

Anexo 2

1 Características biológicas de las especies

1.1 Distribución geográfica

La distribución de estas especies es muy amplia, discontinua y segregada en tres sub-poblaciones o stocks. La sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) y la macarela (*Scomber japonicus*) habitan desde Alaska hasta el Golfo de California y en años fríos se extiende hasta Mazatlán. Sin embargo, se ha propuesto que en el caso de esta especie existen dos centros de distribución: 1) En el Golfo de California, alrededor de las grandes islas, y 2) Al oeste de la península de Baja California, en Punta Eugenia, por lo que a partir de esos centros las poblaciones de sardina se expanden y se contraen obedeciendo señales ambientales.

A partir de esos centros las sub-poblaciones de sardina se expanden y se contraen obedeciendo señales ambientales desconocidas (Lluch-Belda *et al.*, 1995).

La anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) habita desde Vancouver hasta el Golfo de California (Hammann y Cisneros-Mata, 1989; Lluch-Belda *et al.*, 1995). La sardina crinuda (*Opisthonema medirastre*) se distribuye en el Pacífico Central Oriental Desde el norte del Golfo de California hasta la Bahía de Sachura, Perú. La macarela (*Scomber japonicus*) se encuentra desde Alaska hasta el Golfo de California (Berry y Barrett, 1963).

La distribución de los peces pelágicos menores responde a una combinación de factores bióticos y abióticos. Se ha propuesto que en el caso de sardina Monterrey, existen dos centros de distribución:

- En el Golfo de California, alrededor de las grandes islas.
- Al oeste de la península de Baja California, en Punta Eugenia.

A partir de esos centros las poblaciones de sardina se expanden y se contraen obedeciendo señales ambientales desconocidas (Lluch-Belda *et al.*, 1995).

Los pelágicos menores son peces que alcanzan longitudes entre los 10 y 30 cm y tienen un ciclo de vida corto. Suelen habitar en zonas costeras de alta productividad biológica, realizan migraciones estacionales por reproducción y alimentación y experimentan fuertes cambios de abundancia relacionados al ambiente.

1.2 Alimentación

Se alimentan de fitoplancton y de zooplancton. En particular la sardina Monterrey y la Japonesa, son omnívoras facultativas (Cadet y Berner, 1959; Manrique y Molina, 2000), aunque muestran preferencia por el fitoplancton (Kawasaki, 1983). Suelen congregarse en las zonas costeras aprovechando los procesos de surgencia (Lile, 1995). En la sardina piña y la macarela predomina la alimentación particulada sobre la filtración (Manrique y Molina, 2000).

1.3 Reproducción

La época reproductiva de los peces pelágicos menores es variable. La sardina Monterrey del Golfo de California se reproduce en invierno y primavera, con un breve desove en verano. En el área de Ensenada los desoves ocurren de enero a marzo y en junio-julio (Tabla 3).

Tabla 3.- Características biológicas de los pelágicos menores en que se basan las pesquerías de Ensenada y del Golfo de California.

Especie	Talla Promedio (mm)	Longevidad (años)	Fecundidad Relativa (ovocitos)	Reproducción (máximo)
Golfo de California				
<i>S. caeruleus</i>	167	7	19,913	nov-feb-jun
<i>Ophisthonema</i> spp.	166	6	32,562	abr-jul
<i>S. japonicus</i>	173	8		mzo-abr
<i>E. mordax</i>	85	4	9,854	feb-abr
Mazatlán				
<i>O. bulleri</i>	178.6		39,893.4	may
Ensenada				
<i>S. caeruleus</i>	190	7	24,282	ene-mzo-jun-jul
<i>E. mordax</i>	121	7	12,000	may-ago

En el Pacífico, la anchoveta desova en primavera y verano (Lluch-Belda *et al.*, 1995). Por la maduración asincrónica de los ovocitos, estas especies realizan desoves múltiples: en la época de reproducción la sardina puede desovar cada 15 días (Macewicz *et al.*, 1996) y la anchoveta cada ocho días (Castro-González y Tapia-Vázquez, 1995). Los desoves en el Pacífico se realizan en áreas protegidas con poca turbulencia, como ensenadas y bahías, estrategia para incrementar la sobrevivencia de las larvas (Bakun y Parrish, 1982). En el Golfo de California, la sardina Monterrey desova principalmente en la costa de Sonora, aunque se pueden encontrar huevecillos en el centro del Golfo (Hammann *et al.*, 1998).

La talla de primera reproducción de la sardina Monterrey puede variar. Las tallas mínimas registradas en la década pasada eran de 130-135 mm (Torres-Villegas *et al.*, 1986; Cisneros-Mata, 1987). En contraste, en 1994, la talla mínima fue de 120 mm (Cotero y Valles, 2002), en 1996/97 la talla mínima de reproducción bajó a 107 mm, y en 1998/99 subió de nuevo a 130 mm. La talla al 50% en la década pasada fue de 149 estimada por Torres-Villegas *et al.* (1986), mientras que en 1994 fue de 140 calculada por Cotero y Valles (2002), indicando una gran variabilidad en la longitud de reproducción.

La longitud promedio de sardinas y anchoveta fluctúa dependiendo de la magnitud del reclutamiento en diferentes años. Cuando en el Golfo de California

ocurren reclutamientos exitosos de sardina Monterrey, en los cruceros de investigación se captura una gran proporción de individuos pequeños.

En la región de Mazatlán, el desove para la especie *O. libertate* se realiza en los meses de verano-otoño (Páez-Barrera, 1976 y Lyle-Fritch *et al.*, 1997) y la talla de primera maduración sexual está reportada para la clase 131-140 mm de longitud patrón (Páez-Barrera, 1976) siendo necesario actualizar este dato, dada la naturaleza cambiante de esta especie. La época reproductora de la especie *O. medirastre* no se ha detectado en el noroeste mexicano; sin embargo, Rodríguez-Domínguez (1988) y Lyle-Fritch y colaboradores (1997) sugieren que probablemente sea en invierno. La especie *O. bulleri* inicia su desove en los meses de primavera y verano (Lyle-Fritch *et al.*, 1997). Para esta especie Castro González *et al.* (1996-1997) reportan una fecundidad de 39,893.4 para una longitud patrón media de 178.6, en el mes de mayo.

1.4 Crecimiento

Otro aspecto biológico de las especies que se ve afectado por los cambios en el sistema es el crecimiento corporal, variable que está en función de factores abióticos (viento, temperatura, surgencias, etc.), como de las relaciones que se establecen entre las propias especies de la comunidad. Junto con el proceso reproductor, el crecimiento es una de las variables que determinan la productividad de las poblaciones, al guardar relación directa con otros parámetros biológicos como la mortalidad natural (al ser ésta denso-dependiente), con la fecundidad y con la calidad de los huevos. En los pelágicos menores, el crecimiento determina en buena medida la fuerza de las clases anuales y, por tanto, los niveles de reclutamiento a la pesquería.

1.4.1 Parámetros de crecimiento

1.4.1.1 Anchovetas

El crecimiento de la anchoveta se ha estudiado en las poblaciones norteñas, central y sureña de la costa occidental de la Península, así como en la del Golfo de California, a partir de los métodos directos e indirectos. Los resultados muestran variaciones de tamaño para la misma edad, tanto regional como estacionalmente. En lo referente a la costa occidental, los estudios por región muestran que el crecimiento se realiza como un proceso heterogéneo, clinal, en toda el área de distribución de la especie; y que individuos de una misma edad presentan tamaños mayores en dirección norte y menor hacia el sur, lo cual está circunscrito en las áreas de distribución de cada población (Mallicoate y Parrish, 1981; Parrish *et al.*, 1981; Clark y Phillips, 1952). Un fenómeno similar se da también en función de la lejanía a la costa de las diferentes subpoblaciones (Parrish *et al.*, 1981). Las diferencias latitudinales en las tallas se han interpretado como características poblacionales

Los resultados sobre el crecimiento de la anchoveta muestran que se desarrolla como un proceso variable, geográfico y temporalmente, tanto entre las poblaciones como dentro de ellas, debido a diferencias ambientales, a su densidad poblacional y probablemente también en respuesta a los efectos de sobreexplotación de la pesquería.

1.4.1.2 Sardina Monterrey

Los parámetros de crecimiento de sardina Monterrey se han calculado con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y mediante diferentes métodos. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.- Estimados de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy para: *Sardinops sagax caeruleus*.

Método	L_{∞}	k	t_0	Área de estudio
Holt (1959)*	260.0	0.5	-	California
Beverton (1963)*	290.3	0.4-0.5	-	California
Félix-Uraga (1990)*	170.0 a 183.0	0.82 a 1.73	-0.0086 a - 0.0179	Bahía Magdalena
Molina y Pedrín (1976)**	198.6	0.32	-1.95	Golfo de California
Méndez-Dasilveria (1987)*	160.0	2.065	-0.0082	Golfo de California
Jiménez-Rodríguez (1991)*	202.9 a 245.6	0.28 a 0.59	-.021 a -1.66	Golfo de California
Estrada <i>et. al.</i> (1986) ***	227.5	0.39	-0.235	Golfo de California
Cisneros <i>et. al.</i> (1989)***	224.5	0.60	-0.16	Golfo de California
Cisneros <i>et. al.</i> (1991)***	250.0	0.43	-0.4014	Golfo de California
Nevárez <i>et. al.</i> (1992b)*	224.2	0.467	-0.8914	Golfo de California

*Estudios basados en la lectura de edad en otolitos

** Estudios basados en la lectura de edad en escamas

*** Estudios basados en el análisis de frecuencia de tallas

De manera similar a lo ya mencionado para la anchoveta, son evidentes las diferencias entre autores, que podrían deberse tanto al método empleado en la estimación como a crecimientos diferentes en función de la distribución geográfica (Holt, 1960; Félix-Uraga, 1990); reflejando, por lo tanto, respuestas particulares ante las condiciones ambientales de las diferentes regiones.

Las variaciones del crecimiento en esta especie han sido notables entre áreas y tiempos, particularmente cuando las poblaciones se han distribuido prácticamente a todo lo largo de la costa del Pacífico norteamericano, y en escalas de tiempo de décadas. De manera similar, durante las fases de alta y baja abundancia de las sardinias en las diferentes regiones del mundo, los organismos presentan características morfológicas particulares, en función de áreas y tiempos, no solo en términos de tallas mayores para las mismas edades sino también en caracteres como el número de vértebras. Ello contrasta fuertemente con la gran homogeneidad genética que se ha determinado para las poblaciones de sardina de la Corriente de California. Para algunos autores, la variación del crecimiento, entre otras características fenotípicas, está relacionada con las estrategias de las especies, diferentes en periodos de alta y baja abundancia (Lluch-Belda *et al.*, 1989).

1.4.1.3 Sardina crinuda

Al igual que otras especies, los parámetros de crecimiento de la sardina crinuda se han obtenido tanto a partir de métodos directos (lectura de edad de escamas) como indirectos (análisis de frecuencia de tallas). Los valores obtenidos se presentan en la tabla 5. Si bien los valores de **L_∞** y **K** tienen poca variación, el parámetro **t₀** varía notablemente, desde un máximo de -0.02 a un mínimo de -1.84, posiblemente porque en el último caso se empleó un valor ajuntado, de acuerdo con la longitud (edad) de eclosión de las larvas de crinuda.

Tabla 5.- Estimados de los parámetros de crecimiento de la ecuación von Bertalanffy para *Ophisthionema* spp. en el Golfo de California

Método	L _∞	K	t ₀
Estrada-García <i>et al.</i> (1986) ^{***}	231.6	0.508	-0.1845
García-Gómez y Molina-Valdez (1986) ^{**}	193.19 a 220.0	0.45 a 1.04	-0.02 a -1.84
Cisneros-Mata <i>et al.</i> (1989) ^{***}	216.3	0.50	-0.38
Nevárez-Martínez <i>et al.</i> (1992c) ^{***}	230.0	0.54	-172.00
Gallardo-Cabello <i>et al.</i> (1993) ^{**1}	208.17	0.39	-1.38
Acal (1994) ¹	179	0.70	-0.98

^{**}Estudios basado en la lectura de edad en escamas

^{***}Estudios basados en el análisis de frecuencia de tallas

¹ Parámetros para *O. libertate* de Mazatlán

1.4.1.4 Macarela

Para la macarela del Golfo de California y de Bahía Magdalena se han obtenido los parámetros de crecimiento mediante diferentes métodos, observándose

comparativamente poca variación (Tabla 6) (Cisneros-Mata *et al.* 1989; Gluyas-Millán, 1991).

Tabla 6.- Estimados de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy para: *Scomber japonicus*

Método	L_{∞}	k	t_0	Area de estudio
Gulland-Holt	273.99	1.2128	-0.019	Bahía Magdalena
López-Veiga	280.84	0.570	-0.019	Bahía Magdalena
Marquardt	299.00	0.550	-0.233	Bahía Magdalena
Pauly	293.00	0.500	-0.360	Golfo de California

1.4.1.5 Sardina japonesa

Para el Golfo de California, los parámetros de crecimiento estimados en base al análisis de frecuencia de tallas son los siguientes: L_{inf} = 230.5 mm; k = 0.86/año; t_0 = -0.11 (Cisneros-Mata *et al.*, 1989).

1.5 Variabilidad interanual del crecimiento

En términos generales existe una falta de estudios que exploren la variabilidad del crecimiento en escalas de tiempo interanuales; por otra parte, no es posible comparar los parámetros estimados de los estudios disponibles debido a los diferentes métodos aplicados.

Se considera que existen diferencias claras en el crecimiento de algunas especies en función de su distribución, como una probable respuestas a condiciones ambientales locales, particularmente en el caso de la sardina Monterrey. Las variaciones en los factores abióticos también se presentan en una misma zona a través del tiempo, y pueden llegar a ser tan pronunciadas como las que se registran entre áreas.

El crecimiento es una variable sumamente interrelacionada con todos los componentes del sistema que, al interior de las poblaciones puede gobernar otros procesos biológicos relevantes como mortalidad, reclutamiento, movimientos poblacionales, maduración sexual, etc., los cuales se han correlacionado con variaciones ambientales.

1.6 Patrones de reclutamiento

Se han analizado los patrones de reclutamiento de sardina Monterrey, crinuda, japonesa, macarela y anchoveta del Golfo de California (Cisneros-Mata *et al.*

1989, 1991), es decir, las épocas del año en que las especies alcanzan la edad de reclutamiento pesquero, definida como la de menor vulnerabilidad, pero capturable, a la pesquería (Sparre *et al.*, 1989). En general, los resultados muestran que existen para todas las especies analizadas dos periodos de reclutamiento, siendo uno de mayor magnitud que el otro. La Figura 5 muestra de manera esquemática los patrones de reclutamiento correspondiente.

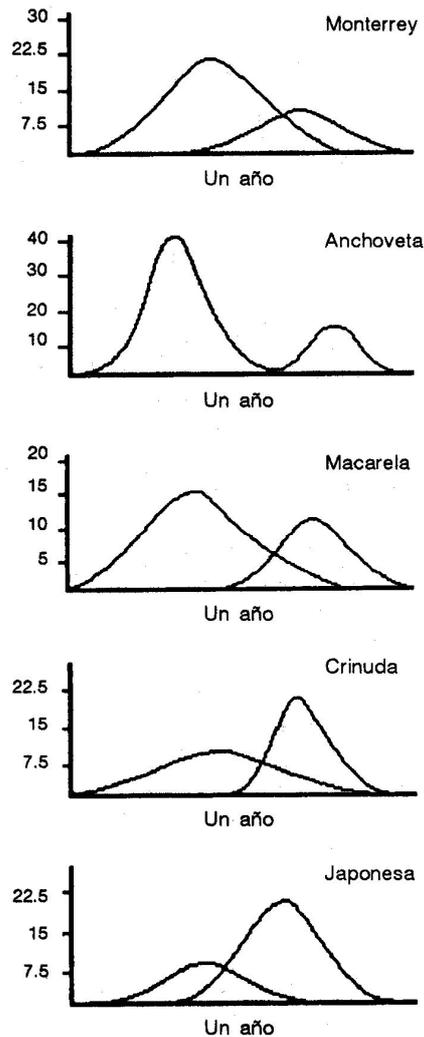


Figura 1.- Patrones de reclutamiento anual de sardina Monterrey, crinuda, japonesa, macarela y anchoqueta en el Golfo de California, según Nevárez-Martínez y Santos-Molina (*com. pers.*)

2 Métodos cuantitativos de simulación y predicción de la pesquería

Para el análisis técnico se aplican modelos diseñados para utilizar datos de las pesquerías con el propósito de simular la dinámica de la población de sardina Monterrey y estimar su rendimiento y disponer de los fundamentos robustos para la predicción y establecer las propuestas de manejo para las diferentes especies y regiones. A continuación se describen las características de dichos modelos:

2.1 Costa occidental de la península de Baja California

2.1.1 Sardina Monterrey capturada en Ensenada

La más reciente evaluación de biomasa de sardina Monterrey de la costa occidental de Baja California se realizó con el modelo CANSAR (*Catch at Age Analysis for Sardine*, Deriso *et al.*, 1996). Este es un modelo estructurado para evaluación de poblaciones derivada del modelo CAGEAN (Deriso *et al.*, 1985).

CANSAR utiliza diversos índices de abundancia independientes de la pesquería:

- Producción de huevos,
- Abundancia,
- Área de desove,
- Biomasa desovante,
- Captura semestral

El modelo fue diseñado para utilizar datos de las pesquerías de Ensenada y de California, E. U. Las predicciones se ajustan por iteración usando criterios de mínimos cuadrados para estimar los parámetros de la pesquería.

La simulación se basa en una *Matriz de Leslie* para una población de sardinas de 0 a 5 años de edad. El modelo asume que el desove ocurre en abril. La mortalidad natural (M) de 0.4 por año es constante para todas las edades e invariable en el tiempo.

El modelo estima el vector de reclutamiento anual (edad 0) de la sardina al comienzo del segundo semestre de cada año. La biomasa se calcula sumando los productos de abundancia en edad y el peso en edad de la población.

Con ese modelo se estimaron incrementos de biomasa de la edad 1+ desde aproximadamente 10,000 t en 1983 a 344,000 t en 1995 (Figura 6).

Esta tendencia creciente fue después analizada mediante redes de neuronas artificiales (Cisneros-Mata *et al.* 1996b), usando datos biológicos, pesqueros y ambientales.

2.1.2. Sardina Monterrey capturada en Bahía Magdalena

Las evaluaciones recientes en la zona de Bahía Magdalena también indican fuertes reclutamientos después de 1981, particularmente en las clases anuales 1984, 1989 y 1993 (Félix-Uraga *et al.*, 1996).

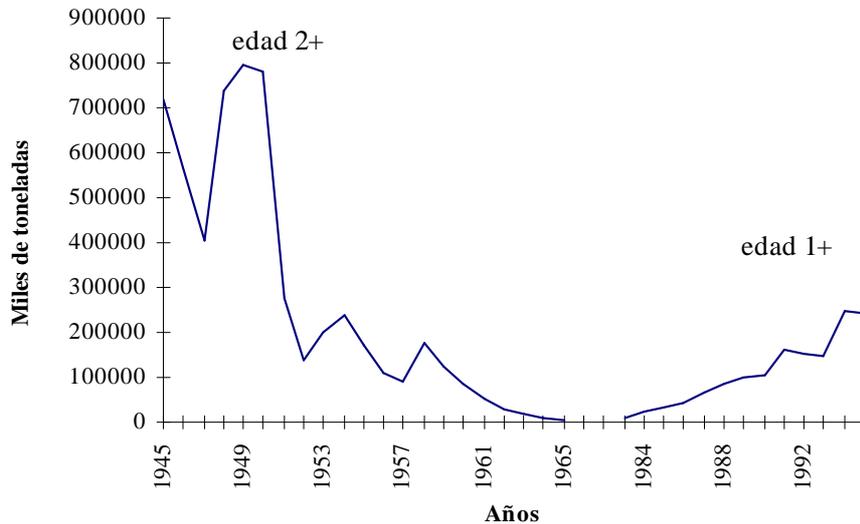


Figura 2. Biomasa de sardina Monterrey de edad 2+ para los años 1945-1965 (MacCall, 1979) y edad 1+ para 1983-1995 (Deriso *et al.*, 1996)

Las estimaciones de biomasa total, biomasa vulnerable, reclutamiento y fuerza de la clase anual en Bahía Magdalena, BCS han sido estimados utilizando una variante del modelo CANSAR (Deriso *et al.*, 1996). Esta se denomina CANSAR-BM, el modelo fue calibrado con índices de abundancia relativa de datos dependientes (CPUE) e independientes de la pesquería (huevos y larvas). La función objetivo que parametriza el modelo se basa en un algoritmo de minimización que pondera la contribución de cada índice de la pesquería (Morales-Bojórquez *com. per.*).

Los estudios de reclutamiento en Bahía Magdalena se han basado en analizar una relación de tipo Ricker (Hilborn y Walters, 1992), analizando dos hipótesis relacionadas con error de medición en los datos del stock adultos, o bien error en el modelo. La parametrización del modelo fue a través de la maximización de un algoritmo de máxima verosimilitud, encontrando un efecto de error en el modelo, que es mayor que el encontrado en los datos del stock adulto (Morales-Bojórquez, 1999). Posteriormente, un análisis con teorema de Bayes confirmó la hipótesis, a través de este enfoque también se estimó el rendimiento esperado de la pesquería de acuerdo con las probabilidades que se estimaron para los parámetros, el rendimiento esperado en la pesquería de sardina Monterrey es del orden de 20,200 t, las probabilidades de captura mayores que 40,000 y menores que 10,000 son menores al valor esperado, aunque estos marcan los límites estadísticos donde la captura es posible (Morales-Bojórquez, 2002).

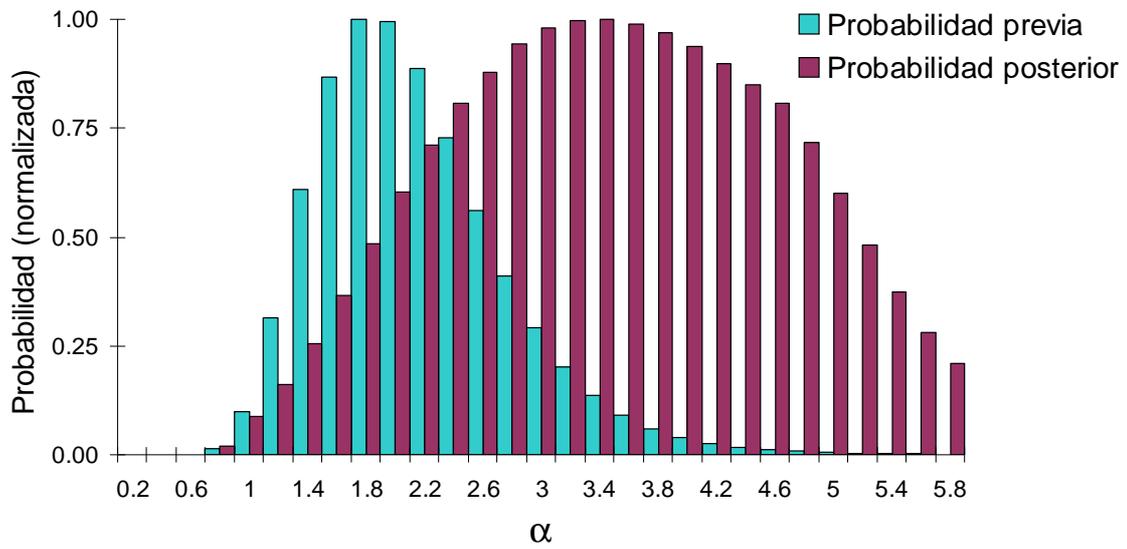
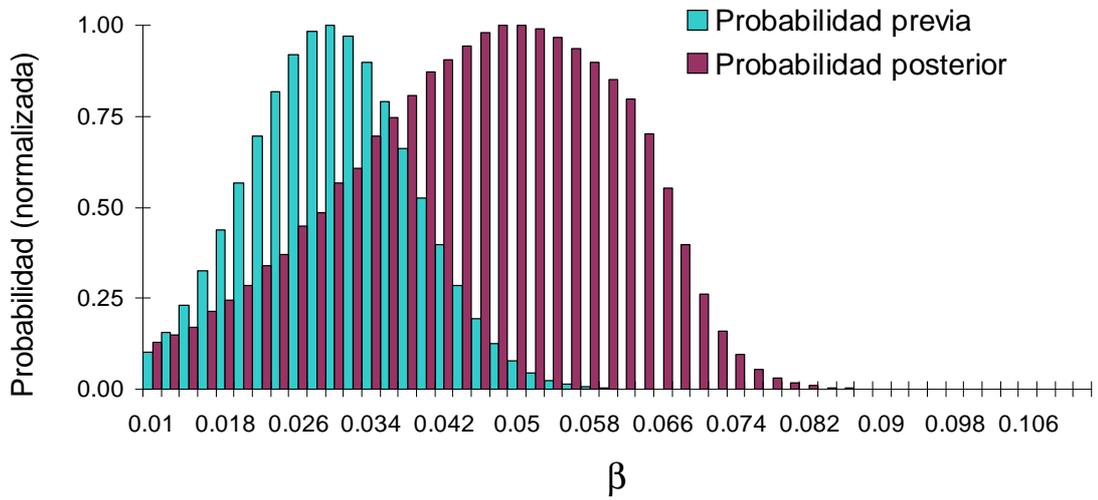


Figura 3.- Resultados del teorema de Bayes para el parámetro asociado a la mortalidad dependiente de la densidad (β) e independiente de la densidad (α).

El análisis previo demostró que el parámetro más sensible es el relacionado con la mortalidad independiente de la densidad, mientras que el parámetro de mortalidad dependiente de la densidad fue más robusto. Con la evidencia de los datos de la pesquería se analizó una nueva hipótesis que incluyera la variabilidad de la temperatura superficial del mar y su efecto sobre el parámetro asociado a la mortalidad independiente de la densidad. Los resultados mostraron que dicho parámetro muestra tendencias semejantes a las que tiene el reclutamiento de la sardina (Morales-Bojórquez et al., 2003). En este sentido, se planteó un punto de referencia basado en el valor esperado de la mortalidad independiente de la densidad de 3.38, marcando por debajo de este valor bajos reclutamientos a la pesquería (Morales-Bojórquez et al., 2003).

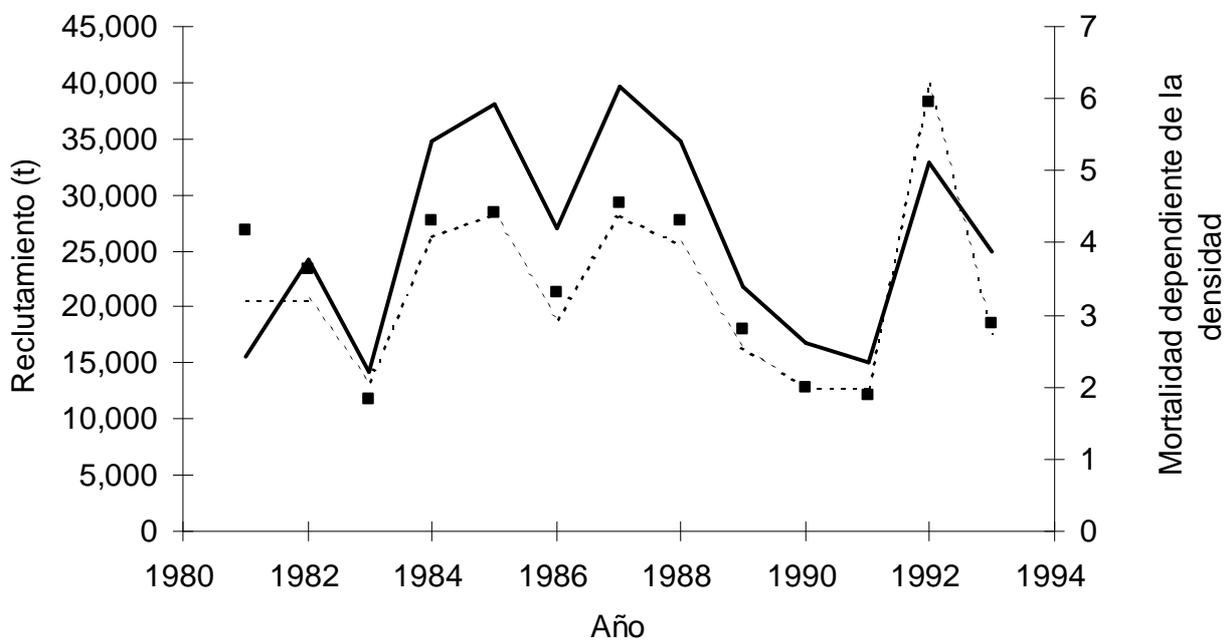


Figura 4.- Variación anual del reclutamiento y de la mortalidad independiente de la densidad (Tomado de Morales-Bojórquez et al., 2003).

2.2 Golfo de California

En Sonora constantemente se realizan análisis de diversa índole para determinar el estado de los recursos y de la pesquería. Los análisis se basan en información derivada de la pesquería, de datos ambientales de registro continuo, y cruceros oceanográfico-pesqueros.

2.2.1 Sardina Monterrey

Para determinar el impacto de la pesquería en la población de sardina Monterrey del Golfo en los últimos años, se hizo un análisis de cohortes (Nevárez-Martínez *et al.*, 1997) para capturas estructuradas por tallas (Jones, 1984).

El análisis indicó un incremento en el reclutamiento. Es factible que ello se relacione con la variabilidad ambiental (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1995; Shannon *et al.*, 1988), y al reclutamiento denso-dependiente de la especie (Cisneros-Mata *et al.*, 1996a).

Con base en un Análisis de Población Virtual (VPA) se encontró que la población de adultos reproductores aumentó lentamente desde 1973 hasta 1986, para luego decrecer en 1987 (Cisneros-Mata *et al.*, 1995). La disminución poblacional alcanzó sus niveles más bajos en 1989-92 y se reflejó directamente en las capturas de la flota sardinera. Este marcado descenso fue seguido por un fuerte incremento a partir de 1992/93 (Martínez-Zavala, no publicado).

Sin embargo, los cruceros de pesca de prospección indican que sin bien hay una gran cantidad de juveniles, la población de sardina Monterrey ya no está creciendo como al inicio de los años noventa (Cisneros-Mata *et al.*, 1997).

Acorde a la variabilidad temporal de la biomasa de la sardina Monterrey, se han realizado varias evaluaciones del rendimiento recomendable. En las condiciones actuales en que la sardina está en recuperación, se estima una captura máxima de 170,000 t por temporada (Nevárez-Martínez *et al.*, 1997).

Otro análisis asumió las condiciones de la sardina Monterrey en 1989/90, la temporada de captura récord (Nevárez-Martínez *et al.*, 1999). Por lo tanto, el rendimiento estimado puede considerarse como el máximo promedio. El estudio se basó en un modelo dinámico, bioeconómico, aleatorio, estructurado por edad. Fue calibrado por iteración con datos de captura observados durante 18 temporadas de pesca. El modelo incluye un *shock* aleatorio en el reclutamiento, a su vez dependiente de la densidad.

El rendimiento promedio estimado como óptimo desde los puntos de vista biológico y económico es de 220,000 t por año para una relación costo-beneficio a largo plazo de 1.1. Se encontró que el punto de referencia adecuado para esta pesquería es 0.9 FRMS, con una tasa de mortalidad por pesca F óptima de 0.26 por año. Es decir, la F que maximiza la relación costo-beneficio es 90% de la F que maximiza el rendimiento máximo sostenible desde el punto de vista biológico.

Un aspecto importante en el manejo de estos recursos es determinar el efecto de la pesca de juveniles y de adultos en estado de gravidez. Para la sardina

Monterrey se investigaron dichos aspectos mediante un modelo dinámico estructural con resolución mensual (Cisneros-Mata *et al.*, 1998).

El análisis indicó que para una captura esperada de 190,000 t, pescar antes de la reproducción genera un impacto negativo al reducir la tasa de crecimiento poblacional en 7% por año. Si adicionalmente se captura 30% en número de sardinas juveniles la tasa de crecimiento se reduce en 8%. La captura real en esas condiciones disminuye también a 150,000 t. La máxima captura deseable de sardinas juveniles en todo caso es de 20% por mes.

2.2.2 Sardina crinuda

En recientes evaluaciones de las pesquerías de sardina crinuda, japonesa, y bocona se utilizaron modelos tradicionales (Cisneros-Mata *et al.*, 1997).

Para sardina crinuda, la biomasa media anual en el periodo de 1991 a 1996 fue de 62,000 t, y el RMS de 54,000 t. Estas cifras se aplican a *O. libertate*, que comprende casi el 100% de las descargas de crinuda en Sonora.

Debido a la abundancia de sardina crinuda en temporadas El Niño, es importante para el CRIP Guaymas pronosticar su captura. Mediante un modelo de regresión basado en datos históricos de temporadas El Niño, se estimó una captura de 50,000 t para 1997/98 (Cisneros-Mata *et al.*, 1997). La captura registrada en esa temporada fue de 62,000 t. Este tipo de modelo predictivo se ha aplicado cada año, obteniendo siempre resultados satisfactorios.

2.2.3 Sardina japonesa

Para sardina japonesa, la biomasa promedio de 1991 a 1996 fue de 6,900 t y el RMS de 5,560 t.

2.2.4 Anchoveta

En el Golfo de California se han realizado dos evaluaciones de biomasa de anchoveta por el Método de Producción de Huevos. La biomasa de adultos aumentó de 105,100 t en 1991 (Cotero-Altamirano y Green-Ruíz, 1997) a 235,000 t en 1994 (Cotero-Altamirano, CRIP Ensenada, *com. pers.*).

Para estas especies se recomienda una tasa de explotación de 0.25 (Beddington y Cooke, 1983). Con una tasa de mortalidad natural M de 0.95 (Cisneros-Mata *et al.*, 1997), y con la media de ambas estimaciones de biomasa, se tiene que el rendimiento adecuado para la anchoveta es de 51,000 t.

Se está explorando la aplicación de programas de pesca basados en el tamaño de las existencias, medidas por lo menos anualmente mediante técnicas de hidroacústica. Se prevé seguir desarrollando más modelos para predicción, calibrados con información independiente de la pesquería, además de la

derivada de ésta. Se utilizarán datos de cruceros, de estaciones de monitoreo ambiental, estructura de edad, y reproducción. La resolución mensual continuará siendo la característica de tales modelos.

Literatura citada

Beddington, J.R. y J.G. Cooke. 1983. The potential yield of fish stocks. FAO Fisheries Technical Paper 242: 47 pp. Roma.

Berry, H. & I.Barret. 1963. Gillraker analisis andspeciation in the thread Herring Genus *Opisthonema*.Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 2(VII): 1-153.

Castro-González, J.J & O.M. Tapia-Vázquez. 1995. Frecuencia de desove de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) en la costa Occidental de Baja California, México. Ciencia Pesquera 11: 28-31.

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. Serie Científica del Departamento de Pesca 20.

Cisneros Mata, M.A. 1987. Biología reproductiva de sardina Monterrey en la costa occidental de Baja California Sur y costa de Sonora. En: pp. 47-53 (M. Ramírez Rodríguez, Ed.), Memorias del simposium sobre investigación en biología y oceanografía pesquera en México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas/IPN, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Cisneros Mata, M.A., J. Estrada García, J.P. Santos Molina, A. Godínez Cota y C.E. Alvarado Sarabia. 1989. Diagnóstico de la pesquería de sardina en el estado de Sonora. Secretaría de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera. Programa Nacional de Investigación de Sardina. Guaymas, Son. julio de 1989.

Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez, & M.G. Hammann. 1995. The rise and fall of the Pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, Mexico. CalCOFI Rep. 36: 136-143.

Cisneros-Mata, M. A., M. O. Nevárez-Martínez, G. Montemayor-López, J. P. Santos-Molina y R. Morales-Azpeitia. 1991. Pesquería de sardina en el Golfo de California 1988/89-1989/90. SePesca, Inst. Nal. de la Pesca. CRIP Guaymas. Guaymas, Sonora. Agosto 1991. 80 p.

Cisneros-Mata, M.A., G. Montemayor-López & M.O. Nevárez-Martínez. 1996a. Modeling deterministic effects of age structure, density dependence,

environmental forcing and fishing on the population dynamics of *Sardinops sagax caeruleus* in the Gulf of California. CalCOFI Rep. 37: 201-208.

Cisneros-Mata, M.A., T. Brey, T. Jarre-Teichmann, W. García-Franco & G. Montemayor-López. 1996b. Redes de neuronas artificiales para el pronóstico de biomasa de sardina del Pacífico y su medio ambiente. Ciencias Marinas 22: 427-442.

Cisneros Mata, M.A., M.O. Nevárez Martínez, M. Á. Martínez Zavala, M.L. Anguiano Carrasco, J.P. Santos Molina, Á.R. Godínez Cota y G. Montemayor López. 1997a. Diagnóstico de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California de 1991/92 a 1995/96. Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas. Diciembre de 1997, 59p.

Cisneros-Mata, M.A., M.A. Martínez-Zavala, E. Coterro-Altamirano, W. García-Franco & F. Páez-Barrera. 1998. Recomendaciones para el manejo de las pesquerías de pelágicos menores del noroeste de México. Dictamen Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Clark, F. N. Y J. B. Phillips. 1952. The northern anchovy (*Engraulis mordax mordax*) in the California fishery. Calif. Fish and Game 38(2): 189-207.

Coterro-Altamirano, C. E. & Y.A. Green-Ruiz. 1997. Biomasa desovante de anchoveta (*Engraulis mordax*) en el Golfo de California. CalCOFI Rep. 38: 171-179.

Deriso, R.B., T. J. Quinn II & P. R. Neal. 1996. Catch-age analysis with auxiliary information. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 815-824.

Deriso, R.B., J.T. Barnes, L.D. Jacobson & P. Arenas. 1996. Catch-at-age analysis for Pacific sardine (*Sardinops sagax*), 1983-1995. CalCOFI Rep. 37: 175-187.

Félix-Uraga, R. 1990. Crecimiento de *Sardinops sagax caeruleus* en Bahía Magdalena, México. Inv. Mar. CICIMAR 5: 27-31.

Félix-Uraga, R., R.M. Alvarado-Castillo & R. Carmona-Piña. 1996. The sardine fishery along the western coast of Baja California, 1981 to 1994. CalCOFI Rep. 37: 188-192.

González, D.G., Jacquemin, P.P., Garci-Crespo, R.R. & Mora, A.P. 1982. México, El Mar y sus Recursos. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Hammann, M.G. & M.A. Cisneros-Mata. 1989. Range extension and commercial capture of the Northern anchovy *Engraulis mordax* Girard, in the Gulf of California, Mexico. Calif. Fish and Game 75: 49-53.

Hammann, M.G., M.O. Nevárez-Martínez, & Y. Green-Ruíz. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: Egg and larval distribution 1956-1957 and 1971-1991. CalCOFI Rep. 39: 169-179.

Jones, R., 1984. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). FAO Fish. Tech. Pap., (256): 118 pp.

Kawasaki, T. 1983. Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? Biological basis in fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. Actas para la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos San José, Costa Rica, 18-29 de abril de 1983. FAO, Informe de Pesca 3 (291):1065-1080.

Lluch-Belda, D., J. M. Crawford, T. Kawasaki, A. D. MacCall, R. H. Parrish, R. H. Schwartzlose, and P. E. Smith. 1989. Worldwide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 8: 195-205.

Lluch-Belda, D., M.J. Arvizu, S. Hernández-Vázquez, D. LLuch-Cota, A.C.Z. Salinas, T. Baumgartner, G. Hammann, V.A. Cota, C.E. Coteró, F.W. García, O. Pedrín, S.M. Lizárraga, M.A. Martínez, R. Morales, M.O. Nevárez M., J.P. Santos M., R. Ochoa B., S.R. Rodríguez, J.R. Torres V & F. Páez B. 1995. Atlas Pesquero de México. Pesquerías Relevantes. Secretaría de Pesca / Instituto Nacional de la Pesca / Universidad de Colima (Cenedic).

Macewicz, B.J., J.J. Castro-González, C.E. Coteró-Altamirano & J.R. Hunter. 1996. Adult reproductive parameters of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. CalCOFI Rep. 37: 140-151.

Morales-Bojórquez, E. 1999. Análisis del error de proceso y de observación en la estimación del reclutamiento de la sardina del Pacífico (*Sardinops sagax caeruleus* Girard), en la costa suroeste de la Península de Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 25(4): 597-608.

Morales-Bojórquez, E. 2002. Teorema de Bayes aplicado a la estimación del rendimiento de la sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus* Girard) de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 28(2): 167-179.

Morales-Bojórquez, E., V. M. Gómez-Muñoz, R. Félix-Uraga y R. M. Alvarado-Castillo. 2003. Relationship between the sea surface temperature and density independent mortality of the Pacific sardine *Sardinops sagax* from western coast of Baja California peninsula, Mexico. *Scientia Marina*. 67(1): 25-32.

Nevárez-Martínez, M.O., M.A. Cisneros-Mata, M.A. Martínez-Zavala & J.P. Santos-Molina. 1997. Aplicación de dos métodos para determinar el rendimiento óptimo de la sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) del golfo de California: el uso de información auxiliar. *Océanides* 13(1): 31-39.

Nevárez-Martínez, M.O., E.A. Chávez, M.A. Cisneros-Mata, & D. Lluch-Belda. 1999. Modeling of the Pacific sardine *Sardinops caeruleus* fishery of the Gulf of California, México. *Fisheries Research* 41(1999): 273-283.

Páez, Barrera, F. 1976. Desarrollo gonadal, madurez, desove y fecundidad de sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Günther) de la zona de Mazatlán, basado en el análisis histológico de la gónada. *Mem. Prim. Simp. Rec. Mar. Mex.* 207-263.

Shannon, L. V., R. J. M. Crawford, G. B. Brundrit y L. G. Underhill. 1988. Responses of fish populations in the Benguela ecosystem to environmental change. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.* 45(1): 5-12.

Sparre, P., E. Ursin y S.C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306 p.

Torres-Villegas, J.R., M.A. Reinecke-Reyes & R. Rodríguez-Sánchez. 1986. Ciclo reproductor de *Sardinops sagax* (sardina Monterrey) en el Golfo de California. *Inv. Mar. CICIMAR* 3: 52-68.