (Messersmith *et al.*, 1969; Odum, 1972; Margalef, 1977).

Las tasas de crecimiento de la anchoveta presentan variaciones de un año a otro, en función de las condiciones oceanográficas y bióticas que cada clase anual o cohorte encuentra a partir de su nacimiento y durante las fases críticas de primera alimentación, cuando larvas, y al término de la metamorfosis, cuando juveniles (Hunter & Coyne, 1982); ello dificulta la generalización de sus parámetros de crecimiento.

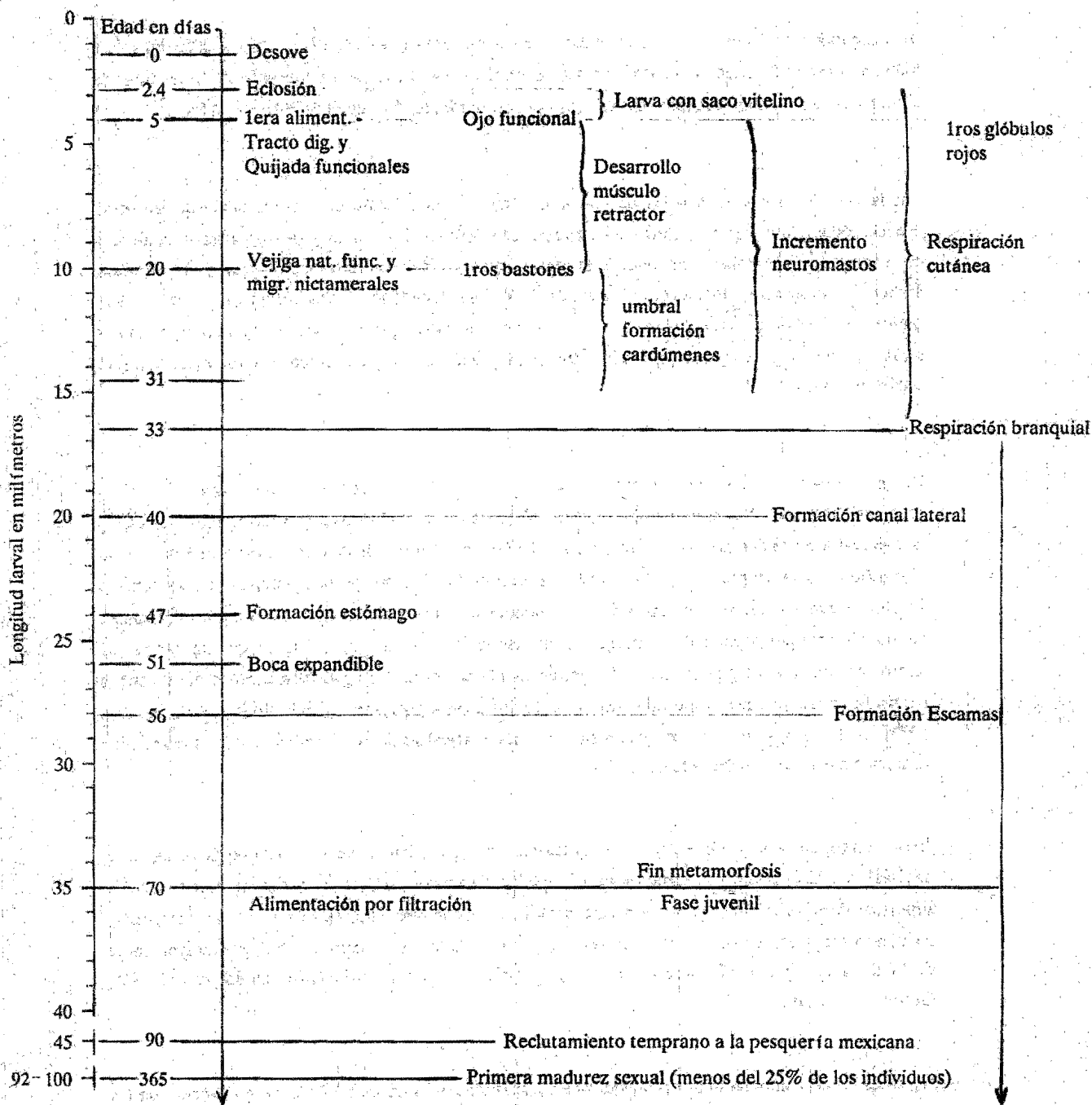


Figura 11. Estadios en el desarrollo de *Engraulis mordax* (de acuerdo a Hunter & Coyne, 1982; reclutamiento de acuerdo García *et al.*, 1988; primera madurez sexual de acuerdo a Clark & Phillips, 1952; edades convencionales).

Los parámetros de crecimiento que deben determinarse son: t_0 , tiempo entre fecundación y eclosión ovales; k , coeficiente determinado por la tasa de crecimiento; L_∞ , longitud teórica máxima que puede alcanzar un individuo durante su vida; y W_∞ , peso teórico máximo que puede desarrollar un individuo. Lo anterior de acuerdo al modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938), que es el de uso generalizado, descrito por las ecuaciones: $L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$ para crecimiento en talla y $W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^3$ para crecimiento en peso (Figura 12); ambas, soluciones a la ecuación diferencial $dw/dt = Hs - hw$ que expresa el cambio instantáneo del peso corporal en el tiempo como función de la diferencia entre la tasa de síntesis de biomasa H por unidad de superficie fisiológica de absorción s , y la tasa de destrucción de biomasa h por unidad de peso w .

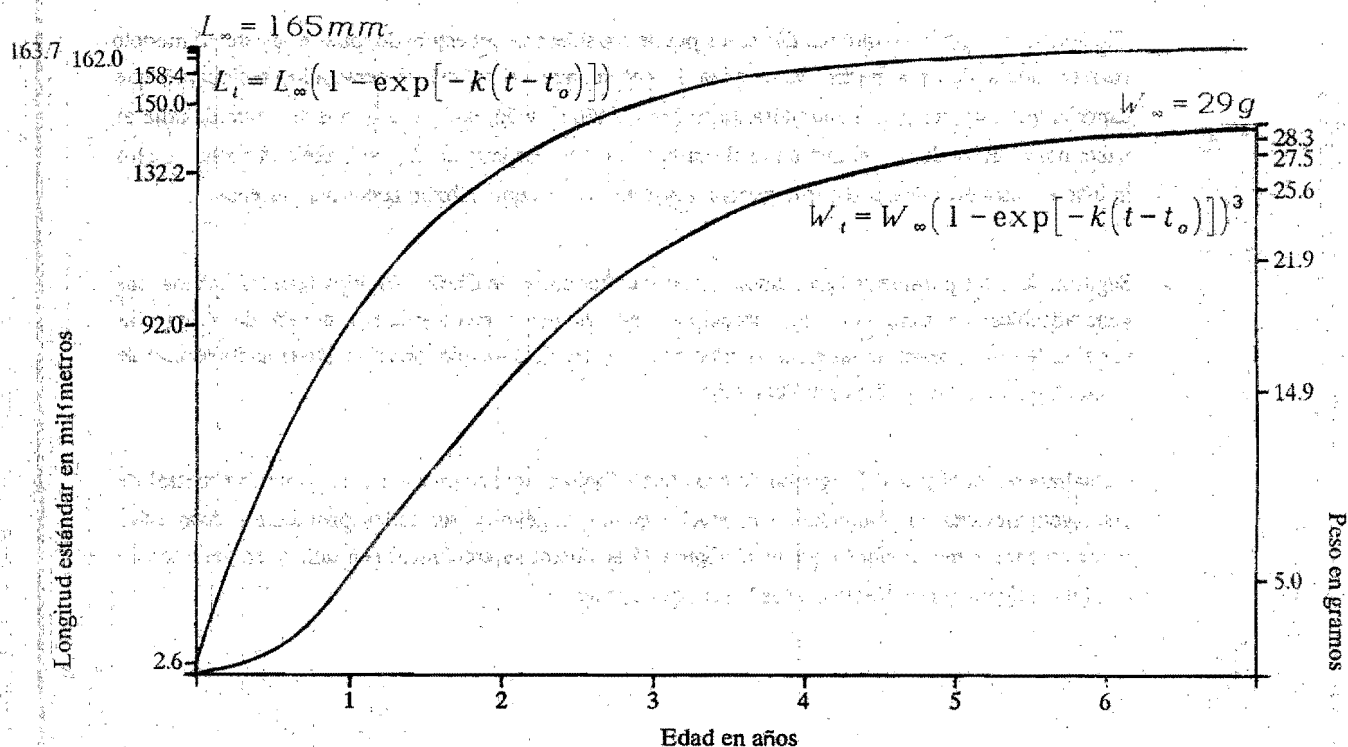


FIGURA 12. Crecimiento idealizado en talla y en peso individuales de *Engraulis mordax* ($L_\infty = 165\text{mm}$, $W_\infty = 29\text{g}$, $K = 0.8$, $t_0 = -0.02$; tomado de González-Dávila, en prensa).

Aparentemente Clark y Phillips son los primeros en determinar la edad y crecimiento de la anchoveta, en 1952, con base en análisis de tallas (longitud estándar) y escamas, técnica verificada poco después por Miller, en 1955, que valida el uso de escamas para esta clase de estudios, no

obstante, sea más conveniente el uso de otolitos (huesecillos del oído interno en muchos teleosteos), técnica actualmente generalizada en los casos de peces cuyas escamas se deterioran fácilmente. Con base en los datos que publican Clark y Phillips (1952) pueden estimarse los parámetros $L_{\infty} = 180$ mm y $k = 0.384$.

En 1967, Bayliff presenta los parámetros $L_{\infty} = 164$ mm, $W_{\infty} = 21$ gramos y $k = 0.45$. En 1981, Mallicoate y Parrish repiten el estudio incluyendo datos de los periodos 1966-1979 con muestreos de San Pedro, California, y 1966-1978 con muestreos de Monterey, California (localizado más al norte); con base en dichos datos puede estimarse: San Pedro $L_{\infty} = 173$ mm y $k = 0.127$, Monterey $L_{\infty} = 201$ mm y $k = 0.114$.

El coeficiente k para los últimos dos casos puede considerarse subestimado, pues el ajuste al modelo corresponde a datos a partir de la edad 1, por lo que no refleja el acelerado crecimiento que experimenta este pelágico menor durante su primer año de vida, con poco menos de 3 mm de talla al nacer hasta alrededor de 90 mm antes de cumplir un año. En cambio, L_{∞} sí refleja el hecho que los individuos más norteños son por lo general mayores que los que habitan zonas más sureñas.

Seguramente, los parámetros estimados con base en los datos de Clark y Phillips resultan ser los más generalizables, en tanto que los obtenidos por los otros investigadores ponen de relieve la variabilidad que presentan las tasas de crecimiento entre distintas cohortes, lo que constituye uno de tantos "ajustes" a las condiciones del medio.

Actualmente, en virtud del régimen de explotación bajo el que se encuentra la población central de anchoveta norteña, los individuos son mucho menos longevos y sus tallas promedio a cada edad relativamente menores, por lo que en la Figura 12 se ilustra su crecimiento en talla y en peso dentro de límites ligeramente distintos a los hasta aquí expuestos.

13.6 SUPERVIVENCIA

Es indiscutible que la anchoveta *Engraulis mordax mordax* se cuenta entre las especies de mayor abundancia dentro del sistema de la Corriente de California, y muy probablemente constituya el principal forraje de muchas otras especies que habitan o transcurren por las aguas costeras de California y Baja California (Baxter, 1967). Consiguientemente, la mortalidad natural M de la anchoveta es muy alta, situación típica de organismos altamente transferentes de energía en la cadena trófica (Margaleff, 1977; 478 y ss., 602).

Aparte de las variables físicas adversas que puede presentar el medio oceánico, decisivamente influyen en la supervivencia de la anchoveta los competidores, los parásitos y los depredadores. De muchísimas especies son los organismos competidores de la anchoveta durante su fase de vida zoopláctónica; compiten con ella por alimento. Durante las siguientes fases de su ciclo de vida, indudablemente la sardina monterrey *Sardinops sagax caeruleus* es el principal competidor, pues este clupeido comparte durante toda su vida hábitat y nicho ecológico (Ahlstrom, 1967; Radovich, 1982).

Los parásitos, tanto externos como internos, presentan una altísima frecuencia de ocurrencia en la anchoveta norteña: de 90 a 100 por ciento. Los más comunes son endoparásitos nemátodos y tremátodos; éstos y otros producen trastornos reproductivos, digestivos, destrucción visceral, ceguera, etcétera (Villamar *et al.*, 1979). Todos ellos generan una morbilidad tan alta que constituyen un importante factor que influye en las altas mortalidades que sufre esta especie.

Entre los depredadores se cuentan muy diversas especies de peces, de crustáceos y de moluscos (sobre todo durante la fase zoopláctónica), de aves y de mamíferos marinos (Baxter, 1967).

Los huevecillos de la anchoveta constituyen una importante fuente de alimento para todos los organismos que se alimentan de zooplanctón.

Cuando larvas, su vulnerabilidad es altísima aunque decreciente con la edad (en días); el copépodo *Labidocera trispinosa*, por ejemplo, es 60 por ciento exitoso capturando larvas de un día de edad, pero solamente 11 por ciento con larvas de 4 días de edad cuando ellas mismas comienzan a alimentarse (Lillelund & Lasker, 1971). La depredación de que son objeto, así como la inanición que pueden sufrir ante la insuficiencia de alimento, constituyen durante la fase larvaria las causas básicas para su mortalidad.

Ya adulta, constituye casi el 13 por ciento de la dieta en volumen para el jurel *Seriola dorsalis* (Craig, 1960), y poco más del 29 para el salmón *Oncorhynchus tshawytscha* (Merkel, 1957). El bonito *Sarda chiliensis*, a tal punto se alimenta de anchoveta, que las variaciones de su biomasa poblacional se encuentran íntimamente ligadas a las abundancias de *Engraulis mordax* (Baxter, 1967). Similar situación observan la macarela del Pacífico *Scomber japonicus* (Methot, 1986), y el pelícano café *Pelecanus occidentalis californicus* (Sunada *et al.*, 1981). Estos tres últimos casos constituyen ilustrativos ejemplos del sistema depredador-presa de Lotka y Volterra.

La supervivencia de huevos y adultos se expresa comúnmente mediante la expresión: $N_t = N_0 e^{-Zt}$, donde N_t es la cantidad de individuos que constituyen la población en el tiempo t , N_0 es la población original, y Z la tasa instantánea de mortalidad total. Esta expresión resulta de integrar la ecuación

ción diferencial: $dN/dt = -ZN$, modelo que expresa el cambio instantáneo del número de individuos en el tiempo como función de la misma densidad poblacional N que experimenta una tasa de mortalidad total Z (Beverton & Holt, 1957; Ricker, 1975; Hewitt, 1985). La supervivencia de los huevos es variable entre una temporada y otra (Tabla V), y depende tanto de condiciones mecánicas y térmicas marinas como de la abundancia relativa de depredadores.

TABLA V. Mortalidades Z de huevos de *Engraulis mordax*.

Año	MacCall	Picquelle & Hewitt	Methot & Lo
1951	.083		.23
52	.050		.09
53	.103		.19
54	.199		.12
55	.226		.07
56	.176		.33
57	.248		.20
58	.292		.43
59	.299		.23
1960	.312		.24
61	.331		.29
62	.255		.19
63	.352		.28
64	.355		.42
65	.377		.19
66	.368		.42
69	.368		.19
1972	.344		.25
75	.423		.44
78	.338		.59
79	.319		.48
1980	.378	.453	.36
81	.064	.138	.38
82		.158	.36
83		.184	.46
84		.170	.36
85			.28
86			.34
87			.19
88			.53

FUENTES: MacCall, 1982; Picquelle & Hewitt 1983 y 1984; Hewitt, 1985; Methot & Lo, 1987; Lo, 1988.

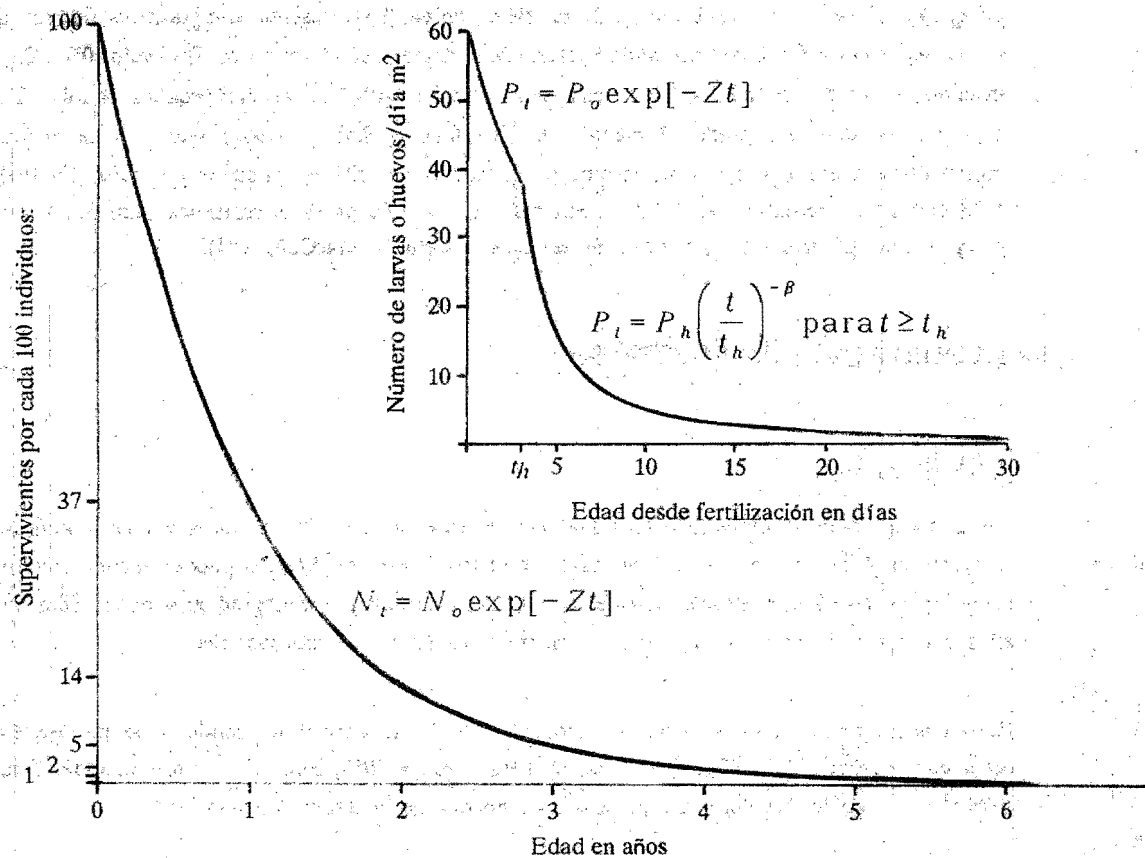


FIGURA 13. Supervivencia de *Engraulis mordax* para huevos y larvas (gráfica pequeña; según Hewitt, 1985), y para juveniles y adultos por cada 100 individuos considerando $Z = 1$.

La supervivencia de las larvas, en cambio, se estima de acuerdo a un modelo en el cual la tasa instantánea de mortalidad decrece con la edad en días, es decir $dP/dt = (\beta/t)P$, ecuación diferencial que por integración y determinada la constante a la edad de eclosión t_h resulta: $P_t = P_h(t/t_h)^{-\beta}$, para $t \geq t_h$, donde P_t es la población de huevos en el tiempo, P_h la población de huevos en el momento de la eclosión, t la edad en días, t_h la edad de eclosión, y β el coeficiente constante de la tasa variable de mortalidad. Este último ha sido calculado en valores que oscilan entre 1.71 y 2.02 (Picquelle & Hewitt, 1983 y 1984). En cambio, con base en datos de frecuencias de clases de tallas de larvas de muestreos ictioplancónicos (Ahlstrom, 1964 y 1967), puede estimarse una tasa instantánea de mortalidad Z (de acuerdo al otro modelo referido), de alrededor de 0.20, considerando la edad en días.

Para la población adulta las estimaciones son variables tanto porque así sucede en la realidad como porque los procedimientos utilizados difieren. Beverton en 1967 presenta como tasa instantánea de mortalidad total Z (es decir, mortalidad natural M más mortalidad por pesca F) el valor 0.9. En el mismo año, Bayliff obtiene $Z = 1.7$ y Schaefer $Z = 1.1$. En 1974, MacCall presenta $Z = 1.09$, $M = 1.06$ y $F = 0.03$, utilizando el método de Chapman y Robson (1960) que permite estimar mortalidades anuales porcentuales pero cuyo equivalente instantáneo puede establecerse. En 1979, Villamar *et al.* presentan valores de Z entre 1.1 y 1.4. Todas estas referencias son aceptables, excepto la de Beverton (1967) que es considerada subestimada (MacCall, 1974).

1.4 LA POBLACION EN EL TIEMPO

1.4.1 BIOMASAS

Las dimensiones de la biomasa poblacional varían en el tiempo. Estimaciones pueden obtenerse mediante muy diversos métodos, directos o indirectos. Entre los directos pueden mencionarse el conteo visual aéreo, el hidroacústico (mediante sonar, ecosonda y ecointegrador), y por satélite; de ellos, el que permite obtener mejores estimaciones hasta ahora es el hidroacústico.

Entre los indirectos sobresalen por su uso corriente (y su abuso) los modelos de producción excedente (Baranov, 1918; Graham, 1952; Schaefer, 1954 y 1957; Pella & Tomlinson, 1969; Fox, 1970); en la jerga de la biología pesquera se les conoce como "globales" o "sintéticos".

Los métodos indirectos más concretos son indudablemente los modelos demográficos, mejor conocidos como "estructurales" o "analíticos"; estudian el crecimiento, la supervivencia y la reproducción de las poblaciones, de tal modo que permiten obtener valores suficientemente insesgados de los parámetros poblacionales y de sus dimensiones en el tiempo. Verhulst (1838) antes que nadie presentó el modelo de crecimiento poblacional asintótico (sigmoide), Pearl & Reed (1920) y Lotka (1925) lo utilizaron ampliamente, éste y Volterra (1926) desarrollaron los modelos depredador-presa y de supervivencia, Bertalanffy (1938) simplificó el modelo de crecimiento individual, Beverton & Holt (1957) y Ricker (1975) realizaron las grandes síntesis y desarrollaron los modelos de rendimiento por recluta y de parentela-progenie o desovantes-reclutas. Saville (1964) y Smith (1972) desarrollaron los modelos para la estimación de biomásas poblacionales con base en métodos de conteo de huevos o larvas, respectivamente; y más recientemente, Methot (1986) desarrolló el modelo de Síntesis de Stock (modelo SS) que reúne series históricas de conteos de huevos y sus mortalidades, de temperaturas y otros datos oceanográficos, de poblaciones virtuales, y de otros índices de biomásas obtenidos por métodos directos, así como abundancias de competidores o depredadores importantes.

En las secciones 1.3.4, 1.3.5 y 1.3.6 han sido expuestos los procesos fundamentales que determinan los ciclos de abundancias de las poblaciones de anchoveta en el tiempo. Existen series históricas de estimaciones de biomasa anuales, obtenidas por métodos directos o indirectos; cada uno de ellos presenta bases de sustentación diferentes y grados de validez diversa.

Entre los métodos directos se utilizan la prospección aérea y la ecodetección. La prospección aérea es utilizada por los propietarios de la flota comercial, y relaciona número de detecciones visuales y extensión geográfica del recurso con biomasa probable (Squire, 1972). La ecodetección relaciona extensión geográfica del recurso con biomasa, bajo el supuesto de que la biomasa por unidad de área de cardumen es más o menos constante (Mais, 1974). En ambos casos, se dispone de series históricas no muy largas y con algunas interrupciones.

Las series históricas de mayor continuidad y alcance son las que se han logrado mediante los métodos de conteo de huevos o de larvas. El modelo de estimación de biomasa por conteo de huevos (EPM por sus siglas en inglés; Saville, 1964) establece:

$$B = \frac{P}{FR}$$

es decir, la biomasa B de la fracción desovante o parentela de la población está definida por: la producción anual de huevos P y la fecundidad anual de las hembras F , corregida por la fracción de la población constituida por hembras desovantes R .

Sin embargo, este modelo no resuelve suficientemente el hecho que la anchoveta sea un desovante heterocrónico (véase sección 1.3.4), por lo que las estimaciones de la fecundidad anual y de la producción anual de huevos por unidad de biomasa son inexactas. Más adelante, de acuerdo al descubrimiento original de Moser (1967) de la posibilidad de identificar folículos postovulatorios en teleosteos (él trabajó con escorpénidos), Hunter & Goldberg (1980) y Hunter & Macewicz (1980) desarrollan criterios para graduar por "edades" dichos folículos de los ovarios de anchovetas y determinar así las frecuencias de desoves de estas poblaciones silvestres. Con esta base, Parker (1980) mejora el modelo expresando la biomasa de la parentela en términos de parámetros instantáneos:

$$B = \frac{P_d}{F_s R}$$

donde B es la biomasa de la parentela o población desovante, P_d es la producción diaria de huevos, F_s es la fecundidad diaria, y R la fracción de hembras en la población.

La fecundidad diaria específica F_s se estima a su vez como:

$$F_s = \frac{FS}{W}$$

donde F es la fecundidad instantánea o por puesta, S es la fracción de hembras que desovan por día, y W es el peso promedio.

Este método ha sido utilizado a partir de entonces para estimar la biomasa anual de la población central de la anchoveta *Engraulis mordax* (Picquelle & Hewitt, 1983 y 1984; Hewitt, 1985). Consiste, en síntesis, en muestreos planctónicos para medir la abundancia de huevos recién desovados, y en muestreos a media agua para coleccionar adultos y medir la tasa a la que producen huevos, la biomasa desovante es el cociente de estas dos cantidades.

En tanto no se resuelve el problema de cómo estimar la fecundidad diaria específica, se aplica a más de tres décadas de datos de abundancias larvales el modelo de estimación de biomasa por conteo de larvas (LAM, por sus siglas en inglés; Smith, 1972; Saville & Schnack, 1981), que esquivó el uso de

TABLA VI. Variaciones de los parámetros en el modelo de huevos para *Engraulis mordax*.

		1951-60	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Producción diaria de huevos ($\times 10^{12}$)	P_o				26.34	20.96	13.51	17.25	12.98	
Fracción hembras desovantes/día	S				0.142	0.106	0.120	0.094	0.160	
Proporción de hembras	R				0.478	0.501	0.472	0.549	0.582	
Fecundidad instantánea (N° huevos/puesta)	F	10,270	7,546	8,506	7,751	8,329	10,845	5,297	5,485	8,490
Peso promedio de las hembras (gramos)	W				17.44	13.37	18.83	11.20	12.02	
Fecundidad poblacional diaria ($\times 10^6$ huevos/día tm)	$\frac{SRF}{W} = q$				30.28	33.03	32.53	24.35	42.43	
Biomasa desovante ($\times 10^6$ tm)	$\frac{P_o}{q} = B$.870	.635	.415	.652	.309	

FUENTES: 1980-84 de Hewitt (1985); demás datos de fecundidad de Hunter *et al.* (1985a).

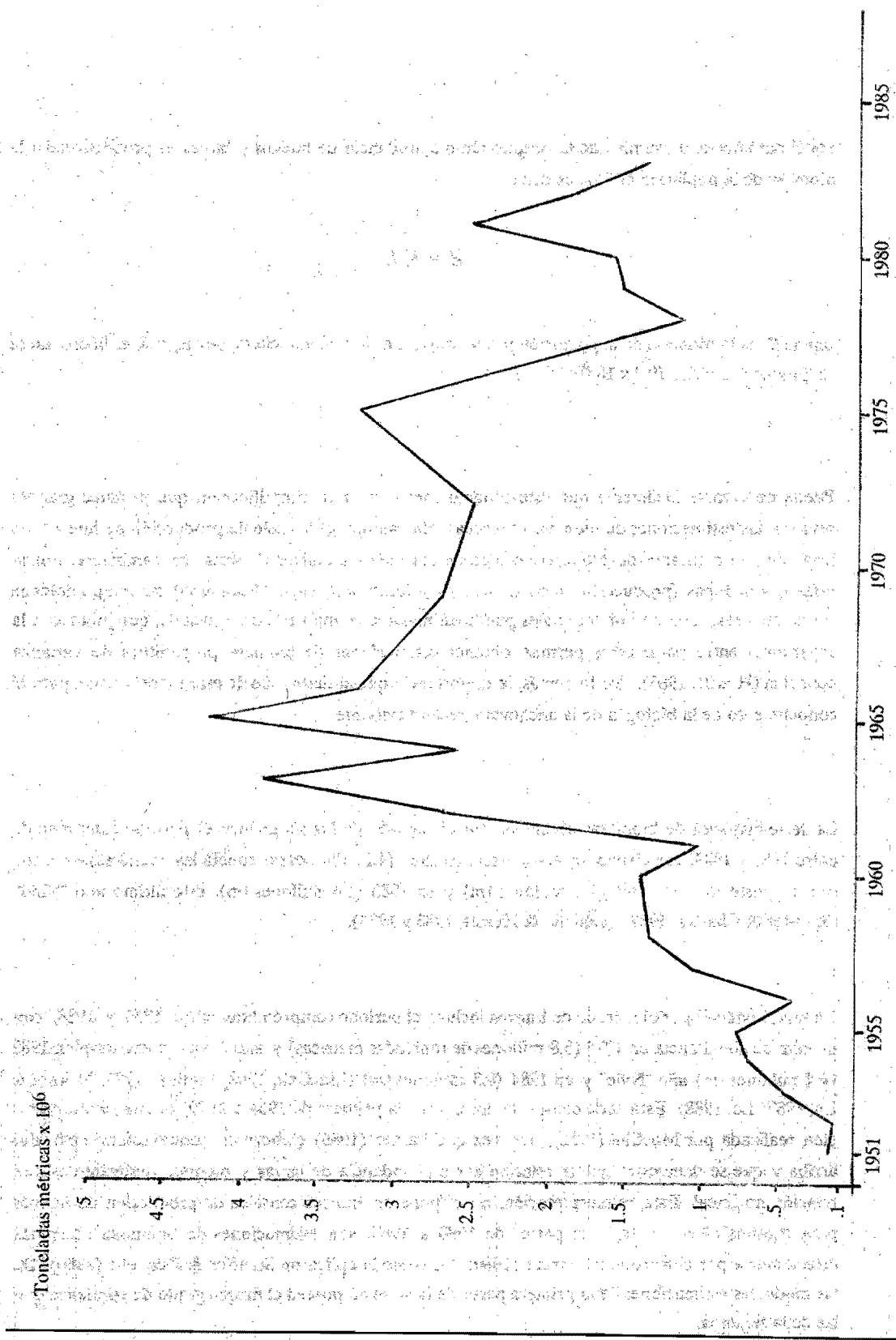


FIGURA 14. Biomosas 1951-1983 por el método de larvas.

aquel parámetro al asumir que la producción o abundancia de huevos y larvas es proporcional a la biomasa de la población adulta, es decir:

$$B = K L$$

donde B es la biomasa de la población progenitora, L es la abundancia de larvas, y K es la constante de proporcionalidad (9.8×10^{-8}).

Puede observarse fácilmente que este modelo constituye una simplificación que produce grandes sesgos a las estimaciones de biomasa obtenidas. En cambio, el modelo de producción de huevos, en lugar de una constante de proporcionalidad durante años sucesivos de situación cambiante, utiliza tasas instantáneas (producción diaria de huevos y fecundidad específica diaria) descomponibles en varios factores, cada uno de los cuales puede estimarse con una varianza asociada, que junto con la covarianza entre parámetros permite obtener estimaciones de biomasa progenitora de varianza conocida (Hewitt, 1985). Por lo demás, la importancia que el desarrollo de este modelo tiene, para el conocimiento de la biología de la anchoveta, resulta evidente.

La serie histórica de biomásas obtenidas por el método de larvas incluye el periodo comprendido entre 1951 y 1983, con clímax de abundancia en 1965 (4.2 millones de toneladas métricas) y anticlímax posteriores en 1978 (1.2 millones tm) y en 1983 (1.4 millones tm), este último año "Niño" (Stauffer & Charter, 1982; Picquelle & Hewitt, 1983 y 1984).

La serie histórica por el método de huevos incluye el periodo comprendido entre 1954 y 1988, con clímax de abundancia en 1975 (5.8 millones de toneladas métricas) y anticlímax posteriores en 1982 (0.4 millones tm) año "Niño" y en 1984 (0.3 millones tm) (MacCall, 1982; Methot, 1986; Methot & Lo, 1987; Lo, 1988). Esta serie consta de dos partes: la primera de 1954 a 1979, es una reinterpretación realizada por MacCall (1982), una vez que Parker (1980) elabora el modelo referido párrafos arriba y que se demuestra que la relación entre abundancia de larvas y biomasa desovante es una relación no lineal. Esta reinterpretación, no dispone de índices censales de producción de huevos para algunos años. La segunda parte, de 1980 a 1985, son estimaciones de biomásas obtenidas directamente por el método de Parker (1980), tal como lo aplicaron Stauffer & Picquelle (1980). De tal modo, las estimaciones de la primera parte de la serie no poseen el mismo grado de confianza que las de la segunda.

Toneladas métricas x 10⁶

FIGURA 15. Biomasa 1954-1988 por el método de huevos.

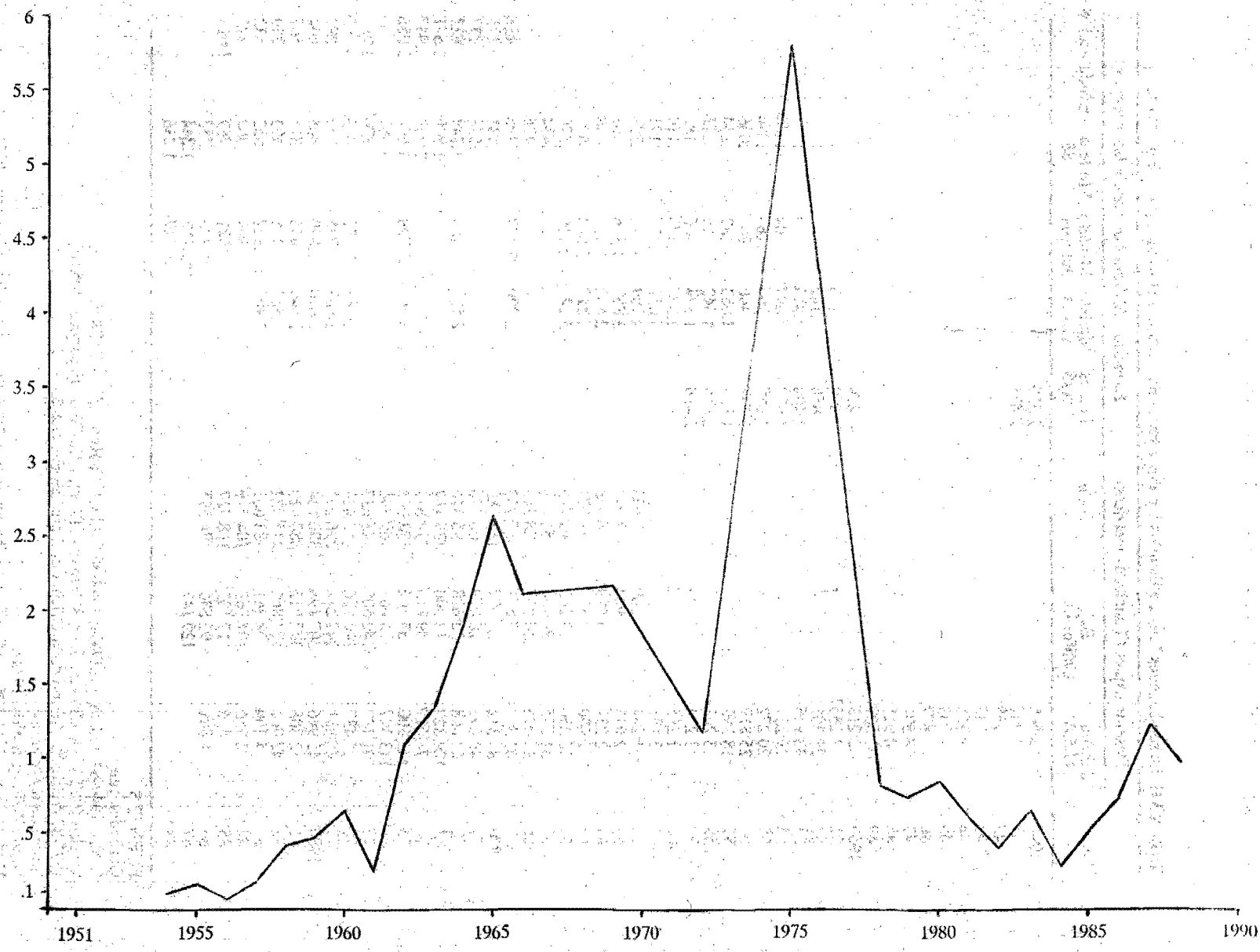


TABLA VII. Desembarques México-Estados Unidos y series de tiempo de estimaciones de biomاسas.

Año	Desembarques (Toneladas métricas)			Biomاسas (Millones de toneladas métricas)				Ecodetección
	California U.S.A	Baja California	Total	Larvas A/S	Modelo larvas	Modelo huevos	Modelo SS	
1940	2 866			2.359				
41	1 862			2.871				
42	768							
43	713							
44	1 765							
45	733							
46	872							
47	8 591							
48	4 915							
49	1 507							
1950	2 213			.279				
51	3 155			.690	.163			
52	25 305			.856	.142			
53	38 935			1.404	.463			
54	19 237			1.937	.697	.104	.064	
55	20 272			1.855	.767	.163	.054	
56	25 819			1.307	.440	.067	.046	
57	18 392			1.869	1.063	.187	.154	
58	5 263			2.875	1.342	.415	.213	
59	3 254			2.418	1.374	.466	.182	
1960	2 295				1.397	.678	.119	
61	3 498				1.051	.275	.171	
62	1 254	669	1 923		2.709	1.112	.358	
63	2 073	944	3 017		3.859	1.376	.563	
64	2 257	4 599	6 856		2.632	1.937	.648	
65	2 600	9 171	11 771		4.227	2.640	.695	
66	28 250	13 243	41 493		3.241	2.116	.576	
67	31 575	20 104	51 679				.434	
68	14 096	14 267	28 363				.416	
69	61 362	3 871	65 233		2.720	2.177	.396	438
1970	87 312	27 977	115 289				.431	275
71	40 691	20 079	60 770				.678	233
72	62 668	32 628	95 316		2.523	1.186	1.244	822
73	120 327	14 840	135 167				1.849	1.671
74	75 017	39 810	114 827				2.033	.947
75	143 800	55 162	198 962		3.269	5.798	1.607	3.086
76	113 327	76 063	189 390				1.087	
77	101 132	142 505	243 637				.870	1.984
78	11 437	140 986	152 423		1.183	.836	.436	.392
79	48 881	247 212	296 093		1.563	.775	.869	.292
1980	42 946	307 198	350 144		1.610	.870	.805	.604
81	52 308	327 712	380 020		2.543	.635	.815	.567
82	42 061	173 861	215 922		1.869	.415	.392	.250
83	4 300	78 761	83 061		1.405	.652	.552	.532
84	2 956	101 763	104 719			.309	.384	.573
85	1 626	117 103	118 729			.521	.767	1.015
86	1 861	92 696	94 557			*.770	.755	
87		129 147				*1.212	1.244	
88						*.949	1.236	

FUENTES:

Desembarques:

U.S.A. 1940-63 de Baxter (1967); 1964-86 CALCOFI Rep. XXVIII (1987).

México 1962-71 de Chávez, Silva & Sunada (1979); 1972-76 de Escudero (1984);

1977-87 Avisos de Arribo de la Oficina de Pesca en Ensenada, B.C.

Biomاسas desovantes:

Larvas A/S, de Smith (1972).

Modelo Larvas 1951-1981 de Stauffer & Charter (1982); 1982-83 de Picquelle & Hewitt (1983).

Modelo Huevos 1954-79 de MacCall (1981); 1980-85 de Methot (1986).

Biomاسas totales:

Modelo SS 1954-86 de Methot (1986); 1987 de Methot & Lo (1987); 1988 de Lo (1988); el asterisco indica que tales biomاسas desovantes también constituyen estimaciones del modelo SS.

Ecodetección 1969-85 de Methot & Lo (1987)

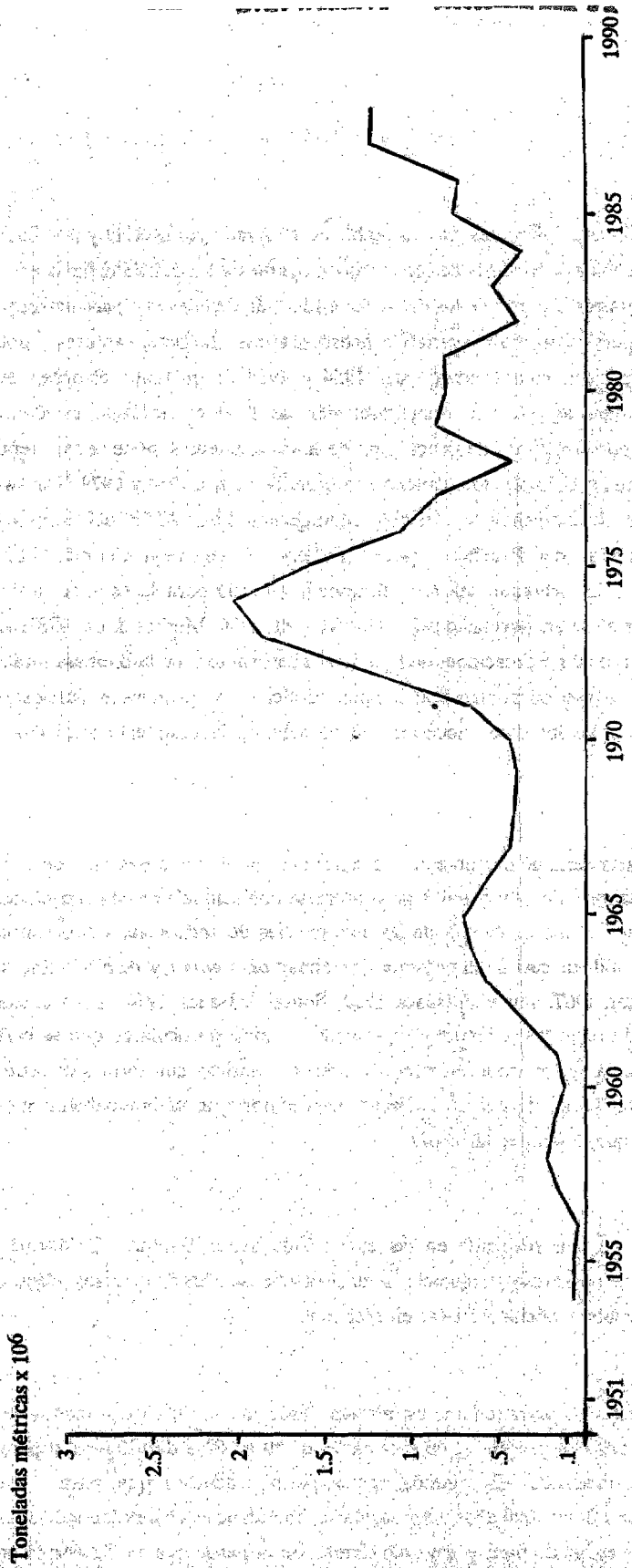


FIGURA 16. Biomosas 1951-1988 por el modelo SS.

Una serie histórica de biomásas más aceptable es la lograda por Methot y por Lo (1986, 1987 y 1988) mediante el Modelo de Síntesis de Stock (Stock Synthesis Model: SSM siglas en inglés). Es también una reinterpretación a partir de los datos de producción de huevos y parámetros poblacionales de los progenitores, pero incorporando variables oceanográficas y bióticas, capturas y poblaciones virtuales, etcétera, del periodo comprendido entre 1954 y 1988. Y en tanto el orden de magnitud de las estimaciones logradas por esta reinterpretación de 1980 en adelante es idéntico a la obtenida directamente por el método de producción de huevos, puede suponerse que representa con mucho mayor fidelidad los ciclos de abundancias comprendidos entre 1954 y 1979. Tan es así que el Plan de Administración de la Anchoqueta (Anchovy Management Plan: AMP) del Consejo de Administración de las Pesquerías del Pacífico (Pacific Fishery Management Council: PFMC) del gobierno norteamericano, ha aceptado sea éste el modelo aplicado para la estimación de la biomasa de la población central de anchoqueta, desde 1986 (Methot, 1986; Methot & Lo, 1987; Lo, 1988). Además, el SS permite obtener estimaciones de la biomasa desovante y de la biomasa total, es decir, incluida la biomasa de la fracción poblacional que aún no alcanza su primera madurez sexual. Por supuesto, se incorporan todos los datos necesarios al modelo, de la pesquería mexicana en aguas de Baja California.

Existe una cuarta serie de mucho mayor alcance pero no de biomásas, sino de abundancias relativas (es decir, indicadores de altas y bajas de la biomasa poblacional pero sin capacidad de medirla). Muy significativa puesto que da cuenta de las abundancias de anchoqueta, sardina monterrey y merluza, durante un periodo de casi 2 mil años más o menos *grosso modo*, y de modo fino durante los últimos 200 años (Soutar, 1967; Soutar & Isaacs, 1969; Soutar & Isaacs, 1974). Esto ha sido posible debido a la existencia de registros sedimentarios submarinos muy particulares que se caracterizan por una topografía y dinámica marina que produce cuencas anóxicas con formas de sedimentación anaeróbica y depositación en capa fina. El factor más importante es indudablemente la inexistencia de fauna béntica, que destruiría las capas.

Estos estudios se han realizado en las cuencas de Santa Bárbara, California, y Soledad, Baja California. Entre otros restos orgánicos, se encuentran escamas de diversos peces, cuya frecuencia de aparición indica abundancias relativas en el tiempo.

Los primeros estudios permiten una estimación desde hace 1850 años, tomados de diez en diez para frecuencias directas de presencias de escamas, y de 50 en 50 ó de 100 en 100 para número de peces por kilómetros cuadrado. La segunda opción permite concluir que, para el caso de la sardina monterrey, hace 1700 y 1000 años, se presentaron abundancias de alrededor de 30 mil peces por km², el doble que lo estimado para el periodo cfmáx de la pesquería en California hasta 1950; para el

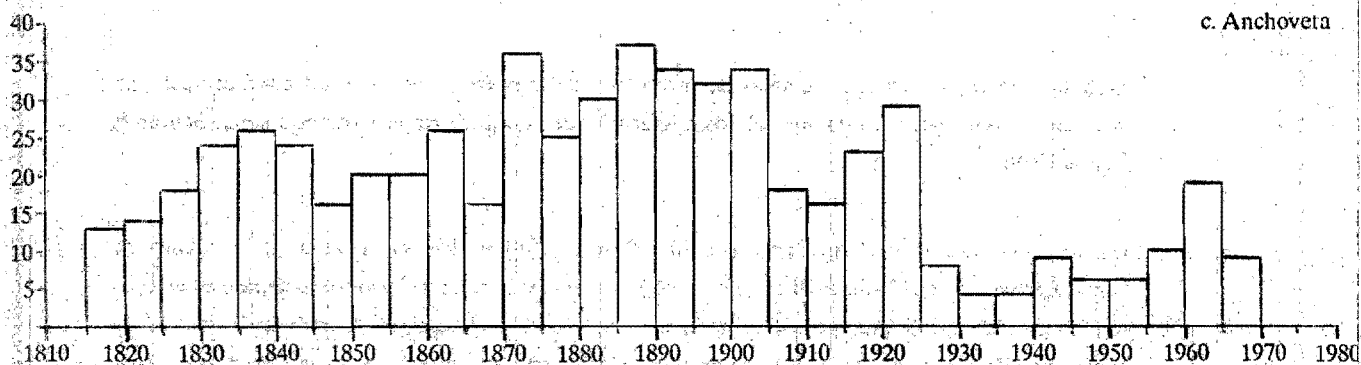
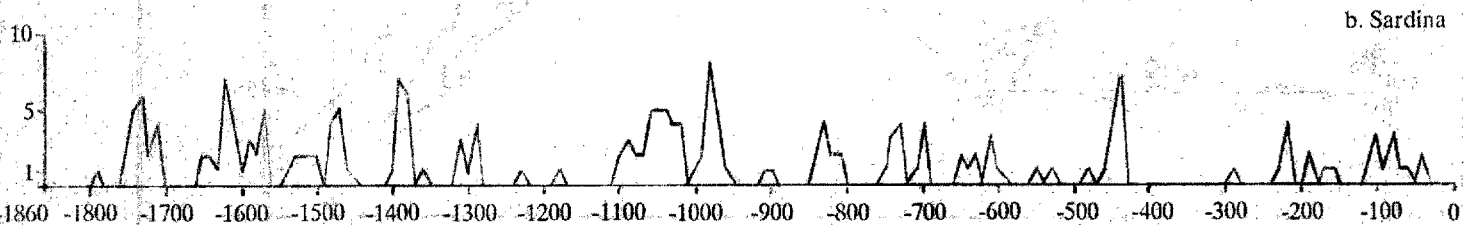
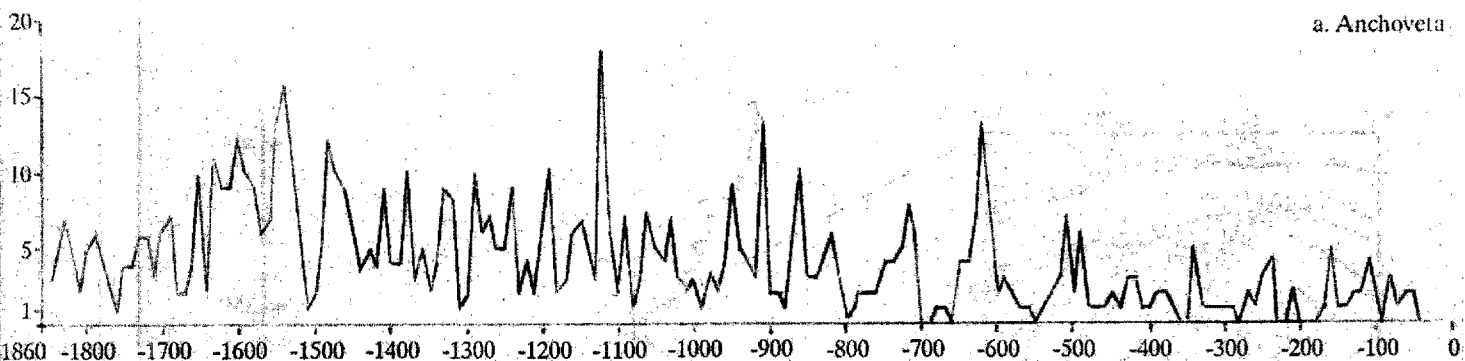


FIGURA 17. Abundancias relativas por escamas: a) *Engraulis mordax*, b) *Sardinops sagax caeruleus* (durante los últimos 1860 años, núcleo 214 según Soutar & Isaacs, 1969), c) *Engraulis mordax* (durante los últimos 160 años, núcleo 239 según Soutar & Isaacs, 1974).

caso de la anchoveta, la abundancia es decreciente desde hace 1500 años con 190 mil peces por km², hasta el nivel reciente de sólo 35 mil (Soutar & Isaacs, 1969). Se sabe que durante el periodo reciente -últimas décadas- el número de anchovetas de 1 año de edad o más ha sido como máximo de 180 mil por km², lo que permite deducir una fracción depositable de alrededor del 20 por ciento.

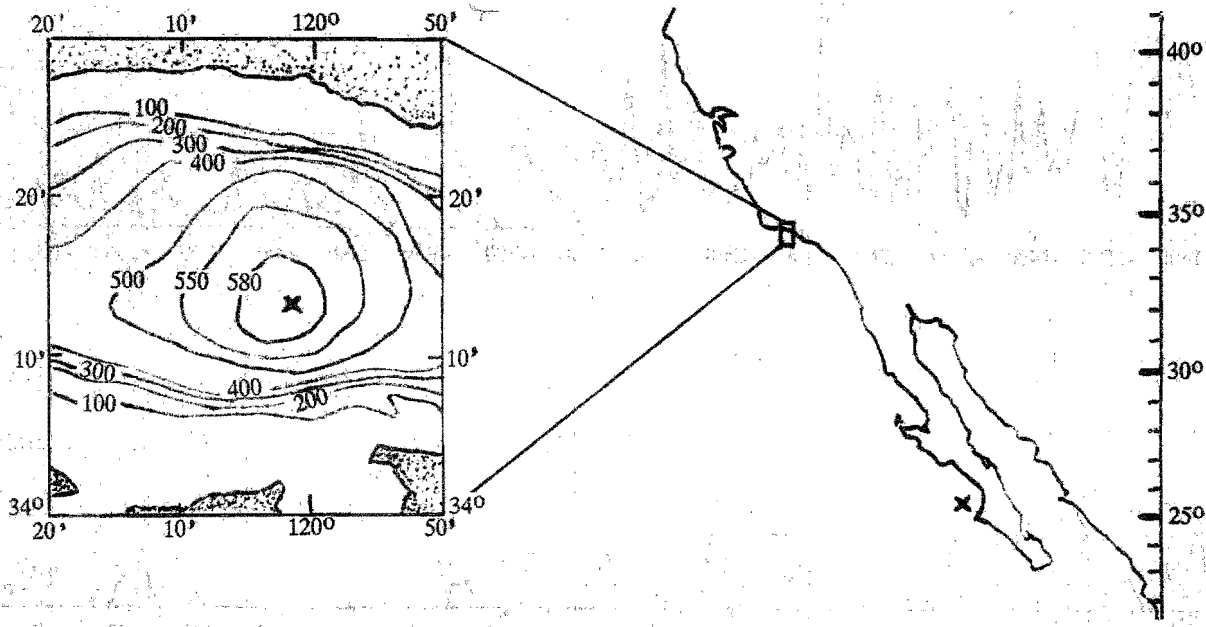


FIGURA 18. Localización geográfica cuencas de Santa Bárbara (ampliada) y Soledad (marcada sólo con x) (de Soutar & Isaacs, 1969).

Para el caso de la merluza, escamas de individuos de más de 1 año de edad prácticamente no aparecen, lo que hace recordar los hábitos migratorios de la especie respecto de esta zona (Soutar & Isaacs, 1969).

Los últimos estudios abarcan los últimos 200 años: de 1810 a 1970 en núcleos de la cuenca de Santa Bárbara, y de 1780 a 1970 en núcleos de la cuenca Soledad. Los ilustrativos para este estudio son los de Santa Bárbara, pues corresponden a una zona habitada por la población central de anchoveta. Resulta muy significativa la gran correlación que se presenta entre las frecuencias lustro a lustro de escamas de anchoveta sedimentadas (Soutar & Isaacs, 1974), y las estimaciones de biomásas, que coinciden en señalar un valor máximo a mediados de los sesentas (Stauffer & Charter, 1982; MacCall, 1982; Methot, 1986).

1.4.2 LAS PESQUERIAS

Una variable fundamental codeterminante de los ciclos de abundancia que presentan las poblaciones silvestres en el tiempo es la mortalidad provocada por el aprovechamiento o explotación que del recurso hace el hombre. En Estados Unidos, existen datos de desembarques de anchoveta al menos desde 1916 (Baxter, 1967). Hasta 1938 se pescaban centenas de toneladas métricas anuales. De 1939

a 1957, crecen sustantivamente las capturas a decenas de miles de toneladas pero siempre un orden de magnitud por debajo de las capturas de sardina monterrey, ubicadas en cientos de miles, excepto a partir justamente de los cincuenta, cuando se inicia la debacle de esta última pesquería y da lugar a una de las más apasionadas controversias en la historia de la administración de pesquerías en el mundo (Radovich, 1982). Con el antecedente del agotamiento del recurso sardinero en el Pacífico nororiental, y las condiciones del mercado pesquero, las capturas de anchoveta decrecen también.

De 1966 a 1982, el incremento en la demanda de harina de pescado en Estados Unidos provoca nuevamente un ascenso en las capturas de anchoveta y se coloca en el orden de decenas de miles de toneladas métricas y, ocasionalmente, en centenas de miles a mediados de los setentas. Después, las condiciones del mercado (abaratamiento de la harina de pescado por la gran oferta procedente de Perú y Ecuador), y el mayor grado de influencia de la pesca deportiva sobre este particular (que presiona porque la anchoveta se mantenga solamente como forraje de las especies de importancia deportiva), constriñen las capturas norteamericanas hasta la fecha (Fish. Rev., CalCOFI, 1987).

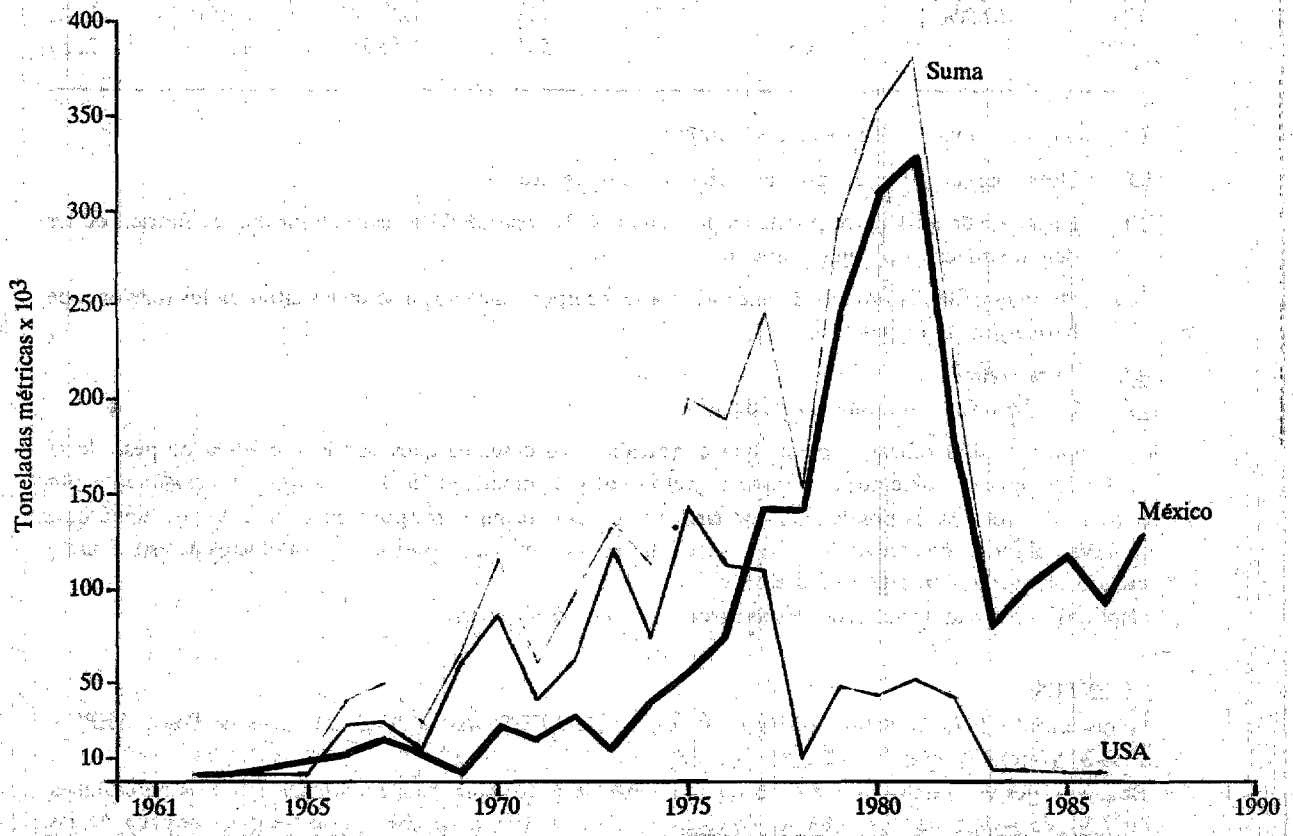


FIGURA 19. Desembarques México y USA 1962-1987.

TABLA VIII. Producción y esfuerzos, pesquería mexicana (1972-1988).

Año	Capturas (Cifra of.)	Acarreo	# Buques	# Viajes	Desembarques	D/V	Ef.
1972	n.d.		26	1,772	32,628	18,413	
1973	13,619		28	834	14,840	17,794	
1974	38,523		27	1,149	39,810	34,648	
1975	55,748		33	1,372	55,162	40,206	
1976	77,640		45	1,412	76,063	53,869	
1977	144,060		47	2,075	142,505	68,677	
1978	180,668		62	2,107	140,986	66,913	
1979	249,728		48	2,467	247,211	100,207	
1980	327,629		42	2,239	307,198	137,203	
1981	367,304	8,286	56	3,364	327,712	97,417	65.84
1982	218,042	8,082	54	2,895	173,861	60,056	40.13
1983	97,917	5,894	37	1,820	78,761	43,275	27.17
1984	126,890	5,688	39	2,229	101,763	45,654	31.30
1985	147,100	5,815	40	1,951	117,103	60,022	41.29
1986	116,900	4,280	27	1,596	92,696	58,080	36.64
1987	162,500 1/	3,567	25	1,732	129,147	74,565	52.26
1988 2/		4,550	33	565	56,550	100,089	72.59

Capturas y desembarques en toneladas métricas.

D/V: Desembarque promedio por viaje, en toneladas métricas.

Ef.: Eficiencia de la flota expresada en porcentaje de la capacidad de acarreo utilizada en función de los desembarques y los viajes realizados.

n.d.: Hasta este año, la producción anchovetera se incorporaba como parte de las cifras en los renglones de harina y aceite de pescado.

1/: Cifra preliminar.

2/: Con base en datos hasta el mes de julio.

Las Capturas (cifra oficial) suponen una corrección a los desembarques debido a pérdida de peso de la anchoveta entre el momento de su captura (peso vivo) y el momento de su descarga, principalmente por pérdida de líquidos corporales. Sin embargo, la persistente no correspondencia entre los desembarques (aplicado el factor correctivo de 1.25) y las cifras oficiales, obliga a considerar para efectos de este estudio exclusivamente las cifras de desembarques.

Capturas, capacidad de acarreo y desembarques en toneladas métricas.

FUENTES:

Cifras oficiales 1973-76 Subsecretaría de Pesca, S.I.C.; 1977-85 Anuarios Estadísticos de Pesca; SEPES; 1986-87 Síntesis Pesquera (1982-1987), SEPES.

Buques, viajes y desembarques 1972-76 de Escudero (1984), con correcciones en el número de embarcaciones; 1977-88 de Avisos de Arribo de la Oficina de Pesca en Ensenada, B.C. Capacidad de acarreo de las embarcaciones del Registro Nacional de Pesca.

TABLA IX. Composición por edades en las capturas de la pesquería mexicana (a)

	Años de edad					
	0	1	2	3	4	5 ó +
1975 (b)	3.25	12.94	24.74	40.97	14.93	3.16
1976 (c)	29.50	12.30	17.30	27.40	12.30	1.20
1977 (c)	11.90	28.60	16.80	23.50	15.70	3.50
1978 (d)	30.18	12.05	51.04	3.06	2.39	1.27
1979	13.09	64.54	15.89	6.05	0.36	0.06
1980	17.15	38.54	39.46	3.92	0.93	0.00
1981 (b)	7.58	52.02	27.67	11.82	0.87	0.04
1982	24.88	25.53	37.05	10.69	1.81	0.03
1983	20.34	70.51	7.62	1.54	0.00	0.00
1984	47.70	40.77	10.52	0.81	0.20	0.00
1985	42.84	27.66	22.01	6.56	0.87	0.07
1986	30.62	56.29	9.01	3.10	0.86	0.13

a En porcentajes.

b Con base en muestreos de los cuatro trimestres del año.

c Con base en muestreos del último trimestre del año.

d A partir de este año, con base en muestreos de los tres últimos trimestres de cada año.

FUENTES: 1975-85 Methot (1986); 1986 Methoth & Lo (1987).

En México, las capturas de la anchoveta aparentemente comienzan desde 1950, si bien los desembarques alcanzan cierta importancia a partir de 1964 (Chávez, Silva & Sunada, 1979). Durante el periodo comprendido entre 1964 y 1976, los desembarques pasan de miles a decenas de miles de toneladas métricas. A partir de 1975, nueve plantas industrializan en Ensenada, B.C., anchoveta para harina y enlatado (*op. cit.*), y el régimen de pesca se eficienta significativamente debido a la incorporación de avionetas para rastrear la ubicación de los cardúmenes. La capacidad instalada para producción de harina se incrementa sustantivamente, estimulada por la demanda de los productores de alimentos balanceados para crianza de animales -particularmente aves y cerdos- luego que la oferta proveniente de Perú cae estrepitosamente a partir de 1972, cuando el fenómeno de sobrecalentamiento "El Niño", combinado con pesca excesiva, conducen a bajísimos niveles la biomasa de la anchoveta peruana *Engraulis ringens*, (Clark, 1977). Desde 1977, los desembarques se mantienen en centenas de miles de toneladas métricas, excepto durante 1983, año "Niño", y 1986.

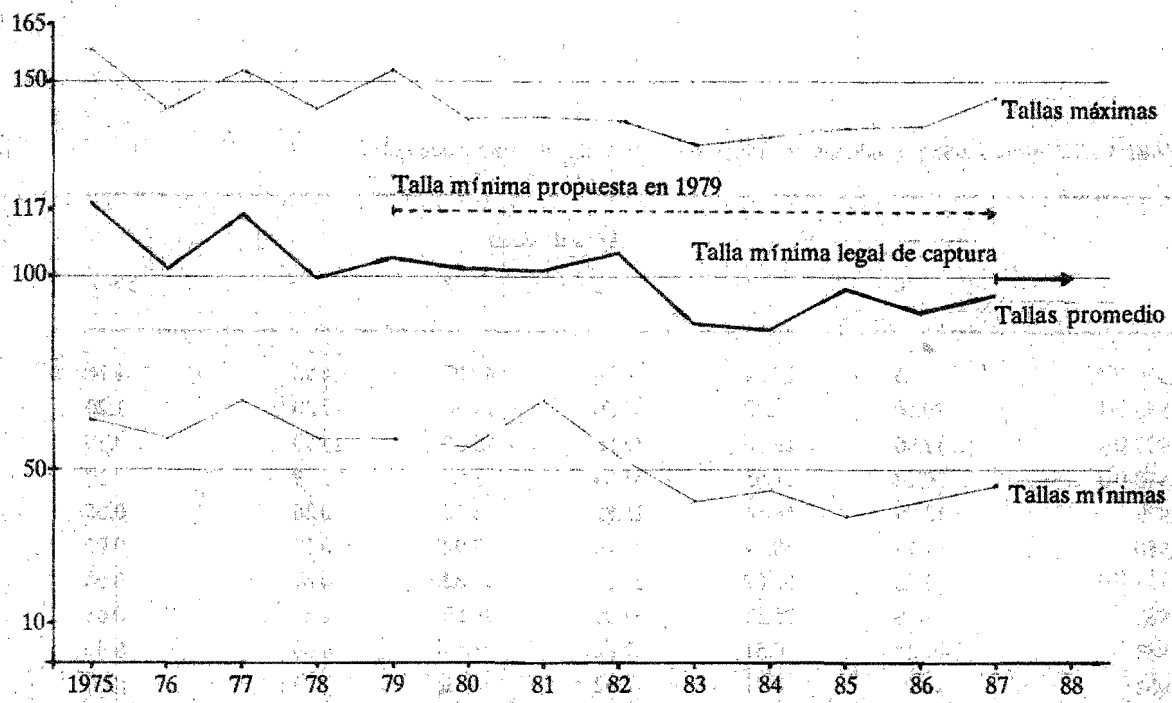


FIGURA 20. Tallas promedio en las capturas 1975-1987.

TABLA X. Tallas promedio en las capturas 1975-1987.

	Tallas en milímetros		
	\bar{x}	Mínima	Máxima
1975	118.9	63	158
1976	101.9	58	143
1977	116.0	68	153
1978	99.7	58	143
1979	104.8	58	153
1980	101.9	56	140
1981	101.7	68	141
1982	106.5	54	140
1983	88.1	42	134
1984	86.7	45	136
1985	97.0	38	138
1986	91.0	42	139
1987	95.9	46	146

\bar{x} = talla promedio anual en las capturas.

FUENTE: 1975-1978: estimadas a partir de datos graficados en Villamar *et al.* (1979); 1979-1984: según García *et al.* (1986), 1985-1986: de Aurora Barrera, CRIP-Eda. (com. pers.); 1987: estimada a partir de frecuencias por intervalo de talla de García *et al.* (1988).

La mortalidad por pesca que experimenta una población (que se traduce en capturas) es proporcional a las magnitudes del esfuerzo de pesca invertido y de la biomasa poblacional. En la pesquería mexicana, los esfuerzos nominales (números de viajes realizados por la flota cerquera), son crecientes hasta 1981. A partir de 1982, año en que se presenta uno de los más fuertes fenómenos "El Niño" del siglo y que se prolonga hasta 1984, decrecen sostenidamente y una aparente tendencia a estabilizarse se manifiesta durante los últimos tres años. Similar comportamiento presenta el número de buques operativos cada temporada, más pronunciado en buques de capacidad de acarreo media que en los pequeños y los grandes (los buques varían entre 27 y 296 toneladas métricas de capacidad de acarreo).

Las mortalidades generadas por pesca llegan a ser peligrosas para la estabilidad del recurso. Obsérvese por ejemplo la relación entre biomasa estimada y desembarques totales para 1984; la tasa de explotación $E = 0.2728$, es decir 27.3 por ciento, con el agravante de que la pesquería mexicana se sostiene crecientemente en individuos de edad cero y edad uno (Mais, 1981; Methot, 1986; Cota *et al.*, 1986; García *et al.*, 1986; Methot & Lo, 1987; García *et al.*, 1988).

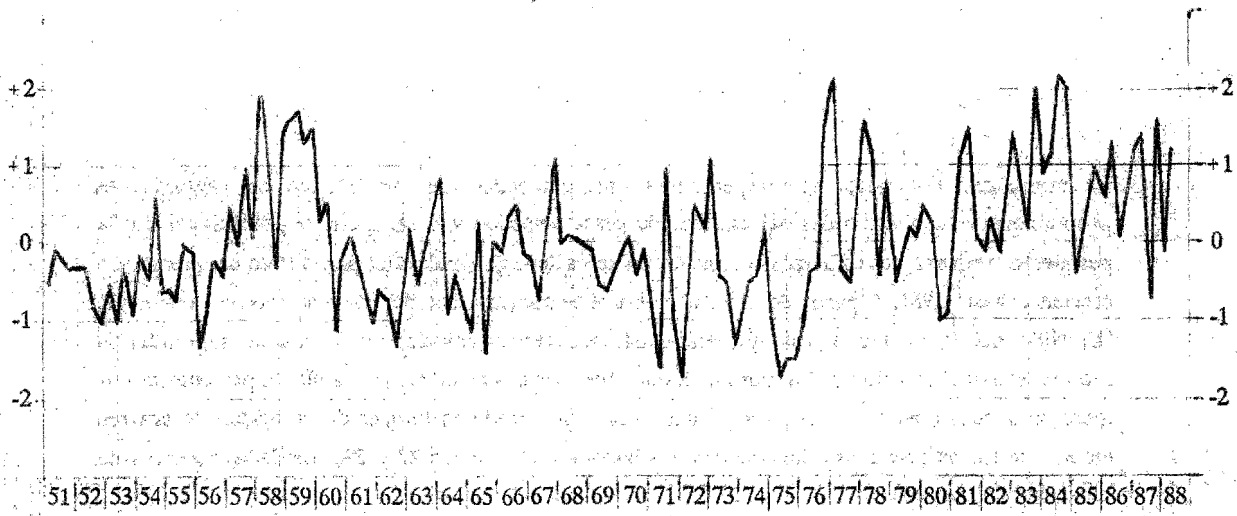
La captura promedio por viaje que obtiene la flota conforme avanza cada temporada de pesca permite a los pescadores ajustar el esfuerzo buscando optimizar la relación costos de operación - producción - beneficios, y ello explica porqué durante las temporadas en que el recurso presenta baja abundancia, los esfuerzos suman menos buques y menos viajes que durante las temporadas de mayor abundancia relativa. Esta captura promedio por viaje (C/V) es pues un indicador de la abundancia del recurso en el área de pesca, es decir de su disponibilidad, lo cual no indica en todos los casos si la magnitud de la biomasa poblacional se encuentra a la alza o a la baja.

1.4.3 LA CONDICION "NINO"

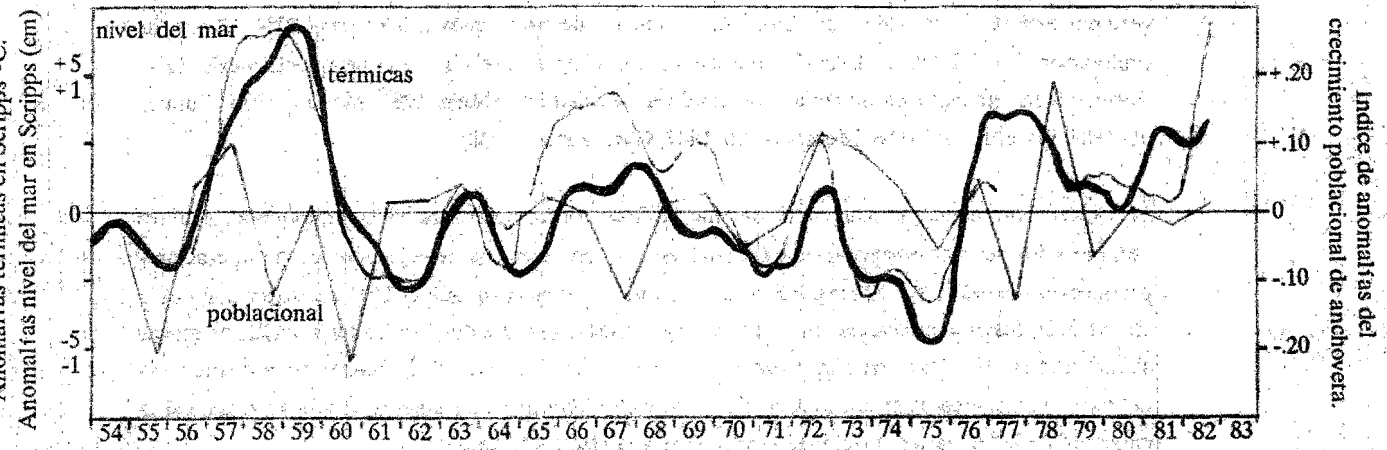
Muchos factores concurren pues en la determinación de las variaciones que una población experimenta en el tiempo. Cada uno de ellos la afecta en grado y profundidad diversos, formando una trama de causalidad compleja, y no estrictamente de manera separada o aislada. Sin embargo, el análisis sólo es posible identificando cada uno de dichos factores estudiándolos por separado. Sobresale indudablemente entre todos ellos, por su dimensión y su alcance, el comportamiento cíclico que presenta el sistema Océano-Atmósfera en la fuerza y/o predominancia de corrientes de masas de aire y de masas de agua superficial, subtropicales o subpolares (Askren & Badan, 1978) y que produce -entre otros- el fenómeno de "El Niño".

El Niño es el sobrecalentamiento de las aguas superficiales y elevación relativa del nivel del mar, que ocasionalmente ocurren frente a las costas de Perú (en el hemisferio sur) y frente a las costas de Baja California y sur de California (en el hemisferio norte). Esto no se debe propiamente al debilitamiento

a) Grados Celcius



b) Centígrados, nivel del mar, índices de biomasa



c) Índices de surgencias

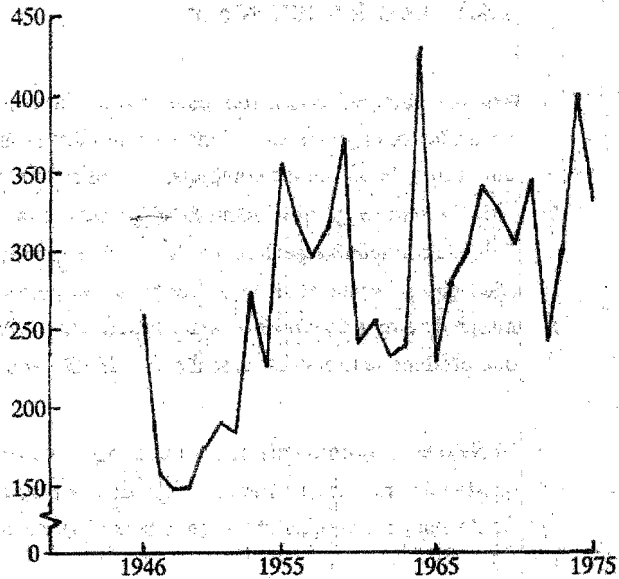


FIGURA 21. a) Anomalías térmicas 1951-1988 (de Lo, 1988); b) Correlación anomalías térmicas-anomalías nivel del mar - anomalías índice del crecimiento poblacional para *Engraulis mordax* 1954-1982 (según Fiedler, 1984); c) Índices de surgencias (de MacCall, 1980).

de las corrientes subpolares, sino más bien a su intensificación cíclica que refuerza las corrientes Norecuatorial y Sudecuatorial (ambas en sentido este-oeste), incrementa la pendiente del nivel del mar y acumula agua en el Pacífico ecuatorial occidental. En cuanto este reforzamiento se relaja, el agua regresa hacia el Este generando entonces la acumulación de agua caliente y la elevación del nivel del mar en el Pacífico nor y sudecuatorial (Wyrski, 1975).

Este fenómeno, de uno o dos años de duración, además de otros efectos en el clima de casi todo el planeta, produce el empobrecimiento biológico del océano Pacífico oriental y afecta todos los niveles tróficos (Inf. Cient. y Tec. 97, X-1984:22-23).

La historia de la pesquería de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* ha permitido observar los grados de influencia que este fenómeno tiene, no sólo sobre ella, sino también sobre multitud de especies que se alimentan de anchoveta, incluidas aves guaneras (Clark, 1977). Ha logrado establecerse cuáles son los cambios oceanográficos regionales y su impacto en el ecosistema planctónico, particularmente en la producción primaria (Guillén & Calienes, 1981); el efecto neto global a este respecto consiste en el empobrecimiento biológico del Pacífico ecuatorial oriental.

Para el caso de la anchoveta norteña, se ha observado que existe una correlación positiva -no obstante débil- entre las anomalías térmicas y del nivel del mar, y el índice de anomalías del crecimiento poblacional. Este índice representa la desviación relativa del reclutamiento y de la supervivencia anuales, respecto de las esperadas, dada una biomasa poblacional. Sin embargo, existen grandes anomalías negativas en el crecimiento poblacional, asociadas con los eventos El Niño en California y Baja California de 1957-59, 1966-68 y 1976-78: en 1958, en 1967 y en 1977; justamente durante el segundo año de cada una de las ocasiones en que se presentan sobrecalentamientos con duración de varios años. Lo anterior ha hecho concluir que los años relativamente calientes son favorables para el crecimiento poblacional, pero si persiste esa condición durante más de un año, es desfavorable (Fiedler, 1984).

TABLA XI, Esfuerzos y desembarques por categoría de buque 1982 - 1987.

Año	C	B	A	f'	D	Año	C	B	A	f'	D
1982	I	1	27			1983	I	1	27		
		1	35					3	50		
		1	44					1	60		
		3	50					1	65		
		1	65					1	70		
		2	70					1	75		
Total	10	536	318		7 329	Total	8	447	179		1 360
1982	II	1	80			1983	II	1	80		
		1	90					3	90		
		1	96					1	96		
		2	100					4	110		
		6	110					4	125		
		1	114								
		9	125								
Total	26	3 115	644		20 492	Total	13	1 386	197		2 892
1982	III	3	160			1983	III	2	160		
		5	210					4	210		
		Total	8	1 530	498				29 429	Total	6
1982	IV	1	270			1983	IV	1	270		
		3	285					3	285		
		Total	6	296					6	296	
Total	10	2 901	1 435		116 611	Total	10	2 901	1 210		67 248
TOTAL	54	8 082	2 895		173 861	TOTAL	37	5 894	1 820		78 761
1984	I	1	25			1985	I	1	27		
		1	27					1	44		
		1	35					2	50		
		2	50					1	55		
		1	60					1	58		
		2	65					1	60		
1	70			1	65						
1	75			1	70						
Total	10	522	320		4 581	Total	10	554	363		3 736
1984	II	1	80			1985	II	1	80		
		2	90					3	90		
		7	110					1	100		
		2	120					6	110		
		3	125					1	120		
		1	150					4	125		
Total	16	1 795	527		14 793	Total	16	1 730	441		19 025
1984	III	2	160			1985	III	3	160		
		2	210					2	210		
		Total	4	740	300				12 960	Total	5
1984	IV	3	285			1985	IV	3	285		
		6	296					6	296		
		Total	9	2 631	1 082				69 429	Total	9
TOTAL	39	5 688	2 229		101 763	TOTAL	40	5 815	1 951		117 103

TABLA XI (Continuación)

Año	C	B	A	f'	D	Año	C	B	A	f'	D			
1986	I	1	27			1987	I	1	27					
		1	30					1	30					
		1	44					1	44					
		2	50					2	50					
		1	55					1	55					
		1	58					1	60					
		1	60					1	65					
		1	65					1	70					
		1	70					1	75					
		1	75											
Total	11		584	476		7 656	Total	10		526	554	8 870		
	II	1	90				II	2	90					
		1	110					2	110					
		1	125					1	125					
Total	3		325	124		4 233	Total	5		525	231	11 245		
	III	2	160				III	2	160					
		2	210					2	210					
Total	4		740	265		14 103	Total	4		740	261	16 650		
	IV	3	285				IV	6	296					
		6	296											
Total	9		2 631	731		66 704	Total	6		1 776	686	92 382		
TOTAL		27		4 280	1 596		92 696	TOTAL		25		3 567	1 732	129 147

Categorías definidas en función de la capacidad de acarreo de las embarcaciones: I hasta 75 toneladas, II de 76 a 150 toneladas, III de 151 a 225 toneladas y IV de 226 a 300 toneladas.

Capacidades de acarreo de las embarcaciones y desembarques en toneladas métricas.

C: Categoría de embarcación.

B: Número de buques operativos.

A: Capacidad de acarreo de las embarcaciones

f': Esfuerzo nominal, número de viajes de pesca realizados por las embarcaciones; viajes de un día.

D: Desembarques.

FUENTE: Avisos de Arribo de las embarcaciones en las Oficinas de Pesca en Ensenada. Capacidades de acarreo de las embarcaciones según Registro Nacional de Pesca.

2 Objetivos

En lo general, el presente trabajo pretende: I- Contribuir al conocimiento sobre este recurso natural renovable, patrimonio no solamente de los mexicanos sino de la humanidad; II- Mostrar la tremenda importancia ecológica que este animal tiene en virtud de la posición que ocupa en la biocenosis marina de la Corriente de California, concebida ésta como sistema a través de la cual fluyen materia y energía; III- Mostrar, aunque parcialmente, su gran importancia económica.

En lo particular, se pretende: 1. Elaborar una descripción general de la biología de la especie, que sea de utilidad para los diversos usuarios de información científica; 2. Exponer algunos métodos de uso general en estudios de ecología demográfica y biología pesquera; 3. Establecer el orden de magnitud de la biomasa poblacional de *Engraulis mordax*; 4. Describir y explicar el estado actual de la población central de la anchoveta norteña; 5. Describir y explicar la situación actual de la pesquería; 6. Explicar el significado y el alcance de las normas regulatorias vigentes.

Específicamente: Establecer la capacidad anual de renovación de la biomasa poblacional, así como los requerimientos y las acciones necesarios para que las normas regulatorias constituyan efectivos instrumentos para el mantenimiento a futuro de la pesquería.

3 Métodos

3.1 CRECIMIENTO POBLACIONAL

3.1.1 EL MODELO

Para describir el comportamiento de la biomasa de la población en el tiempo, durante el periodo reciente -últimas cuatro décadas- se utiliza el modelo logístico propuesto originalmente por Verhulst (1838), redescubierto por Pearl y Reed (1920), y utilizado ampliamente por Lotka (1925) y Volterra (1926) (Odum, 1972: 202 y ss.; Margalef, 1977: 452, 597 y ss.). Se ha seleccionado este modelo en virtud de ser uno de los más conocidos, y porque permite obtener estimaciones de la capacidad de renovación de biomasa de una población. Recientemente, MacCall (1980) lo aplica asimismo a la población central de anchoveta, pero exclusivamente con la serie histórica de biomásas obtenidas por el método de larvas.

El modelo parte de la convicción de que la tasa de cambio de la biomasa de una población, puede expresarse globalmente como función de la biomasa preexistente, en virtud de que ésta está determinada tanto por el binomio germoplasma-fenotipo de la especie como por las condiciones limitantes que le impone el ecosistema, es decir:

$$\frac{dB}{dt} = RB_t \quad (1)$$

y

$$R = r \frac{(L - B_t)}{L} \quad (2)$$

donde B_t es la biomasa de la población en el tiempo, y R es la tasa de renovación de biomasa poblacional definida como función de B_t , de L biomasa máxima que puede alcanzar la población, y de r tasa máxima posible de renovación, o "tasa ideal máxima" (Margalef, *op. cit.*: 599).

Obsérvese que el cociente es una fracción que tiende a 1 cuando B_t tiende a cero, y tiende a cero cuando B_t tiende a su límite L . Es decir, $0 < R < r$, su límite.

Entonces,
$$\frac{dB}{dt} = rB_t \frac{(L - B_t)}{L} \quad (3)$$

$$= rB_t \left(1 - \frac{B_t}{L} \right)$$

$$= rB_t - \frac{r}{L} B_t^2$$

$$= \alpha L B_t - \alpha B_t^2 \quad (4)$$

ecuación de una parábola, siendo

$$\alpha = \frac{r}{L}$$

Para resolver la ecuación diferencial, sea

$$y = -\frac{1}{B_t} \quad (5)$$

de donde

$$\frac{dy}{dB} = \frac{1}{B_t^2}$$

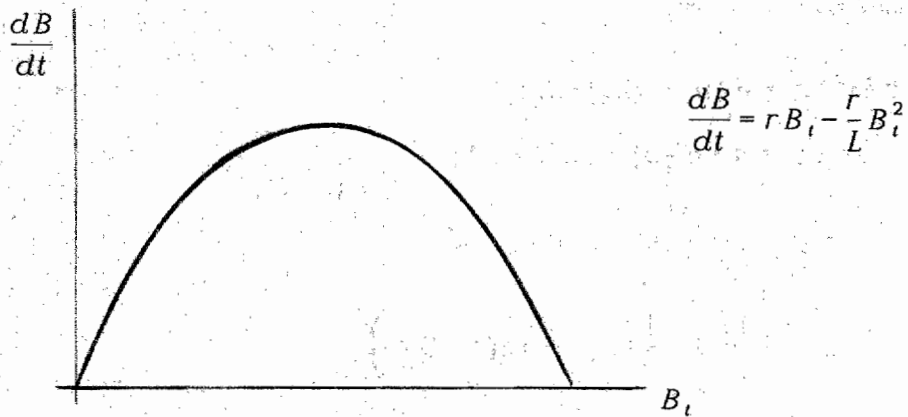


FIGURA 22. Tasa de cambio en biomasa poblacional (ecuación 4).

por la regla de la cadena:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dB} \frac{dB}{dt} \quad (6)$$

$$= \frac{1}{B_t^2} (aLB_t - aB_t^2)$$

$$= \frac{aL}{B_t} - a$$

$$= -aLy - a \quad (6)$$

integrando la ecuación 6:

$$\int \frac{dy}{(-aLy - a)} = \int dt$$

$$\Leftrightarrow \frac{\ln(-aLy - a)}{(-aL)} = t + C \quad (7)$$

$$\Rightarrow \ln(-aLy - a) = -aL(t + C)$$

aplicando función exponencial:

$$\begin{aligned} -aLy - a &= \exp[-aL(t+C)] \\ -aLy &= a + \exp[-aL(t+C)] \\ -y &= \frac{1}{L} + \frac{1}{aL} \exp[-aL(t+C)] \\ -y &= \frac{1}{L} \left(1 + \frac{1}{a} \exp[-aL(t+C)] \right) \end{aligned} \quad (8)$$

la ecuación 8 por definición de la ecuación 5 pasa a ser:

$$\frac{1}{B_t} = \frac{1 + \left(\frac{1}{a}\right) \exp[-aL(t+C)]}{L}$$

o bien:

$$B_t = \frac{L}{1 + \left(\frac{1}{a}\right) \exp[-aL(t+C)]} \quad (9)$$

Para calcular la constante de integración C , sea $t = g$, cuando

$$B_g = \frac{1}{2}L = \frac{L}{1 + \left(\frac{1}{a}\right) \exp[-aL(g+C)]} \quad (10)$$

lo que es equivalente a:

$$\begin{aligned} 2 &= 1 + \left(\frac{1}{a}\right) \exp[-aL(g+C)] \\ 1 &= \left(\frac{1}{a}\right) \exp[-aLg] \exp[-aLC] \\ \exp[aLg] &= \left(\frac{1}{a}\right) \exp[-aLC] \end{aligned} \quad (11)$$

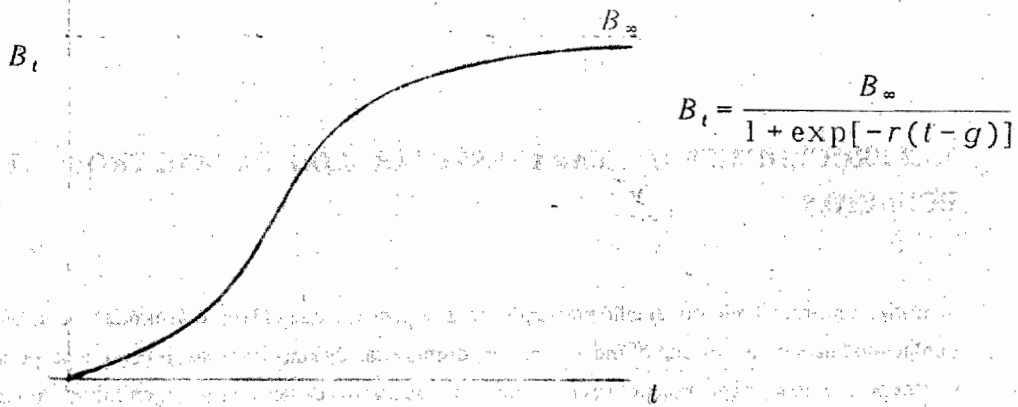


FIGURA 23. Modelo logístico de crecimiento poblacional.

sustituyendo en 9:

$$\begin{aligned}
 B_t &= \frac{L}{1 + \left(\frac{1}{a}\right) \exp[-aL(t+C)]} \\
 &= \frac{L}{1 + \left(\frac{1}{a}\right) \exp[-aLC] \exp[-aLt]} \\
 &= \frac{L}{1 + \exp[aLg] \exp[-aLt]}
 \end{aligned}$$

es decir,

$$B_t = \frac{L}{1 + \exp[-aL(t-g)]} \quad (12)$$

y cuando $t \rightarrow \infty, B_t \rightarrow L = B_\infty$

por lo que, finalmente, sustituyendo en 12:

$$B_t = \frac{B_\infty}{1 + \exp[-aB_\infty(t-g)]} = \frac{B_\infty}{1 + \exp[-r(t-g)]} \quad (13)$$

expresión logística del crecimiento poblacional, en la que por definición, B_∞ es el límite máximo asintótico de la biomasa poblacional y g el tiempo en el que la tasa de cambio: dB/dt alcanza su valor máximo que correspondea un valor de biomasa igual a $B_\infty / 2$. Puede decirse entonces, que g es el "centro de gravedad" de la biomasa poblacional expresado en términos temporales, y B_g expresado en términos de biomasa.

3.1.2 PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE LA ECUACION

Se utiliza un procedimiento sencillo partiendo de la suposición que el límite asintótico de la biomasa poblacional ha sido alcanzado al menos una vez durante las últimas décadas, luego que la población se recuperara de la secuela de pobres reclutamientos sucesivos durante la segunda mitad de los años cuarenta para reexpandirse a partir de los años cincuenta (MacCall, 1980). Es decir, se adopta como valor de B_{∞} el máximo que ofrece cada una de las tres series de datos presentados en el capítulo de antecedentes y generalidades.

Para estimar los parámetros g y r , se parte del inverso de la ecuación 13:

$$\frac{1}{B_t} = \frac{1 + \exp[-r(t-g)]}{B_{\infty}}$$

$$\Rightarrow \frac{B_{\infty}}{B_t} - 1 = \exp[-r(t-g)]$$

$$\Rightarrow \ln\left(\frac{B_{\infty}}{B_t} - 1\right) = -rt + rg \quad (14)$$

ecuación de una recta de la forma $y = mx + b$ cuyos parámetros m y b pueden computarse mediante regresión lineal;

donde:

$$y = \ln\left(\frac{B_{\infty}}{B_t} - 1\right)$$

$$x = t$$

intercepto $b = rg$ (15)

pendiente $m = -r$ (16)

y a partir de las ecuaciones 15 y 16:

$$g = \frac{b}{-m} \quad (17)$$

Es necesario aclarar que para realizar las regresiones, los datos se acomodan de valores menores a mayores, y exclusivamente los que anteceden al valor considerado como B_{∞} para cada serie. Esto es no sólo debido a las limitaciones de la solución por regresión, sino al hecho de que hasta ese año

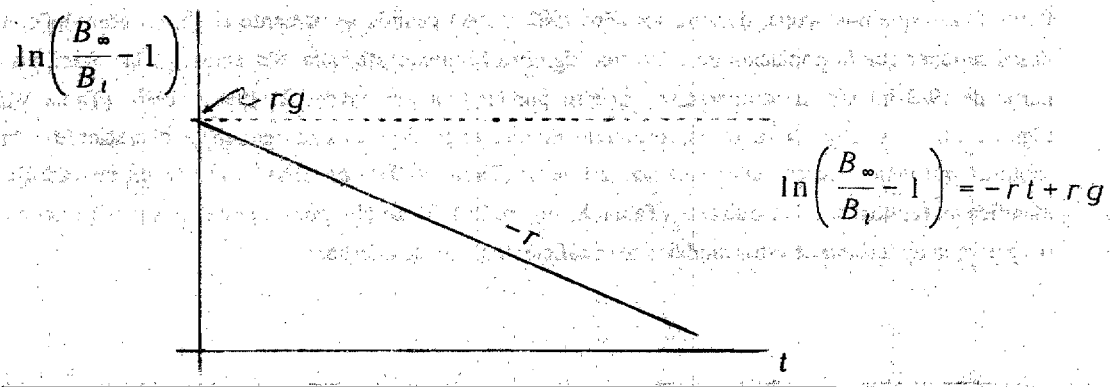


FIGURA 24. Gráfica de la regresión lineal para estimar los parámetros del modelo logístico (ecuación 14).

-en el que se alcanza el valor máximo- la población se mantiene bajo un régimen de explotación moderado, por lo que puede suponerse que las oscilaciones en las magnitudes de la biomasa poblacional no están significativamente influidas por la mortalidad por pesca. Esta situación se modifica sobretudo a partir de 1976, y tal consideración es indispensable para obtener buenas estimaciones de la tasa de renovación de biomasa r , así como de g .

3.2 PRODUCCION EXCEDENTE

Estos modelos (Schaefer, 1954 y 1957; Fox, 1970) no consideran separadamente los procesos -o componentes- de supervivencia, crecimiento individual y reproducción, que experimentan las poblaciones sujetas a regímenes de extracción pesquera, sino su resultante global en términos de biomasa. Su objeto es lograr estimaciones de biomasa disponible, con base exclusivamente en datos de capturas y de esfuerzos de pesca. Lo anterior constituye una simplificación que involucra las siguientes suposiciones: 1º la población que se estudia es una unidad discreta no afectada por migraciones; 2º la estructura de la población es relativamente estable; 3º el comportamiento poblacional no es significativamente afectado por variaciones ambientales; y 4º durante cada temporada de pesca no se extrae más de lo que la población es capaz de regenerar, a partir de entonces y hasta el inicio de la siguiente temporada de pesca (es decir, solamente se extrae el "excedente") (Ricker, 1975, Ehrhardt, 1981).

Es obvio que el cumplimiento estricto de tales suposiciones rara vez se cumple en la realidad. Sin embargo, si las variaciones que se presentan no son significativas durante el periodo que comprende el estudio, estos modelos permiten obtener indicadores provechosos para la administración y regulación pesqueras.

Para el caso que nos ocupa, durante los años 1982 a 1984 cuando se presentó el último gran Niño, es difícil suponer que la población no haya sido significativamente afectada. Sin embargo, las biomásas a partir de 1983 inician su recuperación -excepto por las relativas caídas de 1984 y 1986- (Tabla VII, Figuras 14, 15 y 16), en tanto los esfuerzos nominales mantienen una tendencia decreciente y las capturas por viaje nominal una tendencia creciente (Tabla VIII). Las tallas promedio en las capturas manifiestan tendencia a estabilizarse (Tabla X, Figura 20). Todo ello permite que las suposiciones básicas para la aplicación de estos modelos sean suficientemente satisfechas.

3.2.1 EL MODELO DE SCHAEFER

Este modelo considera que el crecimiento poblacional sigue una tendencia logística, tal como lo expresa la ecuación 13. Si existe extracción pesquera, el rendimiento obtenido es resultado de la mortalidad por pesca que experimenta la población, es decir:

$$Y_E = F\bar{B} \quad (18)$$

donde Y_E es el rendimiento en equilibrio, F la mortalidad por pesca, y \bar{B} la biomasa poblacional promedio, durante una temporada de pesca.

La ecuación 4 puede expresarse no como cambio instantáneo sino como variación durante un periodo finito:

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \alpha \bar{B} (B_\infty - \bar{B}) \quad (19)$$

considerando un periodo unitario de tiempo (una temporada de pesca), $\Delta t = 1$

$$\Delta B = \alpha \bar{B} (B_\infty - \bar{B}) \quad (20)$$

recordando el 4º supuesto, idealmente $\Delta B = Y_E$ por lo que a partir de las ecuaciones 18 y 20:

$$\Rightarrow F\bar{B} = \alpha \bar{B} (B_\infty - \bar{B})$$

$$\Leftrightarrow F = \alpha (B_\infty - \bar{B})$$

$$\Leftrightarrow \bar{B} = B_\infty - \frac{F}{\alpha} \quad (21)$$

sustituyendo la ecuación 21 en la ecuación 18:

$$Y_E = F \left(B_\infty - \frac{F}{a} \right) \quad (22)$$

En este punto, debe considerarse que la mortalidad por pesca F es directamente proporcional al esfuerzo de pesca f , aplicado sobre la población; la constante de proporcionalidad q es el coeficiente de capturabilidad o fracción de la población que es extraída por cada unidad de esfuerzo efectivo aplicado. Es decir:

$$F = qf \quad (23)$$

Consiguientemente, de las ecuaciones 18 y 23:

$$\frac{Y_E}{f} = q\bar{B} \quad (24)$$

que es el rendimiento obtenido por cada unidad de esfuerzo, o captura por unidad de esfuerzo ($CPUE$ o simplemente U), y que como lo expresa la ecuación 24, constituye un indicador de la abundancia relativa del recurso, es decir:

$$\begin{aligned} \bar{B} &= \frac{Y_E}{f} q^{-1} \\ &= \frac{U}{q} \end{aligned} \quad (25)$$

Sustituyendo en las ecuaciones 23, 24 y 25 en la 22:

$$Y_E = qf \left(\frac{U_\infty}{q} - \frac{qf}{a} \right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{Y_E}{f} = q \left(\frac{U_\infty}{q} - \frac{qf}{a} \right)$$

$$\Leftrightarrow U = U_\infty - \frac{q^2}{a} f$$

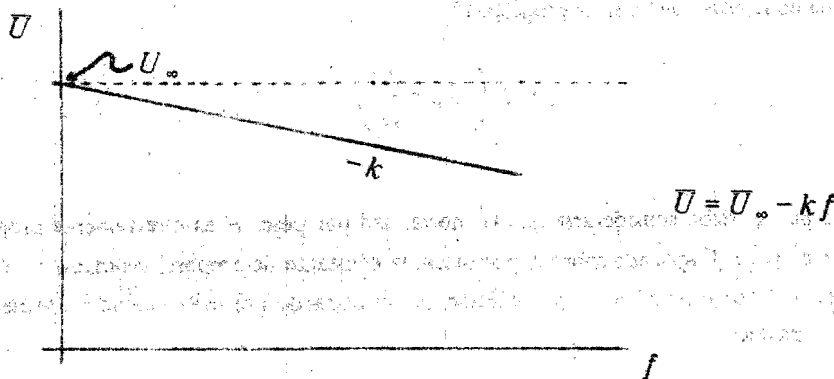


FIGURA 25. Gráfica del modelo de Shaefer (ecuación 26).

denominando

$$k = \frac{q^2}{a}$$

⇒

$$\bar{U} = U_{\infty} - kf \quad (26)$$

que es la ecuación de una recta de la forma $y = mx + b$, donde:

$$y = \bar{U}$$

$$x = f$$

$$m = -k$$

$$b = U_{\infty}$$

por lo que los parámetros U_{∞} y k pueden estimarse directamente por regresión lineal. La ecuación 26 también puede escribirse:

$$\frac{Y_E}{f} = U_{\infty} - kf$$

⇒

$$Y_E = U_{\infty} f - kf^2 \quad (27)$$

función parabólica a partir de la cual pueden obtenerse rendimiento máximo Y_M y su correspondiente cantidad de esfuerzo que es el óptimo f_{op} .

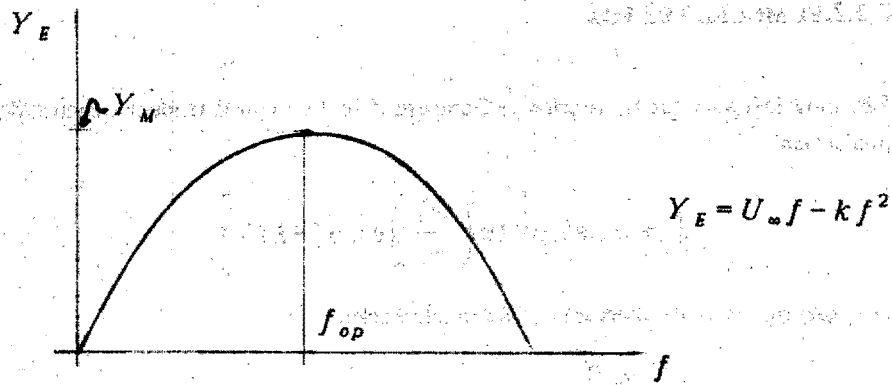


FIGURA 26. Gráfica del modelo de Schaefer (ecuación 27).

Como puede observarse en la Figura 26, f_{op} corresponde al valor de la función donde la derivada es cero:

$$\frac{dY_E}{df} = U_\infty - 2kf = 0$$

\Leftrightarrow

$$2kf = U_\infty$$

\Rightarrow

$$f_{op} = \frac{U_\infty}{2k}$$

(28)

y por lo tanto, sustituyendo la ecuación 28 en la 27:

$$Y_M = U_\infty \left(\frac{U_\infty}{2k} \right) - k \left(\frac{U_\infty}{2k} \right)^2$$

\Rightarrow

$$= \frac{U_\infty^2}{2k} - \frac{U_\infty^2}{4k}$$

\Rightarrow

$$Y_M = \frac{U_\infty^2}{4k}$$

(29)

3.2.2 EL MODELO DE FOX

Este modelo supone que la ecuación de Gompertz describe mejor la tendencia central del crecimiento poblacional:

$$B_t = B_\infty \exp \left[\ln \left(\frac{B_0}{B_\infty} \right) \exp(-kt) \right] \quad (30)$$

expresión resultante de integrar la ecuación diferencial:

$$\frac{dB}{dt} = \alpha B_t (\ln B_\infty - \ln B_t) \quad (31)$$

expresión similar a la ecuación 3, pero no parabólica sino logarítmica.

Expresando incrementos finitos:

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \alpha \bar{B} (\ln B_\infty - \ln \bar{B}) \quad (32)$$

y considerando periodo unitario de tiempo, $\Delta t = 1$

$$\Rightarrow \Delta B = \alpha \bar{B} (\ln B_\infty - \ln \bar{B}) \quad (33)$$

Teniendo presente el 4º supuesto de estos modelos, idealmente $\Delta B = Y_E$, por lo que a partir de las ecuaciones 18 y 33:

$$F \bar{B} = \alpha \bar{B} (\ln B_\infty - \ln \bar{B})$$

$$\Rightarrow F = \alpha (\ln B_\infty - \ln \bar{B})$$

$$\Rightarrow \frac{F}{\alpha} = \ln \left(\frac{B_\infty}{\bar{B}} \right)$$

$$\Rightarrow \exp \left[\frac{F}{\alpha} \right] = \frac{B_\infty}{\bar{B}}$$

$$\Rightarrow \bar{B} = B_\infty \exp \left[-\frac{F}{\alpha} \right] \quad (34)$$

por lo que la ecuación 18 puede expresarse:

$$Y_E = F B_{\infty} \exp\left[-\frac{F}{a}\right] \quad (35)$$

y de acuerdo a las ecuaciones 23, 24 y 25, la ecuación 35 puede también expresarse:

$$Y_E = q f B_{\infty} \exp\left[-\frac{q f}{a}\right]$$

$$= f U_{\infty} \exp\left[-\frac{q f}{a}\right]$$

$$\Rightarrow U = U_{\infty} \exp\left[-\frac{q}{a} f\right]$$

denominando

$$k = \frac{q}{a}$$

\Rightarrow

$$U = U_{\infty} \exp[-k f] \quad (36)$$

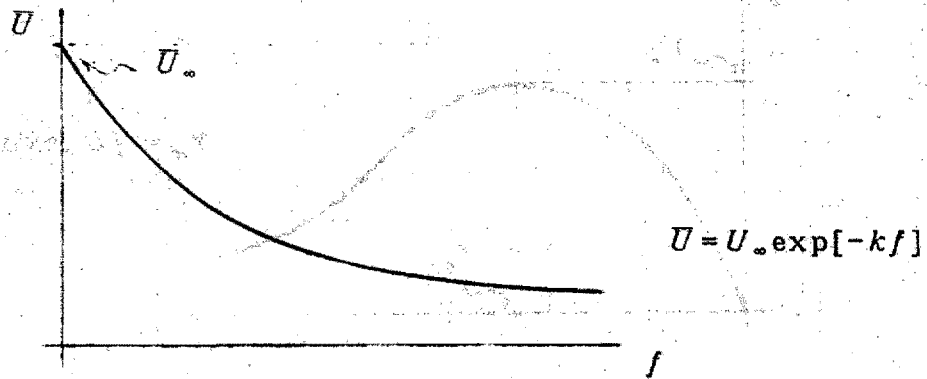


FIGURA 27. Gráfica del modelo de Fox (ecuación 36).

Y por consiguiente:

$$Y_E = f U_{\infty} \exp[-k f] \quad (37)$$

donde nuevamente, Y_M corresponde al valor de la función donde la derivada es igual a cero:

$$\frac{dY_E}{df} = f U_{\infty} \exp[-k f](-k) + U_{\infty} \exp[-k f] = 0$$

$$\Leftrightarrow k f U_{\infty} \exp[-k f] = U_{\infty} \exp[-k f]$$

$$\Rightarrow f_{op} = \frac{1}{k} \quad (38)$$

valor de esfuerzo que genera el rendimiento máximo, es decir, sustituyendo 38 en 37:

$$Y_M = \frac{1}{k} U_{\infty} \exp[-1]$$

$$Y_M = \frac{U_{\infty}}{k e}$$

$$\Leftrightarrow \quad (39)$$

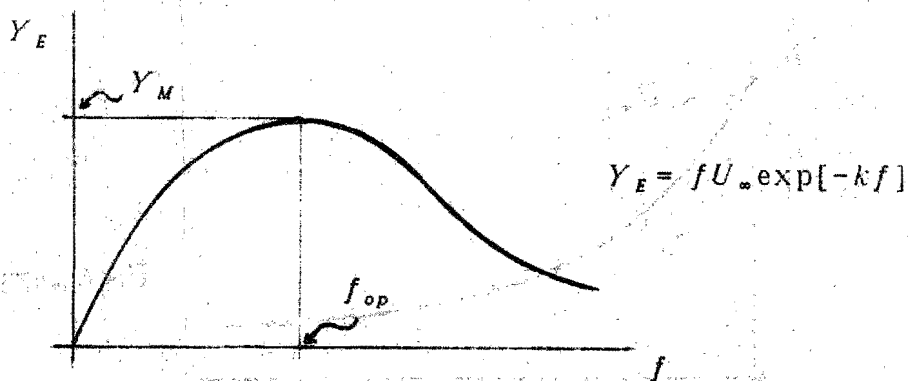


FIGURA 28. Gráfica del modelo de Fox (ecuación 37).

Para estimar los parámetros de la ecuación, es necesario linearizar la ecuación 36 aplicando logaritmo natural:

$$\ln \bar{U} = \ln U_{\infty} - kf \quad (40)$$

ecuación de una recta de la forma $y = mx + b$ donde:

$$y = \ln \bar{U}$$

$$x = f$$

$$m = -k$$

$$b = \ln U_{\infty}$$

$$U_{\infty} = \exp[b]$$

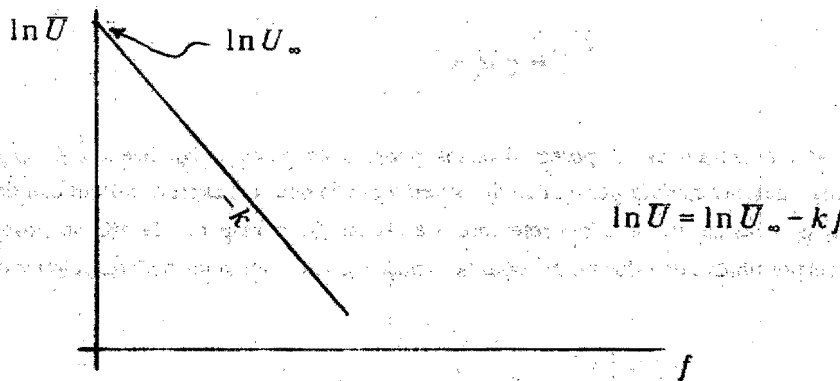


FIGURA 29. Solución del modelo de Fox para estimación de parámetros (ecuación 40).

3.2.3 ESTANDARIZACION DEL ESFUERZO

La zona de caladero de la pesquería se extiende desde Islas Coronado (latitud 32.5N, longitud 117.5W), frente al poblado de Rosarito, hasta Punta Baja (latitud 30N, longitud 116W), 60km al sur del poblado de San Quintín, B.C. (Figura 1). La flota opera en toda la zona costera y preferentemente en los alrededores del puerto de Ensenada, más allá de la Bahía de Todos Santos, por lo que el viaje de pesca tiene una duración máxima de un día (sólo excepcionalmente poco más) y constituye una medida de **unidad de esfuerzo** adecuada para el estudio de la pesquería.

Pero un viaje de pesca de un buque grande genera una mortalidad mayor que un viaje de pesca de un buque pequeño. Es decir, el poder de pesca varía de una embarcación a otra, así como de un arte de pesca o otro. Para el caso de los cerqueros sardino-anchoveteros que constituyen la flota de la pesquería, la variable que influye decisivamente en la determinación del poder de pesca es la capacidad de acarreo de la embarcación (Parrish & Keir, 1959; Díaz de León, 1983).

La capacidad de acarreo de las embarcaciones varía de 27 a 296 toneladas métricas. Se han adoptado cuatro intervalos de clase: I hasta 75, II de 76 a 150, III de 151 a 225 y IV de 226 a 300 toneladas métricas de capacidad de acarreo.

Sin embargo, el poder absoluto de pesca constituye un problema difícil de resolver, asociado al coeficiente de capturabilidad q de la ecuación 23 (Beverton & Parrish, 1956). Sustituyendo en la ecuación 18, se establece que la captura por unidad de esfuerzo constituye un índice de la abundancia del recurso (Gulland, 1956):

$$\frac{Y_E}{f} = q \bar{B} = U \quad (41)$$

Diversas embarcaciones, al poseer diversos poderes de pesca o coeficientes de capturabilidad, obtienen diferente captura por unidad de esfuerzo. Por lo que si la captura por unidad de esfuerzo de alguna de ellas se utiliza como referente o estándar U_s y respecto de ella se proporcionan las capturas por unidad de esfuerzo de todas las demás U_i , se obtienen los poderes relativos de pesca:

$$\left(\frac{Y_E}{f}\right)_i = \frac{U_i}{U_s} = \frac{q_i}{q_s} = \rho_i \quad (42)$$

igualdad en la cual las biomazas promedio \bar{B} se anulan y el cociente de capturas por unidad de esfuerzo involucra implícitamente poderes absolutos de pesca y mantiene su proporción.

El poder relativo de pesca permite esquivar la estimación de q , utilizando exclusivamente capturas por unidad de esfuerzo; pero por consiguiente, el esfuerzo de las diversas embarcaciones se estandariza respecto de aquella utilizada como referente. Es decir, una vez obtenidos los poderes relativos para cada clase de embarcaciones, dichos valores se aplican a sus correspondientes esfuerzos, de tal modo que sea posible obtener el esfuerzo total efectivo, estandarizado o normalizado, diferente del nominal (Tablas VIII, XI y XV).

El esfuerzo estandarizado f , sí es directamente proporcional a la mortalidad por pesca F , como lo establece la ecuación 23 y se aplica en la 41. Lo anterior no se cumple con esfuerzos nominales f' a menos que existan un sólo tipo de embarcación y arte de pesca.

Se adoptan las capturas por unidad de esfuerzo de la categoría II de embarcaciones como referente o estándar, pues ha sido la clase con mayor número de buques operativos -excepto durante 1986 y 1987-, cuyas dimensiones son las más adecuadas para la pesquería, y además, ha sido ya utilizada por otros investigadores mexicanos como clase o categoría estándar (Villamar *et al.*, 1979; Escudero, 1984), de tal modo que las comparaciones son posibles directamente.

Así

$$\frac{\bar{U}_{it}}{\bar{U}_{st}} = \rho_{it} \quad (43)$$

donde i indica cada categoría o clase de embarcaciones según su capacidad de acarreo y t indica el año o temporada de pesca correspondiente; ρ_{it} es el poder relativo de pesca para cada categoría cada año, aplicado a los datos del periodo 1982-1987.

4 Resultados

4.1 AJUSTES LOGISTICOS A LAS SERIES DE TIEMPO DE BIOMASAS

Para cada una de las tres series de tiempo disponibles por los modelos de larvas, de huevos, y SS, se consideran únicamente los datos precedentes a los valores clímax de cada una de ellas. La razón es sencilla: a partir de los bajísimos niveles de biomasa que presenta la población central a principios de los cincuentas, ha requerido 15, 22 y 21 años respectivamente, para alcanzar los valores máximos considerados como B_{∞} , lo cual determina los valores de la tasa máxima de renovación de biomasa r , así como los valores de g , tiempo necesario para situarse en la máxima tasa de incremento poblacional dB/dt . Por consiguiente, los ajustes corresponden a los periodos 1951-1965, 1954-1975 y 1954-1974, respectivamente (Tabla VII). Además, los valores se acomodan de menor a mayor para suavizar el ajuste de las curvas logísticas a los datos (Figuras 30, 31 y 32).

Los ajustes son significativos en todos los casos como lo indican los coeficientes de determinación r^2 . Estos, y los parámetros resultantes para cada serie, se indican en la Tabla XII.

Resulta muy indicativa la gran correspondencia de las tres series de tiempo con las abundancias relativas de anchovetas, de acuerdo a la gráfica de frecuencias de escamas en capas sedimentarias de la Cuenca de Santa Bárbara (Figura 17c), durante el periodo 1940-1965. Ello implica una reconsideración acerca de los grados de magnitud de la biomasa de la población central de anchoveta norteña.

FIGURA 30. Ajuste logístico a la serie de tiempo de biomasa por abundancia de larvas.

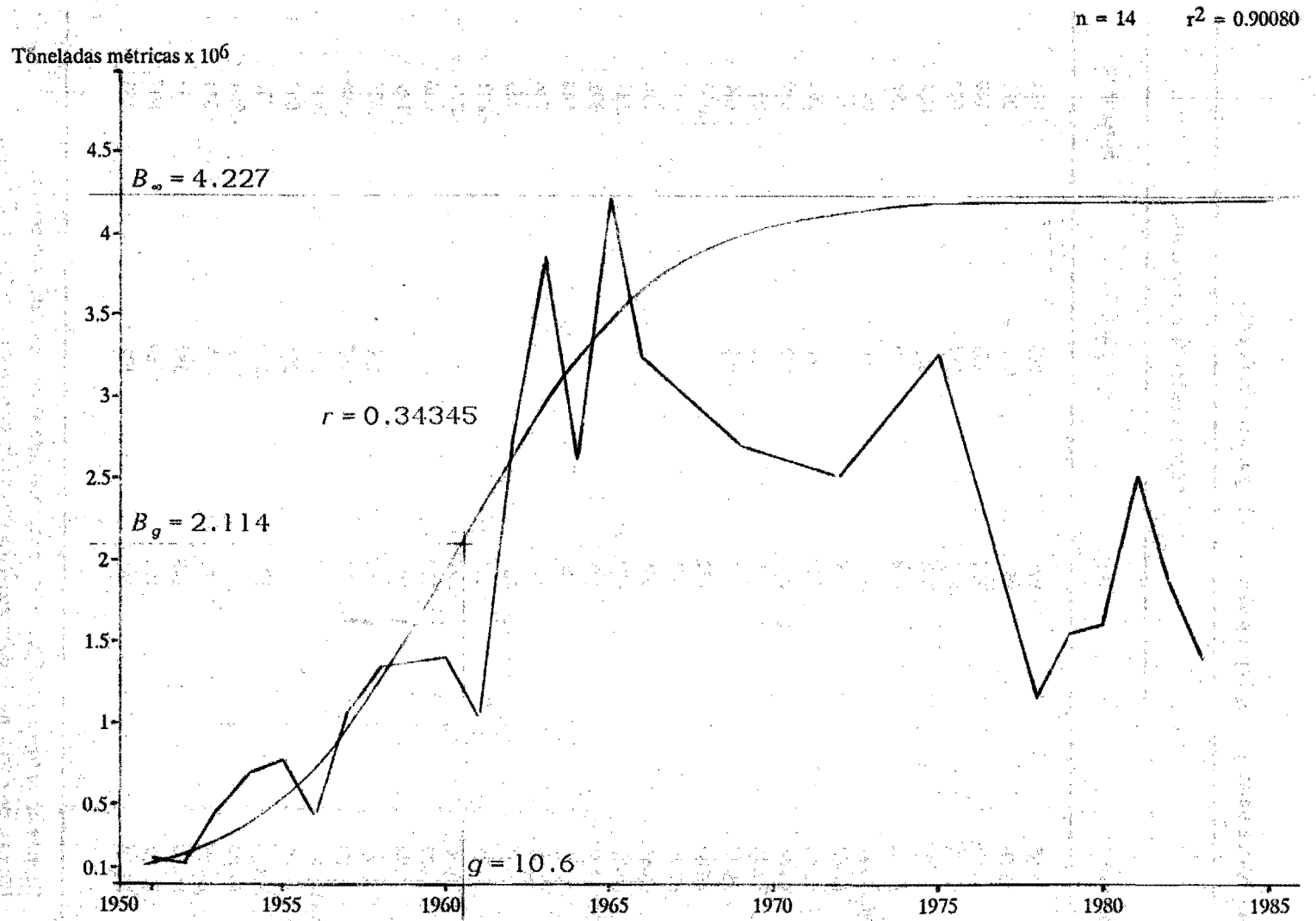


TABLA XIII. Biomasa producida por periodo anual según series EPM y SS.

Millones de toneladas métricas			
Periodo anual	C_t	b_t según EPM	b_t según SS
54-55	.024	.083	.014
55-56	.025	-.071 +	.017
56-57	.032	.152	.140
57-58	.023	.251	.082
58-59	.007	.058	-.024 *
59-60	.004	.216	-.059 +
1960-1961	.003	-.400 +	.055
61-62	.004	.841	.191
62-63	.002	.266	.207
63-64	.004	.565	.089
64-65	.009	.712	.056
65-66	.015	-.509 +	-.104 +
66-67	.052		-.090 *
67-68	.065		.047
68-69	.035		.015
69-70	.082		.117
1970-1971	.144		.391
71-72	.076		.642
72-73	.119		.724
73-74	.169		.353
74-75	.144		-.282 +
75-76	.249		-.271 +
76-77	.237		.020
77-78	.305		-.129 *
78-79	.191	.130	.624
79-80	.370	.465	.306
1980-1981	.438	.203	.448
81-82	.475	.255	.052
82-83	.270	.507	.430
83-84	.104	-.239 *	-.064 *
84-85	.131	.343	.514
85-86	.148	.397	.136
86-87	.118	.560	.607
87-88	.161	-.102 *	.153

C_t : Captura anual (igual a $1.25 Y_t \times 10^{-6}$) correspondiente al año inicial de cada periodo.

b_t : Biomasa producida por la población durante cada periodo anual; $b_t = [B_{t+1} - B_t] + C_t$.

*: Anomalías negativas de crecimiento poblacional asociadas a fenómenos "El Niño".

+: Anomalías negativas de crecimiento poblacional asociadas a años muy fríos.

FIGURA 31. Ajuste logístico a la serie de tiempo de biomásas por producción de huevos.

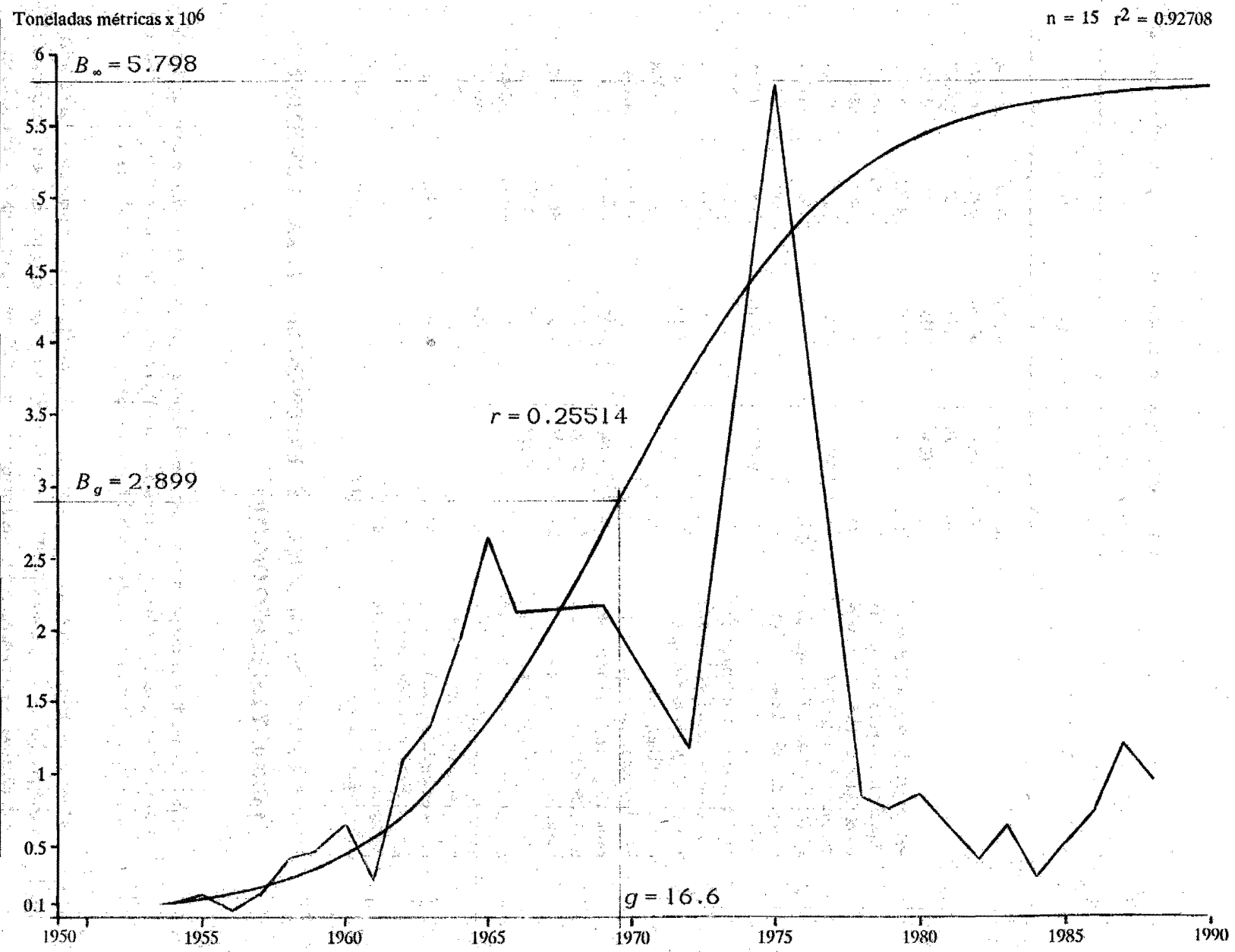


TABLA XIV. Tasas de explotación de la población central de anchoveta y capturas.

	1/	2/	3/	4/
1962	.00089	.00216	.00671	.002404
63	.00098	.00274	.00670	.003771
64	.00326	.00442	.01323	.008570
65	.00348	.00557	.02117	.014714
Para el cálculo de $E = Y/B$, se ha convertido Y a peso vivo aplicando el factor de 1.25 a los desembarques de la Tabla VII.	66	.01600	.02451	.09005
	67		.14885	.064599
	68		.08523	.035454
1/ De acuerdo a Biomاسas por el método de Larvas (Tabla VII).	69	.02998	.03746	.20591
	1970		.33436	.144111
	71		.11204	.075963
2/ De acuerdo a Biomاسas por el método de Huevos (Tabla VII).	72	.04722	.10046	.09578
	73		.09138	.168959
	74		.07060	.143534
3/ De acuerdo a Biomاسas por el modelo SS (Tabla VII).	75	.07608	.04289	.15476
	76		.21779	.236738
4/ Biomاسas extraídas a la población, en millones de toneladas métricas (peso vivo = $1.25 Y_t \times 10^{-6}$ = C_t , capturas).	77		.35005	.304546
	78	.16106	.22791	.43699
	79	.23680	.47757	.42591
	1980	.27185	.50308	.54370
	81	.18680	.74807	.58285
5/ Estimada sin considerar las capturas de la pesquería norteamericana (alrededor del 1% de los desembarques del año).	82	.14441	.65037	.68853
	83	.07390	.15924	.18809
	84		.42362	.34088
	85		.28486	.19350
6/ Estimada convencionalmente suponiendo 125 mil toneladas de capturas para el año.	86		.15350	.15655
	87 5/		.12977	.161434
	88 6/		.10113	.125000

4.4 AJUSTES PARABOLICO Y EXPONENCIAL PARA RENDIMIENTO MAXIMO Y ESFUERZO OPTIMO

Habida cuenta que la categoría II ha sido considerada como estándar, su rendimiento por unidad de esfuerzo U se ha utilizado como referente para estimar los poderes relativos de pesca ρ_{II} , con base en los cuales se normaliza el esfuerzo nominal f' y se obtienen los **esfuerzos efectivos f** (Tabla XV).

Se presentan resultados de dos regresiones realizadas para cada modelo (parabólico y exponencial), correspondientes a los periodos 1982-87 y 1983-87, en virtud de que en la primera de las regresiones el coeficiente de determinación resulta relativamente poco significativo. Los resultados se indican en la Tabla XVI y se ilustran en las Figuras 33 y 34.

FIGURA 32. Ajuste logístico a la serie de tiempo de biomazas por modelo SS.

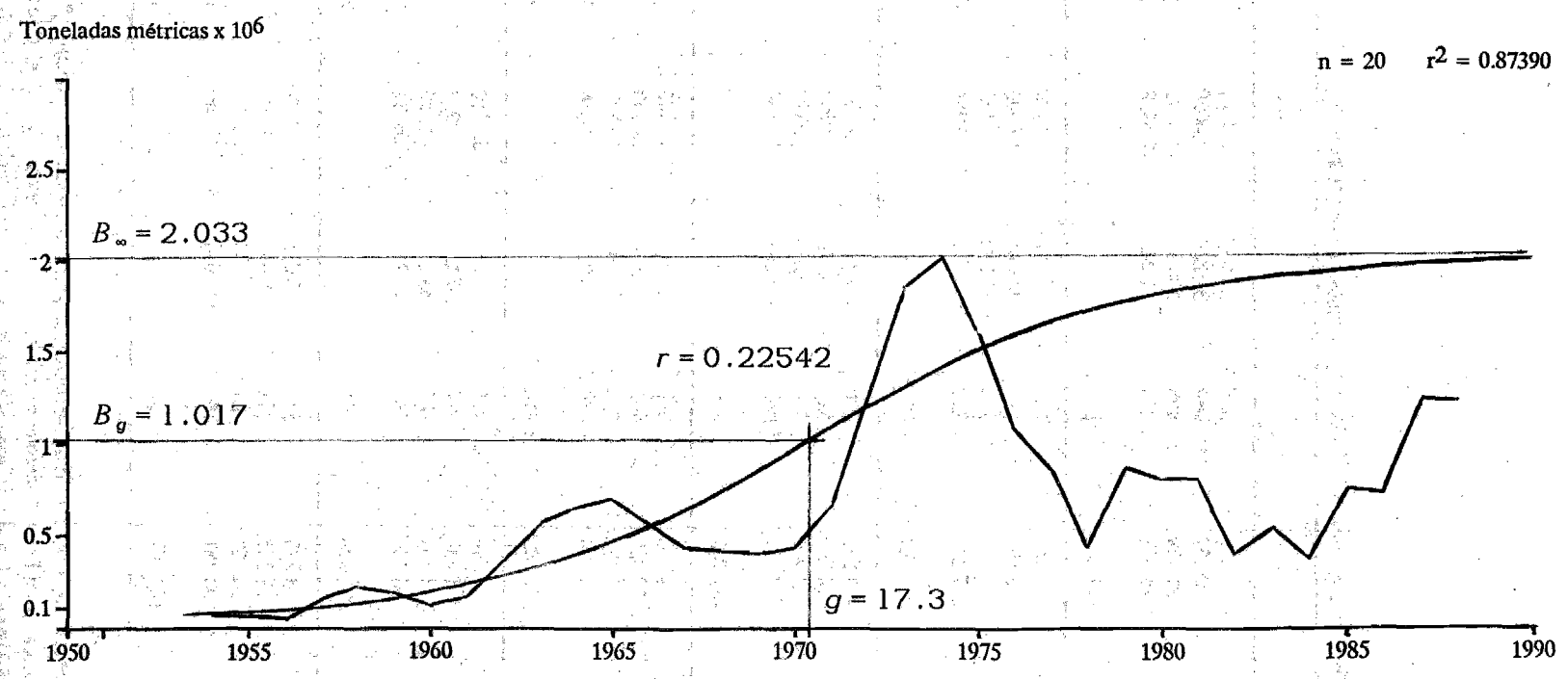


TABLA XV. Poderes relativos de pesca, esfuerzos estandarizados y eficiencia.

<i>t</i>	<i>i</i>	Y_u	f'_u	U_u	ρ_u	f_u	e_u
1982	I	7 329	318	23.047	0.7243	230.3	0.4300
	II	20 492	644	31.820	1.0000	644.0	0.2656
	III	29 429	498	59.094	1.8571	924.9	0.3090
	IV	116 611	1 435	81.262	2.5538	3 644.9	0.2801
	Total	173 861	2 895			5 463.9	
1983	I	1 360	179	7.598	0.5176	92.7	0.1360
	II	2 892	197	14.680	1.0000	197.0	0.1377
	III	7 261	234	31.030	2.1138	494.6	0.1605
	IV	67 248	1 210	55.577	3.7859	4 580.9	0.1916
	Total	78 761	1 820			5 365.2	
1984	I	4 581	320	14.316	0.5100	163.2	0.2742
	II	14 793	527	28.070	1.0000	527.0	0.2502
	III	12 960	300	43.200	1.5390	461.7	0.2335
	IV	69 429	1 082	64.167	2.2860	2 473.4	0.2195
	Total	101 763	2 229			3 625	
1985	I	3 736	363	10.292	0.2386	86.6	0.1858
	II	19 025	441	43.141	1.0000	441.0	0.3990
	III	15 752	263	59.894	1.3883	365.1	0.3327
	IV	78 590	884	88.903	2.0608	1 821.7	0.3041
	Total	117 103	1 951			2 714.4	
1986	I	7 656	476	16.084	0.4712	224.3	0.3030
	II	4 233	124	34.137	1.0000	124.0	0.3151
	III	14 103	265	53.219	1.5590	413.1	0.2877
	IV	66 704	731	91.250	2.6731	1 954.0	0.3121
	Total	92 696	1 596			2 715.4	
1987	I	8 870	554	16.011	0.3289	182.2	0.3044
	II	11 245	231	48.680	1.0000	231.0	0.4636
	III	16 650	261	63.793	1.3105	342.0	0.3448
	IV	92 382	686	134.668	2.7664	1 897.8	0.4550
	Total	129 147	1 732			2 653.0	

LEYENDA:

t = tiempo, *i* = categoría, Y = rendimiento (desembarques en toneladas métricas), f' = esfuerzo nominal, U = rendimiento por unidad de esfuerzo nominal (en toneladas métricas), ρ = poder relativo de pesca, f = esfuerzo estandarizado (efectivo), e = eficiencia de las embarcaciones ($e = Y/[(A/B)f]$; A y B según Tabla XI).

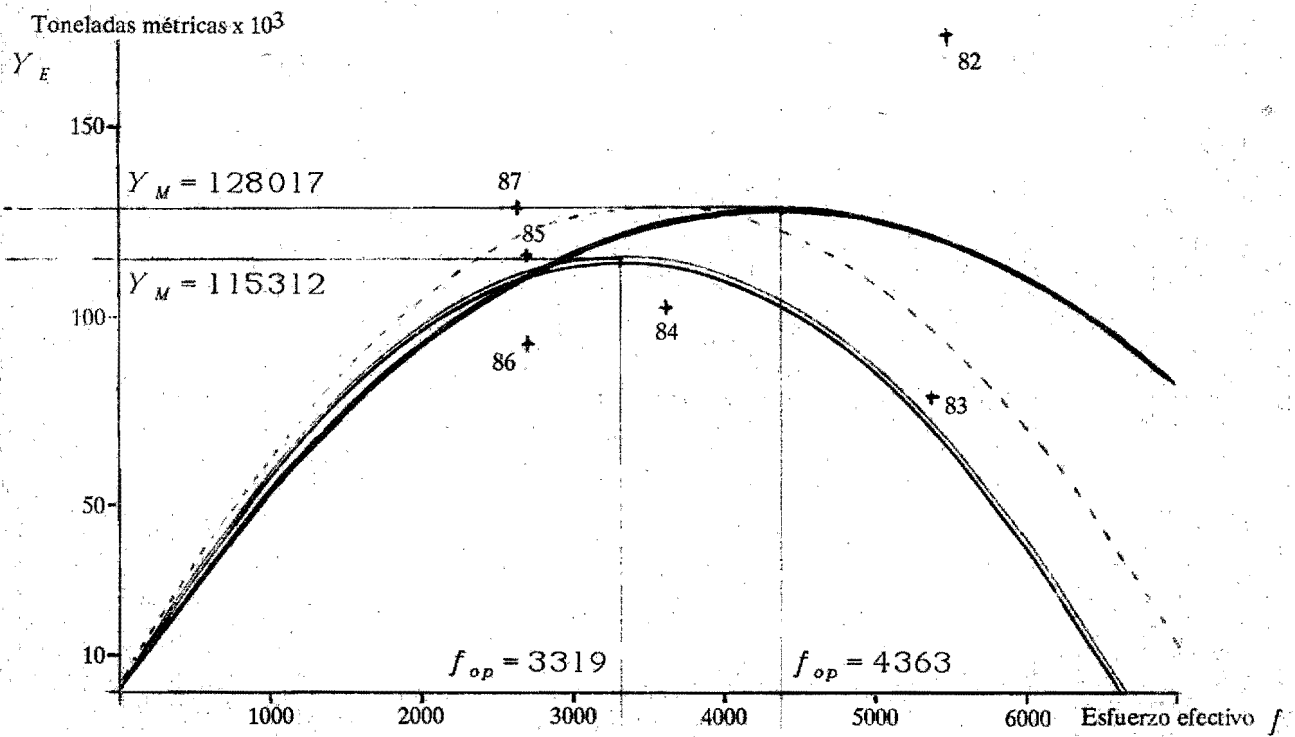
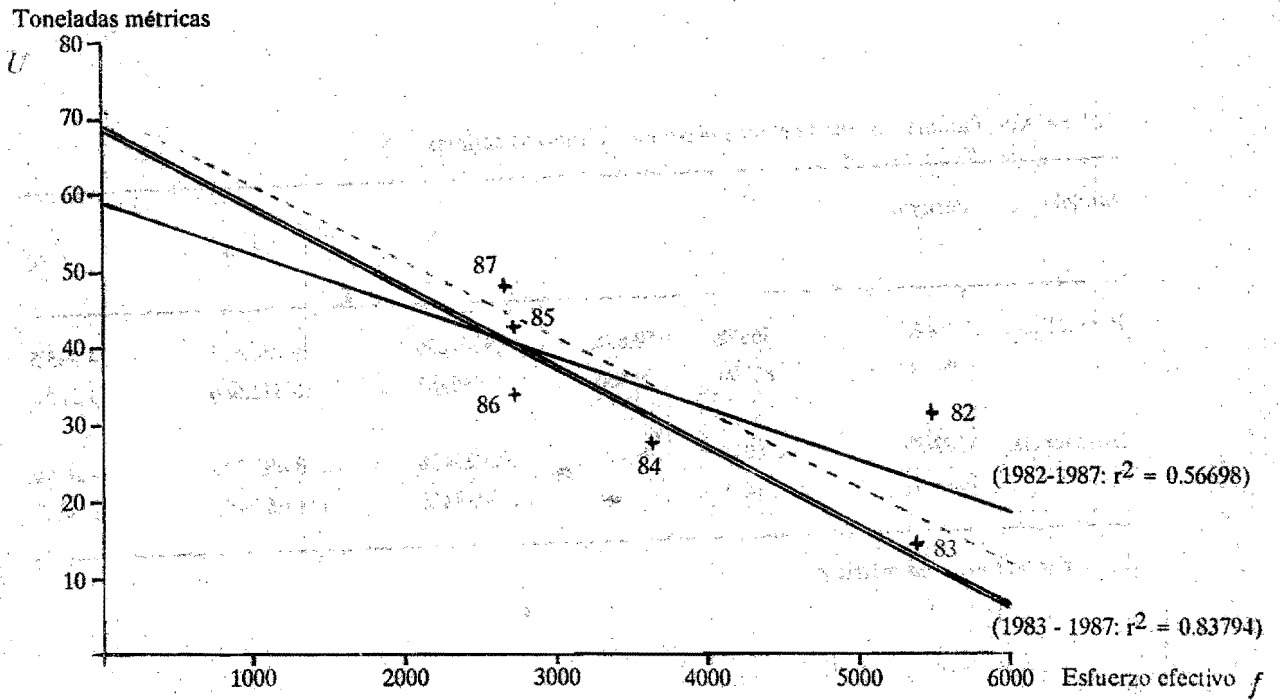


FIGURA 33. Ajuste parabólico para máximo rendimiento (Schaefer).

TABLA XVI. Parámetros, rendimientos máximos y esfuerzos óptimos.

Modelo	Periodo	r^2	U_{∞}	k	Y_M	f_{op}
Parabólico	1982-87	.56698	58.676	.0067236	128 016.815	4 363.5
	1983-87	.83794	69.484	.010467	115 311.686	3 319.1
Exponencial	1982-87	.54916	75.479	.00023436	118 482.979	4 267.0
	1983-87	.93441	119.067	.00039226	111 667.451	2 549.3

U_{∞} y Y_M en toneladas métricas

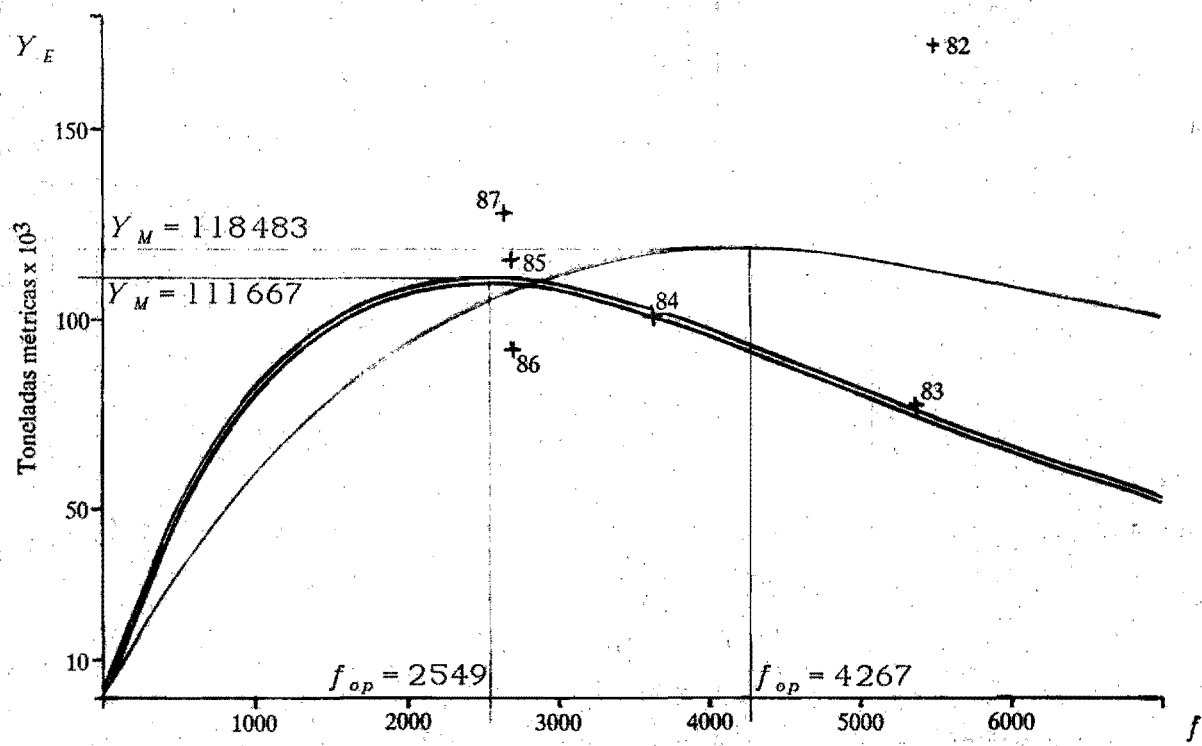
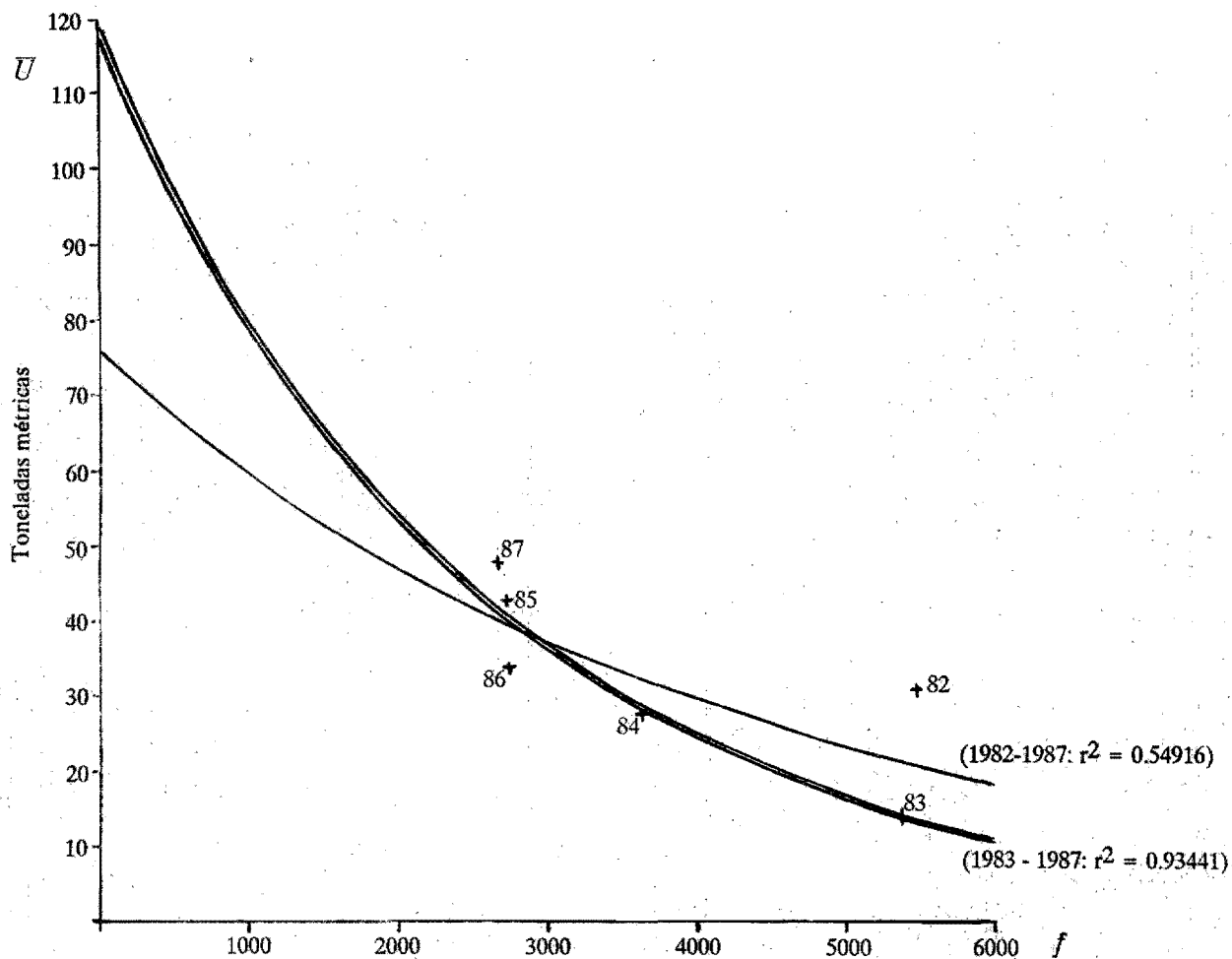


FIGURA 34. Ajuste exponencial para máximo rendimiento (Fox).

5 Discusión y Conclusiones

5.1 FASE HISTORICA PRESENTE DE ABUNDANCIA DEPRIMIDA

La conclusión de orden más general es que: las poblaciones de *Engraulis mordax* mantienen en el presente abundancias significativamente inferiores a aquéllas que lograron durante épocas pretéritas. Causas insuficientemente detectadas y otras desconocidas determinan esta situación.

Las abundancias actuales no solamente resultan inferiores que las observadas durante más de 90 años, desde los años 1830's y hasta principios de los años 1920's (Figura 17c, de Soutar & Isaacs, 1974), sino menores aún que las observadas hace 500 y más años (Figura 17a, de Soutar & Isaacs, 1969). Esta tendencia a la baja se observa desde hace 1540 años, luego de un aparente clímax de abundancia (misma Figura).

La sardina monterrey *Sardinops sagax caeruleus* muestra de manera similar, y guardando las proporciones, una situación muy deprimida, aunque quizás no la peor durante sus últimos 1800 años de historia (Figura 17b, de Soutar & Isaacs, 1969). Esto, dicho sea de paso, invalida la hipótesis de la posible cíclica sucesión ecológica entre estos dos pelágicos menores (cfr. Murphy, 1966 y Baxter *et al.*, 1968).

Engraulis mordax, en el ecosistema marino de la Corriente de California, no constituye una especie tan productiva como *Engraulis ringens*, en el ecosistema marino de la Corriente del Perú. Es posible que alguna vez lo haya sido. Por ahora, nada indica que la actual fase histórica de abundancia deprimida pueda concluir en un futuro previsible.

Esta fase histórica aparentemente se inicia a fines de los años veinte (Figura 17c). Presenta un primer, relativo repunte, a principios de los cuarentas (Smith, 1972; Soutar & Isaac, 1974). A partir de 1950 y hasta el primer lustro de los sesentas sostiene cierta, también relativa, tendencia ascendente. A mediados de los setentas, presenta otro repunte relativo (MacCall, 1981; Stauffer & Charter, 1982; Methot, 1986).

La fase histórica 1925-1988 transcurre pues, presentando altibajos cíclicos de abundancia. La tendencia a la alza que se observa a partir de principios de los cincuenta, durante 15 a 25 años (Tabla VII; Figs. 14, 15 y 16), procede de un periodo de muy débiles reclutamientos sucesivos al finalizar los años cuarentas, virtualmente determinados por el periodo de menores índices de surgencias de que se tenga registro (1947 a 1952: Figura 21c); coinciden débiles reclutamientos sucesivos del bonito *Sarda chiliensis*, de la macarela *Scomber japonicus*, y de *Sardinops sagax caeruleus* que anteceden al colapso de esta última y de la pesquería de sardina monterrey (Collins & MacCall, 1977, Parrish & MacCall, 1978; MacCall, 1980).

5.2 ORDEN DE MAGNITUD DE LA BIOMASA POBLACIONAL

Con fundamento en el conocimiento más integrativo que hasta ahora se tiene del recurso *Engraulis mordax* (del cual el presente trabajo incluye una modestísima síntesis), así como con los ajustes logísticos presentados en el capítulo anterior, puede concluirse que el orden de magnitud de la biomasa poblacional, concretamente de la población central, es de alrededor de un millón de toneladas métricas. La importancia de esta segunda conclusión radica en el hecho de que, al menos hasta principios de los años ochentas, prevalecía la tesis que otorgaba a este recurso un orden de magnitud de varios millones de toneladas.

Con base en el método de evaluación mediante muestreo y conteo de larvas (LAM), se estimaron invariablemente más de un millón de toneladas desde 1957 y se alcanzó el clímax durante 1965 con 4.2 millones. Después de ese año, la estimación mínima consistió en 1.2 millones durante 1978 (Tabla VII). Como se hace notar en la sección 1.4.1, este método produce estimaciones muy sesgadas de varianza desconocida. Incluso estimaciones logradas por métodos directos como el de ecodetección (Tabla VII) han hecho notar que el orden de magnitud es inferior.

Con base en el método de evaluación mediante muestreo y conteo de la producción de huevos (EPM), las estimaciones logradas sí se sitúan en un orden de magnitud convincente, excepto durante el periodo 1962-1969 y durante 1975 (Tabla VII). Lo anterior se explica porque hasta 1979, la serie consiste en una reinterpretación lograda por MacCall (1982) de acuerdo a: cálculo de índices censales de producción de huevos, cálculo de duración de fase oval en función de temperaturas, y estimación de mortalidades de huevos como función densodependiente (Tabla IV); todo ello calibrado a partir de las estimaciones de biomasa obtenidas directamente por el método durante 1980 y 1981 (0.859 y 0.457 $\text{tm} \times 10^6$ respectivamente). Es decir, hasta 1980 se acepta definitivamente como mejor el EPM, una vez que quedan resueltos el problema clave de estimar la fecundidad instantánea de la anchoveta norteña (Sección 1.3.4) y otros problemas de muestreo y medición, para obtener la "fecundidad poblacional diaria" (Tabla VI). Así las cosas, solamente el periodo 1980-1985 ofrece estimaciones de biomasa poblacionales desovantes de varianza conocida, obtenidas directamente (Tabla VII), y por tanto consistentes.

El modelo sintético de Stock (SS) integra las observaciones y estimaciones realizadas mediante el EPM, con otras series de datos. Particularmente, incluye datos de composición de edad obtenidos de los desembarques de las pesquerías mexicana y estadounidense, así como de cruceros exploratorios, y logra estimar biomasa de manera más precisa que las EPM originales. Esto es evidente durante el periodo 1980-85; las biomasa estimadas mediante el modelo SS están dentro del 15% de varianza esperada por el EPM en sus estimaciones (Methot, 1986). Las otras series de datos que integra este modelo incluyen: biomasa estimadas por métodos directos, índices de relaciones interespecíficas, y factores oceanográficos. Todo ello hace del modelo SS el método más preciso para estimar biomasa, siempre y cuando se realicen observaciones EPM directas al menos cada tres años, sobretodo cuando se presenten condiciones "Niño" (Methot, 1986). Por consiguiente esta serie de tiempo de biomasa, de 1954 a 1988, constituye el dimensionamiento poblacional menos sesgado de que se dispone hasta la fecha (Tabla VII).

Apoya asimismo a esta segunda conclusión la serie de abundancias relativas de anchoveta 1810-1970 de Souter & Isaacs (1974) (Sección 1.4.1 y Fig. 17c). Durante los años treinta, presenta un mínimo de abundancia cuya recuperación se inicia a principios de los cuarenta y coincide con lo señalado por Smith (1972) (columna "Larvas A/S" Tabla VII). El principal repunte reciente se observa durante la primera mitad de los años sesenta, coincidiendo con máximos señalados por las tres series de biomasa: LAM, EPM y SS. Desafortunadamente, esta serie de abundancias relativas no ofrece datos para los años setenta, lo que conferiría mayor fundamento a esta segunda conclusión.

5.3 SITUACION ACTUAL DE LA SUBPOBLACION CENTRAL

Durante 1978, 1982 y 1984, la población experimenta una significativa reducción en su biomasa y se acerca a los niveles críticos de fines de los cuarenta y principios de los cincuenta. No obstante, dentro

de los límites definidos por su deprimida fase histórica presente (1925-1988), durante 1987 y 1988, logra las dimensiones de biomasa a partir de las cuales se presentan altas tasas de incremento poblacional dB/dt , es decir, cuando la tasa de renovación de biomasa r se ejerce más eficientemente.

Este tercer planteamiento se concluye de los resultados obtenidos para los ajustes logísticos (Sección 3.1), especialmente del ajuste a la serie SS (Figura 32). Según éste, si durante 1987 la población se sitúa en 1.244 millones de toneladas, para 1988 se espera un alcance a 1.350; sin embargo, el dato que reporta la serie señala 1.236: 0.114 millones de toneladas menos que lo esperado (Tabla XVII). Lo anterior puede explicarse por el hecho de haber sido extraídas 0.161 millones de toneladas durante 1987 (Tabla XIV): 0.055 más que la capacidad de renovación de biomasa, esperada, para ese año. En síntesis: dato de biomasa 1987 = $1.244 \text{tm} \times 10^6$; biomasa esperada 1988 = $1.350 - 0.161$ (capturadas) = 1.189; dato de biomasa 1988 = 1.236; conclusión, la población genera $0.047 \text{tm} \times 10^6$ más que las previstas. Muy convincente.

Sin embargo, el ajuste SS no explica gran parte de los casos durante el periodo comprendido entre 1970 y 1986. La producción máxima de biomasa que puede esperarse de acuerdo a este ajuste a partir de dimensiones muy cercanas a B_p , es tan sólo de $0.114 \text{tm} \times 10^6$ (Tabla XVII). En cambio, durante el

TABLA XVII. Comparaciones predictivas entre ajustes a series LAM, EPM y SS (Millones de toneladas métricas).

Serie	1/	2/	3/	4/	5/	6/	7/	8/	9/	10/	11/	12/
LAM	.359											
EPM	.368	.770	.187	.957	-.255	1.212	.236	1.475	+ .526	.949	.220	1.169
SS	.114	.775	.110	.865	-.379	1.244	.106	1.350	+ .114	1.236	.106	1.342

- 1/ Biomasa máxima producible durante un año (a partir de dimensiones muy cercanas a B_p para cada ajuste).
- 2/ Datos de biomasa para 1986 (Tabla VII).
- 3/ Biomasa producible a partir de 2/, durante un año, de acuerdo a cada ajuste logístico.
- 4/ Biomasa esperada para 1987, con base en cada ajuste (2/ + 3/).
- 5/ Diferencia de la biomasa esperada respecto del dato para 1987 (4/ - 6/).
- 6/ Datos de biomasa para 1987 (Tabla VII).
- 7/ Biomasa producible a partir de 6/, durante un año, de acuerdo a cada ajuste logístico.
- 8/ Biomasa esperada para 1988 con base en cada ajuste (6/ + 7/).
- 9/ Diferencia de la biomasa esperada respecto del dato para 1988 (8/ - 10/).
- 10/ Datos de biomasa para 1988 (Tabla VII).
- 11/ Biomasa producible a partir de 10/, durante un año, de acuerdo a cada ajuste logístico.
- 12/ Biomosas desovantes y total esperadas para 1989, con base en cada ajuste.

periodo referido al menos en trece ocasiones las capturas exceden tal productividad (Tabla XIII) y promedian $0.252\text{tm} \times 10^6$; más del doble de la máxima producción de biomasa probable según el ajuste SS.

Por su parte, el ajuste EPM prevé una máxima producción a partir de dimensiones alrededor de B_g , de $0.368\text{tm} \times 10^6$ (Tabla XVII). Para este ajuste $B_g = 2.899\text{tm} \times 10^6$, de modo que actualmente la población está ubicada en dimensiones del orden de $1/3$ a $2/5$ de B_g , con una capacidad anual de renovación de biomasa de entre 0.224 y $0.263\text{tm} \times 10^6$. Entonces: dato de biomasa 1987 = $1.212\text{tm} \times 10^6$; biomasa esperada 1988 = 1.475 (Tabla XVII) - 0.161 (capturadas durante 1987, Tabla XIV) = 1.314 ; dato de biomasa 1988 = 0.949 ; conclusión, la población genera $0.365\text{tm} \times 10^6$ menos que las previstas. Poco convincente. Pero sí ofrece explicación de muchos de los trece casos señalados para el periodo 1970-1986.

Obsérvese que (Tabla XIII) la biomasa producida por la población durante periodos anuales b_t , se ha mantenido en general relativamente alta. Con base en las estimaciones de la serie SS, b_t varía dentro del intervalo de -0.282 a $0.724\text{tm} \times 10^6$, con promedios: general de 0.159 ; de 0.192 para el periodo 1962-1988, durante el cual B_t no desciende ya a dimensiones menores que $0.300\text{tm} \times 10^6$ (aquellas de la fase crítica a finales de los cuarentas y principios de los cincuentas); y de 0.321 para el periodo reciente 1978-1988 (que coincide con la porción más consistente de la serie EPM). En tanto, de acuerdo con las estimaciones de la serie EPM, b_t se encuentra dentro del intervalo de -0.509 a $0.841\text{tm} \times 10^6$, con promedios: general de 0.213 , inconsistente en virtud de la discontinuidad 1966-1978; de 0.180 para su primera porción 1954-1966; y de 0.252 para su porción más reciente 1978-1988.

Como a partir de 1970 las capturas exceden -excepto durante 1971- de $0.100\text{tm} \times 10^6$, y promedian desde entonces (periodo 1970-1987, Tabla XIII) 0.214 , resulta evidente que sólo las b_t de los periodos 1978-1988 de ambas series (SS y EPM), permiten explicar que la población haya podido sostener tales tasas de explotación sin colapsarse (lo que ya sucedió con la sardina monterrey a finales de los cuarentas y principios de los cincuentas).

Concretamente, las relativamente altas tasas de incremento poblacional dB/dt que se estiman actuales, equivalen a incrementos anuales del orden de $0.200\text{tm} \times 10^6$, $\pm 0.500\text{tm} \times 10^6$ a largo plazo (décadas) y $\pm 0.400\text{tm} \times 10^6$ a corto plazo (años).

Debe postdatarse, comparativamente, que otro autor al aplicar el modelo logístico a la serie LAM (MacCall, 1980), obtiene resultados muy similares a los aquí obtenidos para la misma serie. Para r obtiene los valores: 0.3369 y 0.3638 ; en tanto aquí se presenta 0.34345 (Tabla XII). En cuanto a g , lo presenta integrado en un parámetro $A = r g$, con valores de 3.231 y 3.195 ; en el presente trabajo, el producto $r g = 3.642$. Desafortunadamente, esta serie LAM y los resultados de su ajuste logístico han debido omitirse de la discusión, por las razones ya expuestas en los capítulos precedentes.

5.4 SITUACION ACTUAL DE LA PESQUERIA

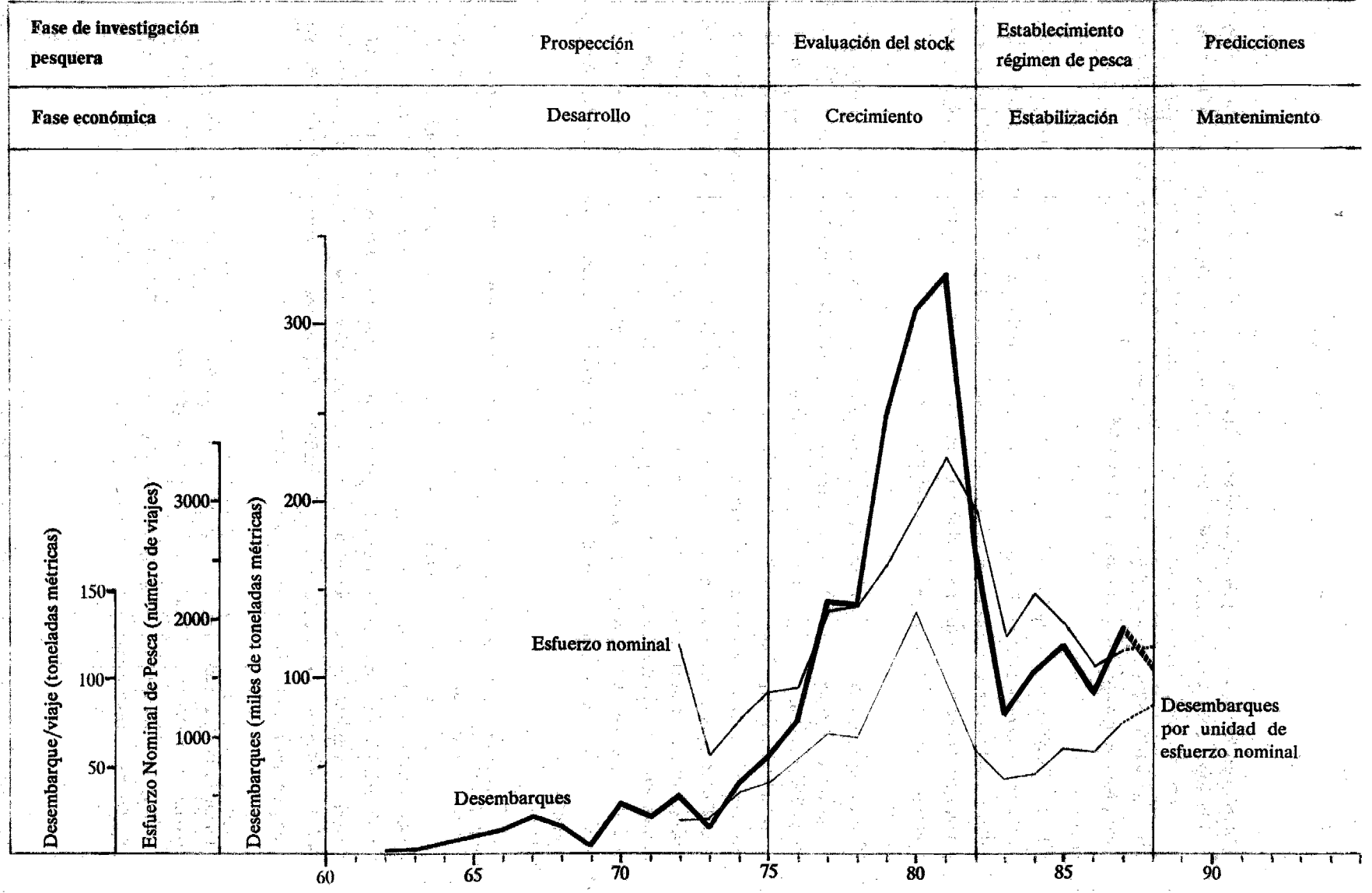
Durante los últimos años y después del intenso "Niño" de 1982-1984, la pesquería mexicana de anchoveta norteña transcurre una fase de estabilización que posibilita iniciar su fase de mantenimiento a largo plazo. En tanto, la pesquería norteamericana disminuye sus capturas a dimensiones insignificantes (Tabla VII).

En el curso de su historia (Figura 35), la pesquería mexicana sigue un comportamiento típico de las pesquerías masivas (Kesteven, 1971). Transcurre primero una relativa larga fase de desarrollo; se inicia el aprovechamiento de la anchoveta cuando la sardina monterrey entra en decadencia a principios de los cincuentas (Flores, 1970) y recibe un primer impulso durante 1964 cuando se instalan las dos primeras plantas con equipo especialmente diseñado para corte y enlatado de anchoveta (Chávez, Silva & Sunada, 1979). Durante esta fase, las capturas se mantienen por debajo de la cota de 50 mil toneladas anuales (equivalentes a rendimientos de 40 mil, Tabla VII).

A partir de 1975, se inicia la fase de crecimiento. La producción de harina se convierte en el destino general de las capturas que ascienden del orden de 50 mil al orden de 400 mil toneladas anuales en 1981 (Tabla XIII; equivalentes a rendimientos de 40 mil a 300 mil, Tablas VII y VIII). La capacidad industrial instalada crece vertiginosamente: 400 toneladas métricas cada ocho horas para enlatado y 6 mil 280 toneladas métricas cada 24 horas para reducción (González-Dávila, 1987a); utilizada sólo al 50 por ciento de su capacidad, requiere de poco más de 1 millón 200 mil toneladas anuales de desembarques como materia prima (equivalentes a $1.5 \text{tm} \times 10^6$ de biomasa capturada). La fase de crecimiento se interrumpe cuando la pesca excesiva (Tabla XIV) y condiciones oceanográficas y ecológicas adversas ("El Niño de 1982-1984") conducen hacia la baja la biomasa poblacional. La fase de crecimiento concluye en 1982 (Figura 35).

Concurren, durante los ochentas, diversos factores que abren la coyuntura estabilizadora. Los esfuerzos y los rendimientos alcanzan su clímax durante 1981 (Tabla VIII). La población, después de varios años de sostener un orden de magnitud de 0.8 millones de toneladas métricas, declina hasta un orden de 0.4 (Tabla VII), presionada por una excesiva tasa de explotación (Tabla XIV) previa a y coincidente con una intensa condición "Niño" (Figura 21a y 21b); fluctúa entonces alrededor de $0.6 \text{tm} \times 10^6$ (Tabla VII). Se evidencia el sobredimensionamiento de la flota y el esfuerzo, (determinados a su vez por el sobredimensionamiento de la planta industrial); declinan los rendimientos y con ellos, los esfuerzos. La inversión, la relación costo-beneficio, busca un punto de equilibrio respecto de la oferta del recurso. Mientras tanto, sucesivos años tibios (Figura 21a) mantienen a la subpoblación central de anchoveta con una distribución relativamente más norteña que agudiza la baja disponibilidad del recurso en aguas mexicanas.

FIGURA 35. Fases históricas en la evolución de la pesquería de anchoveta de Baja California, México.



El esfuerzo, los rendimientos y la población se estabilizan durante el periodo 1983-1987 (Tablas VII y VIII). Especialmente durante 1985, 1986 y 1987, el esfuerzo es ya estable alrededor de 1 mil 760 viajes (esfuerzo nominal) y los rendimientos alrededor de 113 mil toneladas (equivalentes a capturas de $0.141\text{tm} \times 10^6$). La población supera el límite de 1 millón de toneladas durante 1987, por primera vez en diez años, luego de sostenerse alrededor de $0.6\text{tm} \times 10^6$.

Todo ello demuestra la hipótesis original (v. Introducción) y permite aplicar los modelos de producción excedente al periodo señalado. Pero lo más relevante consiste precisamente en que la estabilidad lograda durante dicho periodo abre ahora la posibilidad de ingresar, a corto plazo, en la fase de maduración de la pesquería. Habida cuenta que han sido iniciados mecanismos y medidas regulatorias, el mantenimiento de la pesquería es una posibilidad concreta (Figuras 35 y 36).

De acuerdo a los ajustes parabólicos y exponencial de producción excedente (Sección 4.4), el máximo rendimiento sostenible Y_M (Tabla XVI) corresponde a 115 mil 312 y 111 mil 667 toneladas métricas, respectivamente. En el mismo orden, equivalen a capturas C_1 de 0.144 y $0.140\text{tm} \times 10^6$, considerando los resultados para el periodo 1983-1987, que presentan los mejores ajustes (83.79% y 93.44%). Estos resultados son consistentes con la coyuntura estabilizadora, así como con la capacidad actual de renovación de biomasa que presenta la población alrededor de $0.200\text{tm} \times 10^6$ por periodo anual. Considérese que el esfuerzo de la pesquería mexicana, durante este periodo de estabilización, vulnera solamente a la porción sureña de la subpoblación central (en virtud de su distribución norteña determinada por años tibios), y ello explica la relativa subestimación de la producción excedente (máximo rendimiento sostenible) respecto de la capacidad anual de renovación de biomasa poblacional.

Por consiguiente, se puede predecir que en tanto se sigan presentando años tibios, la producción de la pesquería mexicana se sitúe alrededor de $0.142\text{tm} \times 10^6$, y cuando se presenten años frescos (que determinan una distribución no norteña del recurso), su producción se sitúe alrededor de $0.200\text{tm} \times 10^6$. Años calientes (condición "Niño") hacen derivar la población muy al norte y años muy fríos reducen su capacidad de renovación de biomasa (al igual que dos o más años calientes consecutivos); ambas condiciones determinan reducción de la disponibilidad del recurso para la pesquería mexicana, en el primer caso debido a una reducción en la accesibilidad, en el segundo (y quizás diferida en el tiempo) debido a una reducción en la capacidad de renovación de biomasa.

Iniciar la fase de mantenimiento de la pesquería es posible, siempre y cuando sean oportunamente disponibles los conocimientos de la situación del recurso, antes de cada temporada de pesca (del 1º de abril al 30 de noviembre). Ello posibilita adecuar metas de producción de la pesquería mexicana en función de las condiciones y las dimensiones de la subpoblación central de *Engraulis mordax*.

5.5 PERSPECTIVAS PARA LA REGULACION DE LA PESQUERIA DE ANCHOVETA

En un afortunado ambiente de concertación, ante responsabilidades compartidas, productores (representados por la sección Sardino-Anchovetera de la Cámara Nacional de la Industria Pesquera) y administradores públicos e investigadores (de la Secretaría de Pesca y del Instituto Nacional de la Pesca), se reúnen sucesivamente a mediados de 1987, para elaborar lineamientos generales definitivos de criterios para la regulación de la pesquería. Estos trabajos conducen al establecimiento -por primera vez en su historia- de normas regulatorias para la pesquería, contenidas en el "ACUERDO que regula la explotación de la Anchoveta (*Engraulis mordax mordax*), en aguas del Océano Pacífico", aparecido en el Diario Oficial de la Federación de fecha 23 de septiembre de 1987. Fundamentalmente establece: Talla Mínima de Captura de 100 milímetros de longitud patrón (o estándar); Temporada de Pesca (que SEPESCA y SEDUE han precisado para el periodo comprendido entre el 1º de abril y el 31 de noviembre) y; Dimensionamiento de la Flota, considerado como máximo el promedio de las dimensiones ejercidas durante las últimas tres temporadas 1985, 1986 y 1987 (4 mil 554 toneladas de capacidad de acarreo).

El mejor rendimiento por recluta (Allen, 1951; Beverton & Holt, 1957), para el caso de la anchoveta norteña, corresponde al año y medio de edad (González-Dávila, en prensa), cuando alcanzan tallas estándar de 116 milímetros. A los 100 milímetros recién acaban de cumplir el primer año de edad y pocos han madurado sexualmente (Sección 1.3.4). No obstante, la talla mínima legal puede considerarse suficiente para el corto plazo. Una vez evaluados los resultados que esta norma genere en beneficio del recurso (que es patrimonio nacional), deberá concluirse si es o no suficiente para plazos mayores. En 1979, importantes investigadores mexicanos proponen que la talla mínima legal para esta especie se establezca en los 117 milímetros (Villamar *et al.*, 1979); para ese año suman cuatro consecutivos con tallas promedio en las capturas menores que dicha propuesta (Tabla X). La tendencia central de este indicador se ha mantenido a la baja desde 1975 (Figura 20). Desde 1979, más de la mitad de las capturas se compone por individuos de edades cero y uno (Tabla IX), lo cual indiscutiblemente es lesivo para el recurso, pues lo hace sumamente frágil frente a cualesquier condición adversa adicional, reducida a tal punto la abundancia de reproductores.

La anchoveta es un reproductor asincrónico (Sección 1.3.4) cuya principal y mayor frecuencia reproductiva se presenta durante el ciclo invierno-primavera (Sección 1.3.4). Coincide justamente con los meses durante los cuales la temporada de pesca se cierra (1º de diciembre a 31 de marzo). Además, tal periodo corresponde al de distribución más extensiva de la población (Figura 8), y la accesibilidad para la flota se reduce significativamente. Esta norma es suficiente y no afecta realmente el calendario tradicional de las operaciones de pesca.

El dimensionamiento máximo que se le establece a la flota es adecuado para temporadas de pesca de abundancia regular. Para temporadas de gran abundancia, es posible establecer dimensiones mayores sin que ello sea lesivo para el recurso; claro, siempre y cuando se cumpla con la talla mínima legal.

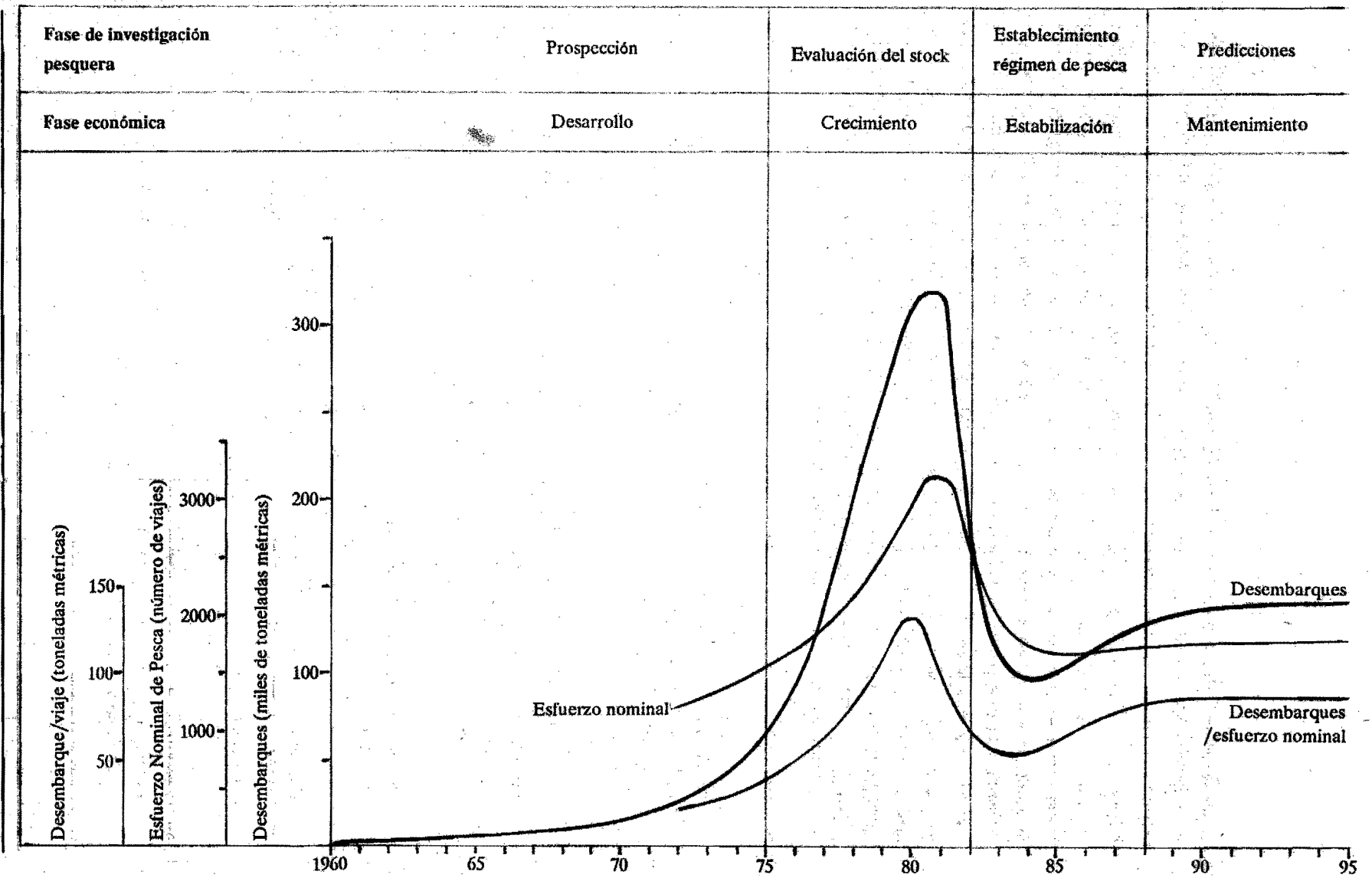
La talla mínima legal constituye la **norma fundamental**. Su cumplimiento, su evaluación y su probable futura revisión, constituyen la condición de posibilidad para que la pesquería ingrese verdaderamente en su fase de **mantenimiento** (Figura 36).

Toca a los productores continuar con actitud responsable y comprensiva ante las medidas regulatorias pertinentes. Toca a la administración pública sostener el ambiente de concertación y garantizar la observancia de la normatividad. Corresponde a los investigadores producir oportunamente la información científica y los criterios regulatorios procedentes.

La información científica básica de la cual debe disponerse oportunamente consiste en:

1. Estimaciones anuales de la biomasa poblacional. Por lo general durante el mes de abril, alguna de las instituciones de investigación miembro de CalCOFI realiza la estimación, y a partir de 1989 el Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada, B.C., realizará un crucero evaluatorio de la biomasa desovante, durante febrero y marzo (C.E. Coteró, com.per.).
2. Localización general de la subpoblación central de anchoveta, antes de iniciarse la temporada de pesca. En virtud de haber sido hechas estimaciones de la biomasa poblacional, su localización es conocida.
3. Condiciones oceanográficas generales prevalcientes antes y durante cada temporada de pesca. Existen diversas publicaciones periódicas además de la información que puede obtenerse de CalCOFI.
4. Composición de tallas en las capturas durante cada temporada de pesca. Se obtienen directamente; deben boletinarsse sistemáticamente para la observancia de la talla mínima legal y cumplimiento de las normas regulatorias.
5. Composición de edades en la población; material indispensable para la realización de estudios de la estructura poblacional: crecimiento, supervivencia y reproducción (reclutamiento). Debiera realizarse una publicación anual.

FIGURA 36. Fases históricas en la evolución de la pesquería de anchoveta de Baja California, México.



6. Rendimientos por unidad de esfuerzo durante cada temporada de pesca. Se obtienen directamente con base en bitácoras de pesca o en Avisos de Arribo; deben boletínarse sistemáticamente.

Desde fines de 1985 (González-Dávila, 1986a) se edita mensualmente un Boletín Informativo sobre la pesquería anchovetera de Baja California, como parte de los trabajos para el establecimiento, y actualmente supervisión, de la **Coordinación Operativa de la Pesquería de Anchoveta**. Originalmente editado desde la Delegación Federal de Pesca en el estado y recientemente desde el Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada, constituye un importante acierto para dicha coordinación entre el gremio de investigadores y los procuradores de regulación pesquera, así como entre todos éstos y los productores. Este esfuerzo debe mantenerse, pues la condición fundamental para que la pesquería pueda ser correctamente regulada, consiste en que las diversas personas morales a quienes corresponde tomar decisiones estén oportuna y suficientemente bien informadas (tarea que es de la competencia del Instituto Nacional de Pesca), así como que **coordinen oportuna y adecuadamente todas las acciones involucradas en un régimen de explotación racional de una población marina silvestre.**

BIBLIOGRAFIA

- Ahlstrom, E.H., 1956. Eggs and Larvae of Anchovy, Jack Mackerel and Pacific Mackerel. *CalCOFI. Prog. Rept. Ap. 1955-Jn. 1956*: 33-42.
- Ahlstrom, E.H., 1959. Vertical Distribution of Pelagic Fish Eggs and Larvae Off California and Baja California. *U.S. Fish and Wild. Serv., Fish. Bull.*, 60(161): 107-146.
- Ahlstrom, E.H., 1964. Kinds and Abundance of Fishes in the California Current Region Based on Egg and Larval Surveys. *CalCOFI Rep., Vol. X*:31-52.
- Ahlstrom, E.H., 1967. Co-occurrences of Sardine and Anchovy Larvae in the California Current Region Off California and Baja California. *CalCOFI Rep., Vol. XI*: 117-135.
- Alheit, J., V.H. Alarcon & B. Macewicz, 1984. Spawning Frequency and Sex Ratio in the Peruvian Anchovy, *Engraulis ringens*. *CalCOFI Rep., Vol. XXV*: 43-52.
- Allen, K.R., 1951. The Horokiwi Stream: a Study of a Trout Population. *N.Z. Mar. Dep. Fish. Res. Div. Bull. New Ser. 10*: 231 p.
- Anonimo, 1984. Malas Jugadas de la Naturaleza. *Inf. Cient. y Tec.*, Vol. 6(97): 22-23.
- Anonimo, 1987. Review of Some California Fisheries for 1986. *CalCOFI Rep., Vol. XXVIII*: 11-20.
- Askren, D. & A. Badan, 1978. Conceptos de Oceanografía Física. *School of Oceanography, Oreg. St. Univ., U.S.A.* 160 pp.
- Bakun, A. & R.H. Parrish, 1980. Environmental Inputs to Fishery Population Models for Eastern Boundary Current Regions. In G.D. Sharp (ed.), *Worksh. on the Eff. of Env. Var. on the Surv. of Larv. Pel. Fish. IOC Workshop Rep., 28 UNESCO, Paris*:67-104.
- Bakun, A. & R.H. Parrish, 1982. Transport and Pelagic Fish in the California Systems. *CalCOFI Rep., Vol. XXIII*: 99-112.
- Baranov, F.I., 1918. On the Question of the Biological Basis of Fisheries. *Anarchy. Issledovatel'skii Institut Izvestiia. 1(1)*: 81-128.
- Baxter, J.L., 1967. Summary of Biological Information on the Northern Anchovy *Engraulis mordax*, Girard. *CalCOFI Rep. Vol. XI*: 110-116.
- Bayliff, W.H., 1967. Growth, Mortality and Exploitation of the Engraulidae, with Special Referenceto the Anchoveta *Cetengraulis mysticetus*, and the Colorado, *Anchoa naso*, in the Eastern Pacific Ocean. *Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm. 12*: 365-432.
- Berg, L.S., 1940. Classification of Fishes Both Recent and Fossil. *Trav. Inst. Zool. Acad. Sci., URSS*, 5: 87-517. (Rept. 1947, Ewards Bro., Ann Arbor, Mich.)
- Bertalanffy, L. Von, 1938. A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on Growth Laws). *Human Biology, May Vol. 10(2)*: 181-213.
- Bertin, L. & C. Arambourg, 1958. "Super ordre des Téléostéens (Teleostei)". En P.P. Grasse (ed.): *Traité de Zoologie, Vol. 13, Fasc. 3*: 2204-2500.
- Beverton, R.J.H., 1963. Maturation, Growth and Mortality of Clupeid and Engraulid Stocks in Relation to Fishing. *Cons. Perm. Int. Explor. Mer., Rapp. Procès-verb. Réunion.*, 154: 44-67.
- Beverton, R.J.H. & S.J. Holt, 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. *Fish Invest., Lond., Ser. 2*, 19: 533pp.
- Beverton, R.J.H. & B.B. Parrish, 1956. Commercial Statistics in Fish Population Studies. *Rapp. Cons. Int. Explor. de la Mer, Vol. 140, I*: 58-66.
- Blackett, P.M.S. (ed.), 1965. A Symposium on Continental Drift. *Symp. Mem.*
- Bolin, R.L., 1936. Embryonic and Early Larval Stages of the California Anchovy *Engraulis mordax* Girard. *Calif. Fish. & Game* 22(4): 314-321.
- Clark, W.G., 1977. The Lessons of the Peruvian Anchoveta Fishery. *CalCOFI Rep. Vol. XIX*: 57-63.

- Clark, F.N. & J.B. Phillips, 1952. The Northern Anchovy (*Engraulis mordax*) in the California Fishery. *Calif. Fish & Game* 38(2): 189-207.
- Clausen, H.S., 1959. Denticipitidae, a New Family of Primitive Isospondylous Teleosts from West African Fresh Water. *Vidensk. Meddr. Dansk Naturh. Foren.*, 121: 141-151.
- Cota, V., A., A. Díaz De León, W. García, M.L. Granados, O. Pedrín, A. Barrera & J.A. Figueroa, 1986. Análisis de los Efectos de la Explotación Sobre la Anchoveta *Engraulis mordax* Girard (1856) Mediante el Uso del Método de Análisis de Cohortes. *SEPES, Inst. Nat. Pesca, CRIP Contr. Biol. y Tec. Pesca* 1: 16pp.
- Craig, W.L., 1960. Food and Feeding. In A Study of the Yellowtail *Seriola dorsalis* (Gill) By J.L. Baxter & staff. *Calif. Dep. Fish and Game, Fish. Bull.* (110): 35-46.
- Cushing, D.H., 1980². Marine Ecology and Fisheries. *Camb. Un. Press, Great Britain*.
- Cuvier, G.L.G.F.D., 1817. Le Règne Animal Distribué d'après son Organisation... *Fishes. Paris, Ed. 1, 2, & Ed. 2 (1829), 1: 1-532*.
- Chapman, D.G. & D.S. Robson, 1960. The Analysis of a Catch Curve. *Biometrics*, 16: 354-368.
- Chávez, H., S. Silva & J.S. Sunada, 1979. La Pesquería de Anchoveta *Engraulis mordax*, en California y Baja California durante 1975, con Datos Sobre el Desarrollo de la Industria en 1976 y 1977. *Inst. Nat. Pesca, Ser. Cient.* 20: 48pp.
- Díaz De León, A.J., 1983. Poder de Pesca y Normalización del Esfuerzo Pesquero en la Flota Anchovetera de Ensenada, B.C., México, en 1981. *Esc. C. Mar., UABC, Tesis Profesional*.
- Dobzhansky, T., 1970. Genetics of the Evolutionary Process. *Columb. Univ. Press, N.Y., USA*.
- Ehrhardt, N.M., 1981. Métodos de Análisis de las Estadísticas de Captura y Esfuerzo de Pesca en Modelos Globales de Pesquerías. En "Curso de Evaluación de Recursos y Dinámica de Poblaciones", *FAO-CICIMAR, La Paz, B.C.S. México*, 48pp.
- Encyclopaedia Britannica, The New, 1982¹⁵. *Ed. Encyclopaedia Britannica, Inc. Macropaedia IV: 762-768, V: 108-123, VII: 330-345 y XIII: 472-504 y 433-442*.
- Escudero, D.M., 1984. Estudio de la Pesquería de Anchoveta *Engraulis mordax*, Mexicana. *Inst. C. Mar. y Limn. UNAM. Tesis de Maestría*, 75pp.
- FAO, 1983. Anuario Estadístico de Pesca (Capturas y Desembarques). *Ed. O.N.U., Roma*.
- FAO, 1985. Anuario Estadístico de Pesca (Capturas y Desembarques). *Ed. O.N.U., Roma*.
- FAO, 1986. Anuario Estadístico de Pesca (Capturas y Desembarques). *Ed. O.N.U., Roma*.
- Fiedler, P.C., 1983. Satellite Remote Sensing of the Habitat of Spawning Anchovy in the Southern California Bight. *CalCOFI Rep.* Vol. XXIV: 202-209.
- Fiedler, P.C., 1984. Some Effects of El Niño 1983 on the Northern Anchovy. *CalCOFI Rep. Vol. XXV: 53-58*.
- Flores, V.M., 1970. Contribución al Conocimiento de la Biología y Pesquería de la Anchoveta Norteña *Engraulis mordax*, Girard, 1856. *S.I.C. Inst. Nat. Pesca*.
- Fox, W.W., 1970. An Exponential Surplus Yield Model for Optimizing Exploited Fish Populations. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1: 80-88.
- García, W., 1988. Boletín Anual Temporada, 1987. *INP, Prog. Anch. CRIP, Inf. Int.*: 13pp.
- García, W., A. Cota, A. Barrera, A. Luévano, O. Pedrín, M.L. Granados & J.A. Figueroa, 1986. Análisis de la Pesquería de la Anchoveta *Engraulis mordax* durante el Periodo de 1979-1984. *SEPES, Inst. Nat. Pesca, CRIP Contr. Biol. y Tec. Pesca* 1: 42-53.
- Garland, G.D. (ed.), 1966. Continental Drift. *Symp. Mem.*
- Gates, D.M., 1965¹. Energy Exchange in the Biosphere. *Harper Int. St. Rept., Tokyo, Jap.* 1962. 151 pp.
- Girard, C.F., 1856. Fishes Collected by Dr. A. L. Heerman, Naturalist Attached to the Survey of the Pacific Railroad Route, under Lieut. R.S. Williamson. *U.S.A. Proc. Ac. Nat. Sci. Phil.* (1854) 7: 129-156.

- González-Dávila, G., 1986a. Informe Anual Pesquería Sardino-Anchovetera 1985. *Del. Fed. B.C., Inst. Nat. Pesca, SEPES, México*, 28 pp.
- González-Dávila, G., 1986b. El Uso de Técnicas Histológicas en Gónadas de Peces Comerciales para la Evaluación de Recursos Pesqueros Mediante los Métodos de Conteo de Huevos y Larvas (Aplicado a la Anchoveta Norteña, *Engraulis mordax* Girard 1857). *Doc. Téc. Depto. Biología, Fac. Ciencias, UNAM, México*. 16 pp.
- González-Dávila, G., 1987a. Colección 1986 del Boletín Mensual de la Pesquería Sardino-Anchovetera. *Del. Fed. B.C., Inst. Nat. Pesca, SEPES, México*, 99 pp.
- González-Dávila, G., 1987b. Síntesis Ejecutiva de la Pesquería de Anchoveta de Baja California. *Del. Fed. B.C., Inst. Nat. Pesca, SEPES, México*. 19 pp.
- González-Dávila, G., 1988a. Colección 1987 del Boletín Mensual de la Pesquería Sardino-Anchovetera. *Del. Fed. B.C., Inst. Nat. Pesca, SEPES, México*. 88 pp.
- González-Dávila, G., 1988b. Informe Técnico de la Pesquería de Anchoveta (*Engraulis mordax mordax*) de Baja California, Temporada 1987. *Del. Fed. B.C., Inst. Nat. Pesca, SEPES, México*. 14 pp.
- González-Dávila, G., 1988c. Informe Técnico de la Pesquería de Anchoveta *Engraulis mordax* de Baja California, Primera Mitad Temporada 1988 (abril-julio). *Del. Fed. B.C., Inst. Nat. Pesca, SEPES, México*. 8 pp.
- González-Dávila, G., (en prensa). Rendimiento Óptimo por Recluta y Propuesta de Talla Mínima Legal de Captura para la Anchoveta Norteña *Engraulis mordax* Girard. *Rev. Cienc. Mar. UABC*.
- Graham, M., 1952. Overfishing and Optimum Fishing. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 13: 264-274
- Greenwood, P.H., D.E. Rosen, S.H. Weitzman & G.S. Myers, 1966. Phyletic Studies of Teleostean Fishes with a Provisional Classification of Living Forms. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 131: 339-456.
- Guillen, O. & R. Calienes, 1981. Biological Productivity and El Niño. In M.H. Glantz & J.D. Thompson (ed.): Resource Management and Environmental Uncertainty. *J. Wiley & Sons Inc., U.S.A.*: 255-282.
- Gulland, J.A., 1956. The Study of Fish Populations by the Analysis of Commercial Catches. *Rapp. Cons. Int. Explor. de la Mer, Vol. 140, I*: 21-27
- Hand, C.H. & L. Berner Jr., 1959. Food of the Pacific Sardine (*Sardinops caerulea*). *Fish. Bull. of Fish and Wild. Serv.* 164 (60): 175-184.
- Hart, J.L., 1973. Pacific Fishes of Canada. *Fish. Res. Board of Can. Bull.* 180.
- Hewitt, R.P., 1985a. The 1984 Spawning Biomass of the Northern Anchovy. *CalCOFI Rep., Vol. XXVI*: 17-25.
- Hewitt, R.P., 1985b. A Protocol for Designing a Sea Survey for Anchovy Biomass Assessment. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 36: 51-53.
- Hickey, B.M., 1979. The California Current System - Hypothesis and Facts. *Progr. in Oceanogr.* 8(4): 191-279.
- Hildebrand F.S., 1943. A Review of the American Anchovies (Family Engraulidae). *Bingham Ocean Coll. Bull. Vol. VIII, 2*.
- Holden, M.J. & D.F.S. Raitt., 1974. Manual of Fisheries Science. Part 2- Method of Resource Investigation and their Application. *FAO Fish. Tech. Pap.* 115 (Rev.1), 214 pp.
- Hubbs, C.L., 1925. Racial and Seasonal Variation in the Pacific Herring, California Sardine and California Anchovy. *Calif. Dep. Fish. & Game, Fish. Bull.*, (8): 1-23.
- Hunter, J.R., 1977. Behavior and Survival of Northern Anchovy *Engraulis mordax* Larvae. *CalCOFI Rep., Vol. XIX*: 138-146
- Hunter, J.R. & S.R. Goldberg, 1980. Spawning Incidences and Batch Fecundity in Northern Anchovy *Engraulis mordax*. *Fish. Bull. U.S.* 77: 641-652.

- Hunter, J.R. & K.M. Coyne, 1982. The Onset of Schooling in Northern Anchovy Larvae, *Engraulis mordax*. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXIII: 246-251.
- Hunter, J.R., N.C.H. Lo & R.J.H. Leong, 1985. Batch Fecundity in Multiple Spawning Fishes. *NOAA Tech. Rep.*, NMFS 36: 67-77.
- Hunter, J.R., & B.J. Macewicz, 1980. Sexual Maturity, Batch Fecundity, Spawning Frequency and Temporal Pattern in the Northern Anchovy *Engraulis mordax*, during the 1979 Spawning Season. *CalCOFI Rep.* Vol. XXI: 139-149.
- Hunter, J.R., & B.J. Macewicz, 1985. Measurement of Spawning Frequency in Multiple Spawning Fishes. *NOAA Tech. Rep.* NMFS 36: 79-94.
- Jordan, D.S., 1923. A Classification of Fishes Including Families and Genera as far as Known. *Stan. Univ. Publ. Bio. Sci.* 3(2): 79-243.
- Jordan, D.S., 1968^r. The Genera of Fishes and a Classification of Fishes. *Stan. Un. Press.*, *Stan. Cal.* 1963.
- Jordan, D.S. & B.W. Evermann, 1963^r. The Fishes of North and Middle America. *Un. St. Nat. Mus. Bull.* 47, *Gov. Print. Off Wash.* 1896.
- Kesteven, G., 1971. Manual de Ciencia Pesquera, Parte I "Una Introducción a la Ciencia Pesquera". *FAO Tech. Pap. FIRM/T118 (Es)*.
- Kramer, D. & J.R. Zweifel, 1970. Growth of Anchovy Larvae (*Engraulis mordax*) in the Laboratory as Influenced by Temperature. *CalCOFI Rep.*, Vol. XIV.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller & D.R.M. Passino, 1977^r. Ichthyology. *Ed. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.*, 506 pp.
- Lasker, R., 1975. Field Criteria for Survival of Anchovy Larvae: the Relation Between Inshore Chlorophyll Maximum Layers and Successful First Feeding. *Fish. Bull.*, Vol. 73(3): 453-462.
- Lasker, R., H.M. Feder, G.H. Theilacker & R.C. May, 1970. Feeding, Growth and Survival of *Engraulis mordax* Larvae Reared in the Laboratory. *Mar. Biol.*, Vol. 5, No 4, Apr: 345-353.
- Lillelund, K. & R. Lasker. 1971. Studies of Predation by Marine Copepods on Fish Larvae. *Fish. Bull.*, U.S., 69(3): 655-667.
- Linnaeus, C, 1758. *Systema Naturae. Holmiae Ed. 10, 1: 1-824; y 1766, Ed. 12, 1.*
- Lo, N.C.H., 1985. A model for Temperature Dependent Northern Anchovy Egg Development and an Automated Procedure for the Assignment of Age to Staged Eggs. *NOAA Tech. Rep.* NMFS 36: 43-53.
- Lo, N.C.H., 1988. Preliminary Spawning Biomass Estimate of the Northern Anchovy in 1988. *NMFS, Southw. Fish. Cent. Adm. Rep. LJ-88-17*: 15 pp.
- Lotka, A.J., 1956^r. *Elements of Physical Biology. William & Wilkins, Baltimore, 1925*: 460 pp. (*Rept. Dover Publ.*).
- Loukashkin, A.S, 1970. On the Diet and Feeding Behavior of the Northern Anchovy, *Engraulis mordax* Girard). *Proc. Calif. Ac. Sc., Fourth Ss., vol. XXXVII (13)*: 419-458.
- Lynn, R.J., K.A. Bliss & L.E. Eber, 1982. Vertical and Horizontal Distribution of Seasonal Mean Temperature, Salinity, Sigma-t, Stability, Dynamic Height, Oxygen and Oxygen Saturation in the California Current, 1950-1978. *CalCOFI Atlas 30*, 530 pp.
- MacCall, A.D., 1974. The Mortality Rate of *Engraulis mordax* in the southern California. *CalCOFI Rep.*, Vol. XVII: 131-135.
- MacCall, A.D., 1980. Population Models for the Northern Anchovy (*Engraulis mordax*). *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Expl. Mer*, 177: 292-306.
- MacCall, A.D., 1982. Anchovy Biomasses from 1951 to 1981: a Reinterpretation Based on Egg Production. *Calif. Dep. Fish & Game c/o Southw. Fish. Cent. Manuscript*.
- MacCall, A.D., 1983. Population Models of Habitat Selection, with Application to the Northern Anchovy. *Ph. D. Thesis, Univ. Calif. S.Diego*, 170 pp.

- MacGregor, J.S. 1968. Fecundity of the Northern Anchovy, *Engraulis mordax* Girard. *Calif. Fish & Game* 54: 281-288.
- Mais, K.F., 1974. Pelagic Fish Surveys in the California Current. *Calif. Dep. Fish & Game, Fish. Bull.*, 162: 79pp.
- Mais, K.F., 1981. Age-Composition Changes in the Anchovy, *Engraulis mordax*, Central Population. *CalCOFI Rep. Vol. XXII*: 82-87.
- Mallicoate, D. L. & R.M. Parrish, 1981. Seasonal Growth Patterns of California Stocks of Northern Anchovy, *Engraulis mordax*, Pacific Mackerel, *Scomber japonicus*, and Jack Mackerel, *Trachurus symmetricus*. *CalCOFI Rep. Vol. XXII*: 69-81.
- Margalef, R., 1977². *Ecología. Ed. Omega, Barcelona, España*. 951 pp.
- Margalef, R. & M. Estrada, 1980. Las Areas Oceánicas más Productivas. *Inv y Ciencia, Núm. 40, Octubre*: 8-20.
- Matthews, S.W., 1973. This Changing Earth. *Natl. Geogr. Mag., Vol. 143(1)*: 1-37.
- Mayr, E., 1963. Animal Species and Evolution. *Harv. Univ. Press, Cambr., Mass.* 797 pp.
- Mayr, E., 1978. La Evolución. *Inv y Ciencia, Núm. 26 Nov.*: 6-16.
- McHugh, J.L., 1951. Meristic Variations and Populations of Northern Anchovy (*Engraulis mordax*). *Scripps Inst. Oceanogr. Bull.*, 6(3): 123-160.
- Merkel, T.J., 1957. Food Habits of the King Salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum), in the Vicinity of San Francisco, California. *Calif. Fish & Game* 43(4): 249-270.
- Messersmith, J.D., J.L. Baxter & P.M. Roedel, 1969. The Anchovy Resources of the California Current Region Off California and Baja California. *Calif. Mar. Res. Comm., CalCOFI Rept., XIII*: 32-38.
- Method, R.D., 1986. Synthetic Estimates of Historical Abundance and Mortality for Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. *N.M.F.S., Southw. Fish. Cent. Adm. Rep. LJ-86-29*, 85 pp.
- Method, R.D. & N.C.H. Lo., 1987. Spawning Biomass of the Northern Anchovy in 1987. *NMFS, Southw. Fish. Cent. Adm. Rep. LJ-87-14*: 46 pp.
- Miller, D.J., 1955. Studies Relating the Validity of the Scale Method for Age Determination of the Northern Anchovy (*Engraulis mordax*). In Age Determination of the Northern Anchovy. *Calif. Dep. Fish & Game, Fish. Bull. (101)*: 7-34.
- Moser, H.G., 1967. Seasonal Histological Changes in the Gonads of *Sebastes paucispinis* Ayres, an Ovoviviparus Teleost (Family Scorpaenidae). *J. Morphol.* 123: 329-354.
- Moser, H.G. & E.H. Ahlstrom, 1985. Staging Anchovy Eggs. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 36: 37-41.
- Newmann, G. & W.J. Pierson, Jr., 1966. Principles of Physical Oceanography. *Prentice-Hall, Inc. USA*. 545 pp.
- Norman J.R., 1932. A History of Fishes. *Fred. A. Stoller. Co. Publ. Ed. Great Britain*.
- Odum, E.P., 1972³. *Ecología. Trad. Esp. C. G. Ottenwaelder, Ed. Interamericana, México*. 639 pp.
- Parker, K., 1980. A Direct Method for Estimating Northern Anchovy *Engraulis mordax*, Spawning Biomass. *Fish Bull., US*, 78: 541-544.
- Pauly, D., 1980. On the Interrelationships between Natural Mortality, Growth Parameters and Mean Environmental Temperature in 175 Fish Stocks. *J. Cons. Inter. Explor. Mer.*, 39(2): 175-192.
- Pearl, R., 1930. The Biology of Population Growth. *Alfred A. Knopf, Inc., NY*.
- Pearl, R. & L.F. Reed, 1920. On the Rate of Growth of the Population of the United States since 1790 and its Mathematical Representation. *Proc. Natl. Ac. Sci. (Wash.)*, 6: 275-288.
- Pella, J.J. & P.K. Tomlinson, 1969. A Generalized Stock Production Model. *Inter. Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 9: 67-74.
- Phinney, R.A. (ed.), 1968. The History of the Earth's Crust. *Symposium Mem.*

- Picquelle, S.J. & R.P. Hewitt, 1983. The Northern Anchovy Spawning Biomass for the 1982-1983 California Fishing Season. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXIV: 16-28.
- Picquelle, S.J. & R.P. Hewitt, 1984. The 1983 Spawning Biomass of the Northern Anchovy. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXV: 16-27.
- Pommeranz, T. & H.G. Moser, 1983. Vertical Distribution Study. R/V Ellen B. Scripps, March 19-April 4, 1980. Technical Tow Data and Environmental Observations and Preliminary Data Lists and Summaries of Vertical Distribution of Northern Anchovy (*Engraulis mordax*) Eggs and Larvae. *Southw. Fish. Cent., NMFS, NOAA, Adm. Rep. LJ-83-01*, 368 pp.
- Radovich, J., 1982. The Collapse of the California Sardine Fishery, What Have We Learned? *CalCOFI Rep.*, Vol. XXIII: 56-78.
- Regan, C.T., 1911. The Classification of the Teleostean Fishes of the Order Ostariophysi. *Ann Mag. Nat. Hist., Series 8,7*: 13-32, 553-577
- Reid, J.L. Jr., 1967. Oceanic Environments of the Genus *Engraulis* Around the World. *CalCOFI*, Vol. XI: 29-33.
- Ricker, W.E., 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.* (191): 382pp.
- Rojas De Mendiola, B., 1978. El Alimento de la Anchoveta *Engraulis ringens* J. en un Area de Afloramiento (San Juan). *Inst. Mar Peru. Inf.* 49: 15 pp.
- Romer, A.S., 1966³. Vertebrate Paleontology. *Univ. Chic. Press, USA*, 468 pp.
- Romer, A.S., 1973². Anatomía Comparada (Vertebrados). *Trad. Esp. Dr. R. Folch, Nva. Ed. Interamericana, México*. 435 pp.
- Runcorn, S.K. (ed.), 1962. Continental Drift. *Symp. Mem.*
- Saville, A., 1964. Estimation of the Abundance of a Fish Stock from Egg and Larval Surveys. In J.A. Gulland (ed.), On the Measurement of Abundance of Fish Stocks. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer*, 155: 164-173.
- Saville, A. & D. Schnack, 1981. Some Thoughts on the Current Status of Studies of Fish Egg and Larval Distribution and Abundance. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 178:153-157.
- Schaefer, M.B., 1954. Some Aspects of the Dynamics of Populations Important to the Management of the Commercial Marine Fisheries. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 1: 26-56.
- Schaefer, M.B., 1957. A Study of the Dynamics of the Fishery for Yellowfin Tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 2: 247-285.
- Schaefer, M.B., 1967. Dynamics of the Fishery for the Anchoveta *Engraulis ringens*. *Off Peru. Bol. Inst. Mar Peru*, 1(5): 192-303.
- Smith, P.E., 1972. The Increase in Spawning Biomass of Northern Anchovy *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, Vol. 70(3): 849-874.
- Smith, P.E. & R.P. Hewitt, 1985. Sea Survey Design and Analysis for an Egg Production Method of Northern Anchovy Biomass Assessment. *NOAA Tech. Rep., NMFS 36*: 17-26.
- Soutar, A., 1967. The Accumulation of Fish Debris in Certain California Coastal Sediments. *CalCOFI Rep.*, Vol. XI: 136-139.
- Soutar, A. & J.D. Isaacs, 1969. History of Fish Populations Inferred from Fish Scales in Anaerobic Sediments of California. *Calif. Mar. Res. Comm., CalCOFI, XIII*:63-70.
- Soutar, A. & J.D. Isaacs, 1974. Abundance of Pelagic Fish During 19th and 20th Centuries as Recorded in Anaerobic Sediment Off the Californias. *Fish. Bull., U.S. Nat. Mar. Fish. Serv.*, 72: 257-273.
- Squire, J.L. Jr., 1972. Apparent Abundance of Some Pelagic Marine Fishes Off the Southern and Central California Coast as Surveyed by an Airborne Monitoring Program. *Fish. Bull. U.S.* 70:1005-1119.
- Stauffer, G.D. & R.L. Charter, 1982. The Northern Anchovy Spawning Biomass for the 1981-82 California Fishing Season. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXIII: 15-19.

- Stauffer, G.D. & S.J. Picquelle, 1980. Estimates of the 1980 Spawning Biomass of the Central Subpopulation of the Northern Anchovy. *Natl. Mar. Fish. Cent. Adm. Rep. LJ-80-09*:41 pp.
- Stauffer, G.D. & S.J. Picquelle, 1985. Procedures for Sorting, Staging, and Ageing Eggs. *NOAA Tech. Rep. NMFS 36*:33-35.
- Sunada, J.S., P.R. Kelly, I.S. Yamashita & F. Gress, 1981. The Brown Pelican as a Sampling Instrument of Age Group Structure in the Northern Anchovy Population. *CalCOFI Rep., Vol. XXII*:65-68.
- Tapia, O.V., C.E. Coto & C.M. Garcia, 1988. Determinación de Madurez Gonadal y Fecundidad en Anchoveta (*Engraulis mordax mordax*) de la Subpoblación Central. *SEPES, Inst. Nal. Pesca, Ciencia Pesquera VI*:69-101.
- Verhulst, P.F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. *Corresp. Math. et Phys.*, 10:113-121.
- Villamar, A. et al., 1979. Análisis y Propuesta Nacional sobre la Administración de la Pesquería de Anchoveta. *Doc. Int. Dep. Pesca, Dir. Gral. Inst. Nal. Pesca*. 224 pp.
- Volterra, V., 1926. Variations and Fluctuations of the Number of Individuals in Animal Species Living Together. In R.N. Chapman (ed.) "Animal Ecology". *McGraw-Hill Book Co. Inc. New York*. pp:409-448.
- Vrooman, A.M., P.A. Paloma & J.R. Zweifel, 1981. Electrophoretic, Morphometric and Meristic Studies of Subpopulations of Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. *Calif. Fish and Game 67(1)*:39-51.
- Wyrтки, K. 1975. Fluctuations of the Dynamic Topography in the Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.* 5:450-459.