

ISSN 03-707415

REVISTA DE LA SOCIEDAD
MEXICANA
DE HISTORIA NATURAL



1998 AÑO INTERNACIONAL DE LOS OCÉANOS

RAÚL GÍO-ARGÁEZ EDITOR

VOLUMEN XLIX

MÉXICO, D.F.

JULIO 1999

LA VARIABILIDAD OCEÁNICA INTERANUAL Y SU IMPACTO SOBRE LAS PESQUERÍAS

Interannual Variability Oceanic and its Impact on Fisheries

Daniel Lluch-Belda^{1,2}, Salvador E. Lluch-Cota², Daniel B. Lluch-Cota² y
Sergio Hernández-Vázquez².

RESUMEN

Se discuten los componentes del concepto de rendimiento sostenido y sus equivalentes o derivados como la base para la administración de los recursos pesqueros. Se señalan las premisas críticas del concepto y se apunta la manera en que la variabilidad ambiental puede afectarlo. Por otra parte, se analiza cada una de las principales escalas de variación interanual en el océano, ejemplificando con datos de la Corriente de California. Se discute la forma en que cada escala de variación puede afectar las premisas fundamentales del concepto de rendimiento sostenido y se concluye que la variación en la escala de décadas es la que actualmente puede afectar más la base conceptual. Finalmente, se propone que los esquemas futuros de administración de los recursos pesqueros deberán basarse más fuertemente en la eficiencia de la utilización de los mismos.

Palabras clave: Variabilidad interanual, manejo de pesquerías, pesca sustentable.

ABSTRACT

The components of the sustainable yield concept, and those of similar nature are discussed in their utilization as fundamental basis for the management of fishery resources. Critical assumptions are particularly emphasized, as are those ways in which environmental variability may affect them. Internnual variability scales in the ocean are discussed, the California Current information being used as example. Each environmental variation scale potential effects on fishery management is analyzed and the general conclusion is drawn that the major impact should be expected from interdecadal variation. Finally, it is suggested that future management schemes should be more based on efficiency of resource utilization.

Key Words: Variability interannual, management of fishery, sustainable fishing.

Introducción

Desde mediados de siglo en que se desarrollaron las bases de la biología pesquera hay un concepto fundamental para la administración de los recursos vivos del mar: el de rendimiento sostenido. Fué creado gracias al reconocimiento de que la explotación pesquera tiene un efecto real, medible sobre las

poblaciones naturales, superando de este modo la visión original de inagotabilidad de las mismas.

Si bien durante muchos años este fue el objetivo formal de muchos cuerpos de administración pesquera de diversas naciones, tuvo que esperar por diferentes razones hasta la Conferencia de Derecho del Mar (la CONFEMAR) para convertirse en el objetivo declarado de la administración de los recursos pesqueros. Desde entonces (la década de los 1970), con sus distintos nombres (captura permisible, rendimiento sostenido, etc.) sigue siendo el propósito formalmente establecido. Responde al mismo tipo de filosofía (y de hecho es su más fuerte basamento) que el desarrollo

1. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN.
Av. Instituto Politécnico Nacional s/n. Col. Sta. Rita Ap.
Postal 592. LaPaz, BCS, 23096. México.

2. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC.

sustentable. Es la piedra de toque del Tratado sobre Pesca Responsable.

En suma, la idea es explotar un recurso de manera tal que no se afecte su capacidad de regeneración para que pueda obtenerse de él una porción adecuada de manera continua.

Los grandes autores de la biología pesquera se nutrieron del conocimiento ecológico básico para construir modelos que permitiesen definir la forma en que un recurso debe explotarse para asegurar su continuidad. Scheffer (1954) se basó en el modelo sigmoideo de crecimiento poblacional; su famosa parábola de rendimiento en función del esfuerzo pesquero no es otra cosa que la velocidad anual de incremento de la población en función del nivel de la misma. Otros modelos similares se basan en la misma idea (Fox 1970).

En la base, se supone que una población crece a una velocidad que depende del número de individuos de la misma hasta alcanzar un nivel máximo promedio (la capacidad porteadora del medio de Odum (1953) o biomasa infinita). Si la pesquería extrae el mismo volumen que la población crece cada año se mantiene permanentemente en equilibrio. El rendimiento máximo sostenido se obtiene cuando se calibra el esfuerzo de pesca de tal manera que se mantiene a la población en el nivel en que produce un mayor crecimiento anual; en el caso más común este nivel está alrededor de la mitad de la biomasa máxima.

Hay una serie de características de los recursos pesqueros que hacen muy difícil lograr este propósito de rendimiento máximo sostenido, pero no es éste el lugar para discutirlos. Baste señalar que, a pesar de la simplicidad y elegancia del planteamiento, el esquema no ha logrado el propósito de mantener una captura sostenida en la mayor parte de las pesquerías explotadas.

Otros enfoques se han desarrollado a causa de estos fracasos. Quizá el más conocido es el de los modelos de biomasa dinámica (Hillborn 1992), que no supone la condición de rendimiento en equilibrio sino que considera la captura de cada año como una función del nivel de la población en el año anterior más su crecimiento menos las remociones. Evidentemente, se basa también en el supuesto de que la población tenderá a crecer a una velocidad que depende de su nivel hasta un nivel máximo (la biomasa infinita).

Por cualquier procedimiento que lo analicemos, el supuesto fundamental es el mismo. *La población*

crece hasta un nivel máximo que es constante, a una velocidad que depende de su tamaño. Este supuesto es compartido por todos los modelos disponibles y por el concepto mismo de sustentabilidad.

Esta premisa no es extraña; por el contrario, se relaciona estrechamente con un concepto ecológico muy general y ampliamente aceptado, el *equilibrio dinámico* (el "steady state" de Odum). En el fondo, ambos resultan de periodos de observación de una población (biomasa máxima) o un ecosistema (equilibrio dinámico) relativamente cortos, a lo largo de los cuales se mantiene una relativa constancia de año en año. Ha sido una excelente manera de reducir la enorme variabilidad de los sistemas vivos a dimensiones más manejables.

Sin embargo, a medida que los periodos de observación se alargan se va haciendo evidente que este enfoque funciona menos bien. El problema se agrava cuando pretendemos manejar los recursos naturales a largo plazo basados en un supuesto que funciona a corta escala de tiempo. En el caso de los recursos pesqueros, tema de este trabajo, ha sido la norma suponer que todos los casos en los que una población sujeta a explotación sufre un colapso han sido causados por la pesca.

La respuesta de la sociedad humana a estos casos se ha enfocado mayormente a los enfoques precautorios; se ha supuesto que no se han respetado los principios de la administración de los recursos basados en los conceptos establecidos en lugar de revisar los propios conceptos.

En este trabajo pretendemos discutir la evidencia que ya existe acerca de la variabilidad de las poblaciones marinas en el tiempo, así como la manera en que ese conocimiento puede afectar nuestros fundamentos de administración pesquera.

La variabilidad interanual del océano

Hay muchas escalas diferentes de variabilidad en los océanos, desde la diaria hasta la geológica. En el presente trabajo discutiremos exclusivamente la variabilidad entre años hasta un horizonte temporal máximo de siglos. Por disponibilidad de información, haremos especial referencia a la Corriente de California, aunque ocasionalmente nos referiremos a otras áreas.

La Fig. 1 (abajo) muestra las anomalías promedio (desviaciones de la media de largo plazo) de temperatura superficial del mar en 79 cuadrantes de

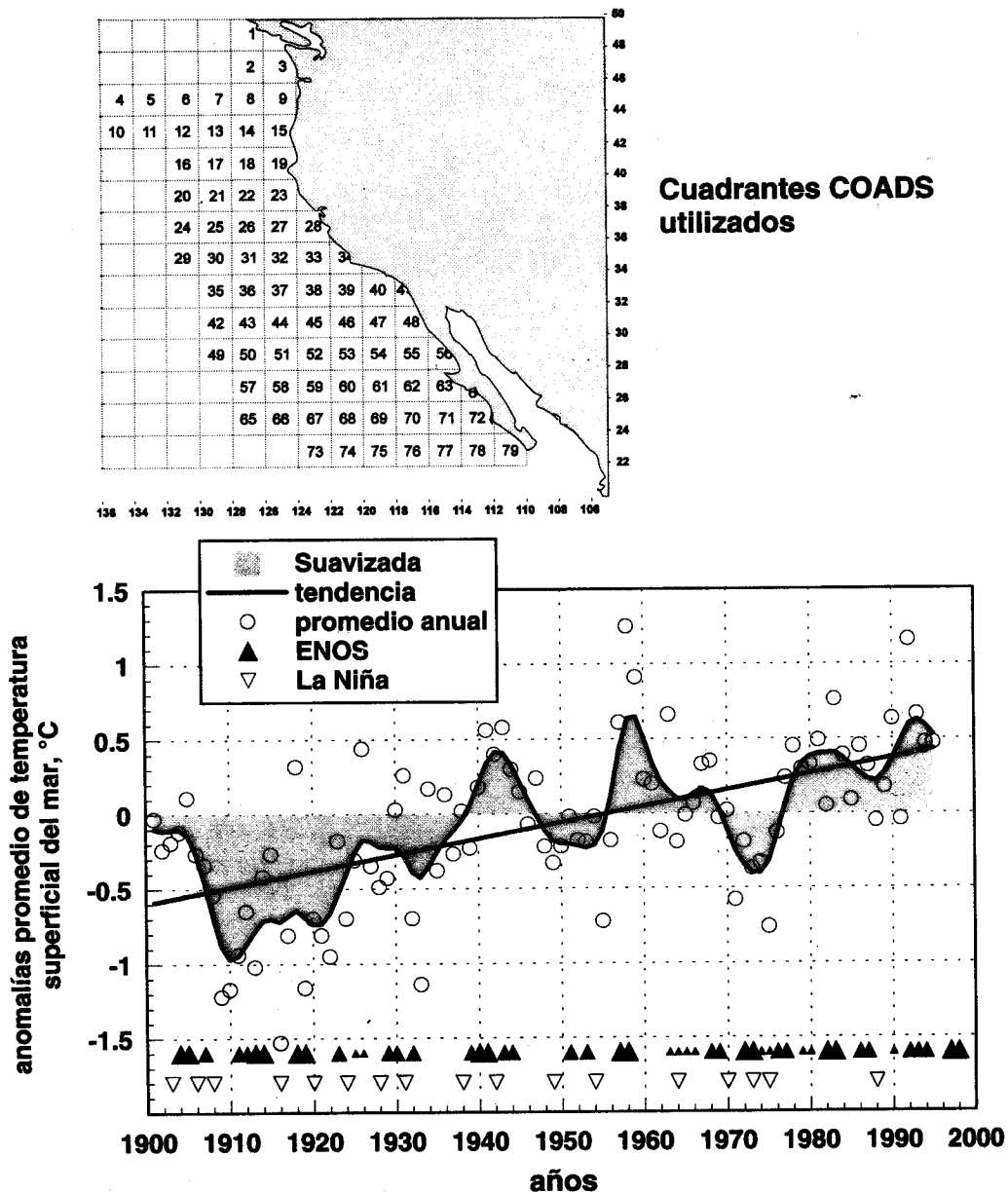


Figura 1. Anomalías promedio (desviaciones de la media mensual de 1900-1990) de temperatura superficial del mar en los 79 cuadrantes COADS mostrados en el mapa superior. Círculos: valores de anomalías mensual; línea con sombra al origen: anomalías suavizadas, filtrando la alta frecuencia; línea recta no sombreada: tendencia lineal. Triángulos llenos: distribución de condiciones ENOS; triángulos vacíos: distribución de condiciones La Niña.

2°x2° que se consignan en el recuadro superior de la misma figura. Los datos se obtuvieron de la base COADS (Roy 1998) y el procesamiento forma parte de un trabajo en preparación. La variabilidad interanual inmediata es evidente por la diferencia entre círculos que corresponden a años contiguos; los eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) se

muestran en la base de la gráfica con triángulos rellenos de tamaño proporcional a su intensidad; éstos datos provienen de Quinn, (1992) hasta 1990 y de (NOAA-CIRES) hasta el presente. Por debajo de estos últimos se muestran los eventos de enfriamiento conocidos como La Niña (o El Viejo, entre otras denominaciones).

Al filtrar la variabilidad de alta frecuencia mediante el procedimiento de spline cúbico (Anon. 1990) se revela un tipo de variación de mediano plazo, con oscilaciones irregulares en escala de décadas. Finalmente, una línea recta ajustada a todos los datos muestra la tendencia de largo plazo, de alcance secular.

Variabilidad interanual inmediata

Como puede apreciarse en la figura, los cambios interanuales contiguos son muy considerables; la diferencia promedio de toda la serie es de 0.4°C, pero hay grandes variaciones de hasta 1.5°C. La variabilidad entre años tampoco es constante; ha tendido a ser más alta entre 1915 y 1935 y hacia finales de la década de los 1950.

Variabilidad interanual de alta frecuencia: Los ENOS

Los ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) son eventos quasi cíclicos, con una frecuencia media aproximada de 5.5 años (desde 2 hasta 7), muy evidentes en el Océano Pacífico como una distribución anómala de la temperatura superficial del mar. Son, sin duda, el fenómeno interanual mejor conocido. En la gráfica se muestran 38 años con condición ENOS; es decir, un 38% del tiempo (más de una tercera parte), hay condición ENOS en el Pacífico. De estos eventos, 23 han sido de medianos a fuertes y 11 han sido fuertes o muy fuertes, según la clasificación de Quinn (1992).

Se trata de un cambio complejo en el clima del planeta, que se origina en el Pacífico tropical por una alteración importante del sistema océano-atmósfera. Los efectos de El Niño se transmiten hacia afuera de los trópicos a través de dos mecanismos principales, ambos con consecuencias mayores sobre la productividad de muchos ecosistemas marinos, especialmente costeros. El primero resulta directamente de la deflexión de la onda Kelvin que corre de oeste a este al desencadenarse el evento, y consiste de ondas costeras que transportan agua caliente y depauperada; al llegar la onda a las costas de América transporta agua del Pacífico central, mientras que al generarse las ondas hacia el norte y el sur, desplaza agua más cercana al ecuador. La señal identificable de estas ondas es un incremento en el nivel medio del mar que viaja hacia los polos y que, por compensación, hundan la termoclina. Así, además de transportar agua más cálida y pobre en nutrientes, incrementan la altura de la capa

superficial y el nivel de la capa rica en nutrientes se profundiza y queda menos al alcance de las surgencias, por lo que la fertilización de la superficie se abate o se interrumpe totalmente.

El segundo mecanismo se debe a teleconexiones; básicamente, a los cambios en los campos de presión atmosférica en grandes áreas. Durante los ENOS se hacen particularmente evidentes las presiones disminuidas en el Golfo de Alaska y a lo largo de la costa occidental de California y Baja California a lo largo del invierno. Ya que los campos de presión atmosférica determinan la dirección y velocidad de los vientos, estos cambios provocan directamente cambios en las surgencias. A lo largo de la costa de Baja California, por ejemplo, los cambios de presión resultan en vientos más débiles y por ende en una reducción del enriquecimiento superficial por surgencias.

Estos efectos combinados provocan una reducción significativa de la abundancia de fitoplancton durante los eventos ENOS, como se demostró a través de medición satelital remota durante el evento de 1982-83. En otras áreas, tales como la zona costera del área de surgencias de Perú y Chile, la biomasa fitoplanctónica se reduce hasta en un 95% durante un El Niño.

Adicionalmente a sus efectos sobre los procesos de enriquecimiento superficial, los eventos ENOS tienen impactos de muchos otros tipos. Debido a que hay un transporte neto de agua, muchos organismos son desplazados con ella. Un ejemplo particularmente llamativo es el de la langostilla, *Pleuoncodes planipes*, crustáceo galateido extraordinariamente abundante en la zona costera entre Punta Eugenia y Bahía Magdalena. Enormes masas de estos organismos en su fase pelágica han sido desplazados hacia tan al norte como San Francisco durante eventos El Niño; naturalmente, una vez pasado el evento mueren masivamente al restablecerse las condiciones considerablemente más frías de las áreas hasta las que fueron llevados.

Por otra parte, el aporte de agua caliente a grandes zonas con la consecuente elevación de la temperatura general favorece la invasión generalmente temporal de especies de movimiento dinámico; atunes y marlines expanden su área de distribución de manera extraordinaria durante estos eventos de calentamiento.

Por otra parte, ese mismo calentamiento restringe los movimientos migratorios normales de algunas especies templadas, con consecuencias severas sobre las pesquerías que se basan en su explotación. Un muy conocido ejemplo de este caso es el del salmón, que

normalmente penetra a la Sonda de Puget por el sur de la Isla Vancouver y es forzado a hacerlo por la parte norte durante eventos El Niño.

En el Golfo de California, la sardina Monterrey, especie de afinidad templada que aporta el mayor volumen nacional a la explotación pesquera, se capturaba básicamente durante su movimiento reproductivo hacia el sur, partiendo de la región de las grandes islas del Golfo a lo largo de las costas de Sonora y Sinaloa en los meses invernales, siguiendo los corredores de surgencias. Los eventos ENOS ocasionan la disminución de éstas y el incremento de la temperatura, reduciendo fuertemente el movimiento de la sardina hacia el sur y manteniéndola restringida a la zona de las grandes islas. Al mismo tiempo la sardina crinuda, una especie tropical, expande su área de distribución y penetra hasta las zonas en las que se pesca la primera (Lluch-Belda *et al.*, 1986). La industria necesitó adaptarse a procesar la sardina crinuda (que tiene diferencias con la Monterrey) y a pescar en otras zonas para resolver el problema de la ausencia de materia prima durante los periodos Niño.

El incremento de temperatura y la depauperación son a menudo fatales para especies sésiles. El sargazo gigante *Macrocystis pirifera* es la especie más notable e importante en comunidades templadas de fondos duros a lo largo de California-Baja California. Muchas especies dependen básicamente de esta alga para su subsistencia, incluyendo las distintas especies de abulones *Haliotis*. Los eventos ENOS y La Niña (el evento contrario, un enfriamiento temporal) tienen efectos severos sobre *Macrocystis*, que van desde disminución del crecimiento, cobertura y supervivencia (Tegner 1997) hasta la destrucción de los mantos por un incremento en las tormentas (Dayton y Tegner 1984, Graham *et al.* 1997).

Variación de mediano plazo: Los cambios en escala de décadas

Los cambios biológicos en la escala de varias décadas han sido conocidos desde hace tiempo. El "ciclo de Russell", que consiste en cambios en el zooplancton en el Canal de La Mancha que reflejan variaciones del ecosistema entre 1925-1935 y 1965-1979, relacionados también con cambios en la abundancia de arenques, sardinas, bacalao y muchas otras especies. Cushing (1982) hace un recuento particularmente útil de este evento.

La sincronía de cambios en la abundancia de sardina entre áreas muy separadas del mundo (Japón, Chile-Perú y California) fue señalada por vez primera por Kawasaki (Kawasaki 1983). La coincidencia de tendencias de abundancia de poblaciones de sardina y anchoveta a nivel planetario expandió los conceptos originales para plantear el "problema de Régimen" (Lluch-Belda *et al.* 1989).

Más recientemente, otras especies se han venido agregando a la lista de aquellas cuya abundancia ha variado en periodos prolongados decenales: atunes y otros en la pesca deportiva, caballitos de mar, salmones y otros pelágicos además de sardinas y anchovetas (Bakun 1996; MacCall 1996), etc.

El principal problema para reconocer este tipo de variación reside en que tradicionalmente se han interpretado las bajas de abundancia como una consecuencia de la explotación comercial, a menudo intensa, a la que estas especies han estado sujetas. Hay aún, en un gran sector de la investigación pesquera, una fuerte renuencia a reconocer el efecto de los cambios inducidos por el ambiente. Esta discusión no es nueva; el trabajo clásico de Clark y Marr (1955) inició formalmente un debate que está lejos de haber sido resuelto.

No obstante, lo que es evidencia incuestionable es el hecho de que al menos sardinas y anchovetas han variado en órdenes de magnitud semejantes tanto en volumen como en tiempo durante mínimamente los últimos 2,000 años en ausencia total de pesca, según se desprende de la abundancia de escamas de ambas especies en los sedimentos laminados de la Cuenca de Santa Bárbara; otras localidades equivalentes como la Cuenca de Guaymas y la de La Soledad han mostrado variaciones similares (Soutar 1967; Baumgartner, 1992). Variaciones similares se registran también en pesquerías con registros muy antiguos, como la pesquería de sardina en Japón y la de arenque de Bohuslan (Alheit 1997).

Este tipo de variación ha sido también documentada respecto a sus efectos de gran escala geográfica cuando ocurre un cambio. Beamish (1995) ha mostrado que entre 1976 y 1977 ocurrió un cambio a nivel planetario que pudo observarse en muchas series de datos, tanto oceánicos como atmosféricos (Trenberth 1990; Graham 1994). A nivel biológico, este cambio se reflejó tanto en poblaciones explotadas (Francis 1991, 1994) como en otras no sujetas a la influencia antropogénica (Polovina 1995; Roemmich 1995).

Al revés de lo que sucede en el caso anterior (el de la variación de alta frecuencia debida a los ENOS), sólo disponemos de indicios aún oscuros de cuáles son los mecanismos a través de los cuales el cambio ambiental actúa sobre las poblaciones alterando su abundancia. La mayor parte de la evidencia se basa en simultaneidad de eventos y, por lo mismo, en correlaciones empíricas. Muy pocas hipótesis se han generado; las que han recibido más atención son las siguientes:

- a) el conocido como "Problema del Reclutamiento", basado esencialmente en la idea original de (Hjort 1914), que establece una etapa crítica de supervivencia (la de la larva eclosionante) como la fuente de variabilidad del reclutamiento. Dos escuelas principales han seguido esta hipótesis.

La primera, de Cushing (1982, por ejemplo) que ha trabajado mayormente con arenque en el Mar del Norte y que asigna la mayor parte de la variabilidad a la coincidencia o desfase del desove con el ciclo anual de productividad y, por ende, la disponibilidad de alimento para la larva temprana.

La segunda, básicamente en California dentro del Programa CalCOFI cuyo planteamiento teórico deriva mayormente de Lasker (1978, por ejemplo), que trabajando esencialmente con anchoveta llegaron a la conclusión de que la estabilidad del océano es un factor determinante en la formación de parches de concentración adecuada de alimento para la larva. Lasker y MacCall revisaron y discutieron la mayor parte de los trabajos en este sentido.

- b) La hipótesis de Kawasaki (1983) supone que el incremento de sardina se debe esencialmente a un incremento en la abundancia de fitoplancton debido a mayor radiación solar. Ya que la sardina es de las pocas especies marinas que puede aprovechar directamente la producción primaria, este incremento le permitiría a la población crecer rápidamente. Por otra parte, supone cambios fisiológicos en las poblaciones abundantes de sardina, que forman una forma migratoria equivalente a las de las langostas en tierra. Esta forma es más grande y con gran capacidad de desplazamiento.
- c) Finalmente, (Lluch-Belda *et al.* 1991) propusieron como la fuente de variación del reclutamiento más importante la magnitud del desove, determinado mayormente por temperaturas adecuadas a lo largo de periodos prolongados y enriquecimiento por surgencias.

Bakun (1996) y MacCall (1996) han discutido los mecanismos propuestos, llegando a la conclusión evidente de que aún no se dispone de una explicación satisfactoria que abarque los ejemplos conocidos.

Variación gradual irreversible de largo plazo

Aunque es indudable que deben existir ciclos de variabilidad mayores que los decenales, no han sido aun identificados a un nivel razonable para poder trabajar con ellos. Aun los registros largos (por ejemplo los de escamas de sardinas en sedimentos laminados) están dominados por la variabilidad en escala de décadas y cualquier otro ciclo mayor está oscurecido por la intensidad de esa señal.

Ante la ausencia de esa evidencia, la única variabilidad que permanece en escalas de tiempo mayores a la decenal y menores que la geológica es aquella derivada de tendencias seculares de cambio climático; de éstas, la más recurrentemente abordada es la conocida como calentamiento global por efectos antropogénicos de acumulación atmosférica de gases con efecto invernadero.

La integración más reciente de lo que se sabe acerca de este tema se llevó a cabo en 1995 por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en el cual hay un capítulo específicamente dedicado a pesquerías (Everett 1996). A lo más que se puede llegar por ahora es a supuestos generales por parte de especialistas, que es lo que se hizo en todos los campos.

Ya que por ahora el problema de las pesquerías en el mundo está dominado por la incapacidad de los esquemas administrativos actuales para manejar los recursos pesqueros, el agravamiento que pueda inducir el cambio climático parece poco significativo. Sin embargo, en la medida que se desarrollen sistemas administrativos más apropiados y si el cambio climático sigue según los patrones previstos, estas prioridades podrían invertirse.

En términos muy generales, es de suponerse que el volumen de la producción pesquera marina no cambie significativamente, siempre y cuando no se alteren los principales sistemas de corrientes y centros de presión. No obstante, es de suponer que el calentamiento global beneficiará a las pesquerías y a los sistemas acuícolas de latitudes medias y altas, al incrementar la temperatura y por lo mismo la velocidad de crecimiento individual.

Sin duda, las isotermas se correrán hacia los polos, determinando cambios geográficos de las poblaciones naturales. Si bien este efecto podría influir poco en sí mismo, podría tener efectos mayores cuando las áreas de alta productividad queden fuera de los límites térmicos adecuados.

Las consecuencias de la variabilidad sobre los esquemas de administración de los recursos pesqueros

Todas las escalas de variación discutidas arriba tienen potencialmente efectos mayores sobre la abundancia, distribución, reproducción y reclutamiento de las poblaciones sujetas a explotación. Sin embargo, sus efectos se traducen de distintas maneras.

Los cambios de corto plazo incrementan extraordinariamente la variabilidad interanual, pero su impacto generalmente se interpreta como ruido alrededor de la media de largo plazo. Dado el retraso normal en la aplicación de los sistemas administrativos para el manejo de recursos marinos, es posible que el reconocimiento del impacto de esta variación ambiental no hubiese tenido en la práctica un efecto mayor. En otras palabras, reconocer los cambios de corto plazo (1-2 años) en las características poblacionales de un recurso explotado habría agregado una enorme complejidad al problema y probablemente no hubiese sido significativamente mejor que considerar la media de largo plazo, incluyendo estas variaciones interanuales de breve duración.

No obstante, hay recursos que ameritan el esfuerzo. El abulón, por ejemplo, puede sufrir alteraciones mayores de supervivencia y crecimiento durante eventos ENOS que, sumados a una explotación intensiva, podrían ocasionar problemas de consecuencias importantes.

Por otra parte, la variación en escala decenal sí presenta el potencial para afectar severamente y de manera prolongada las características dinámicas de una población sujeta a explotación. Si, como parece haber ocurrido, la biomasa máxima de una población se altera sustancialmente como consecuencia de un cambio sostenido a lo largo de varias décadas, el resultado puede interpretarse como un efecto de sobreexplotación, siendo que se debió a cambios naturales. El esquema administrativo debe tener la capacidad de ajustarse a las nuevas condiciones o corre el riesgo de ser totalmente inadecuado.

Los cambios de largo plazo apenas empiezan a ser sugeridos en medio de grandes polémicas; aun no tenemos claro qué debemos esperar de esta tendencia gradual irreversible a un grado mayor que la especulación educada, pero lo que debiéramos mantener en mente es que seguramente tales cambios acumulados no tendrán efectos meramente lineales.

Las bases fundamentales del concepto de sustentabilidad implican la *máxima utilización posible de un recurso sin afectar su capacidad de regeneración*; el enfoque precautorio en la utilización de los recursos marinos enfatiza la segunda parte del concepto a costa de la primera. Usar menos, para no arriesgar; mientras no sepamos lo suficiente parece razonable. Sin embargo, la primera parte del concepto contiene implícito el argumento de que los recursos naturales deben poder ser utilizados al máximo posible en beneficio de la humanidad y tarde o temprano se deberá regresar a atender esta parte del concepto global.

A la velocidad a que crece la demanda de alimentos y materias primas, este retorno al concepto original deberá darse en los próximos años. Hay que tener en cuenta, además, que aún no hay casos documentados de especies que se hayan extinguido por pesca; el ya viejo concepto ecológico de que no son los depredadores los que acaban con sus presas, sino los competidores, todavía parece vigente. Ante esta realidad y el desgaste natural que resulte de las necesidades sociales, la ahora muy justificable actitud precautoria no tardará en ceder paso a nuevas formas de administración que equilibren los dos elementos del concepto.

Independientemente de las formas que tomen los nuevos esquemas administrativos y de los conceptos en los que se basen, es indudable que requerirán de un conocimiento más profundo del que ahora está disponible. Una comprensión más clara de estructuras y funcionamiento de poblaciones, comunidades, ecosistemas o como se quiera serán indispensable para no sólo entender relaciones causa-efecto, sino para pronosticar los cambios en función de las variabilidades antropogénica y natural. Lo razonable será esperar esquemas administrativos que den un peso mayor no sólo a la conservación de la capacidad autorregenerativa de los recursos, sino a la eficiencia de su utilización.

Literatura citada

- Alheit, J. a. E. H. 1997.** Long-term climate forcing of European herring and sardine populations. *Fisheries Oceanography* 6(2):130-140.
- Anon. 1990.** GRAFTOOL: Graphical Analysis System for scientific users, 3-D Corporation.
- Bakun, A. 1996.** Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics. San Diego, California, University of California Sea Grant - CIBNOR.
- Baumgartner, T. R., A. Soutar, et al. 1992.** Reconstruction of the History of Pacific Sardine and Northern Anchovy Populations over the Past Two Millennia from Sediments of the Santa Barbara Basin, California. *CalCOFI* 33:24-40.
- Beamish, R. J. 1995.** Response of anadromous fish to climate change in the North Pacific. Human Ecology and Climate Change: People and Resources in the Far North. D. L. a. D. R. J. e. Peterson. Washington, DC, Taylor and Francis: 123-136.
- Clark, F. N. and J. C. Marr, 1955.** Population Dynamics of the Pacific Sardine, California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations.
- Cushing, D. H. 1982.** Climate and Fisheries. London, Academic Press.
- Everett, J. T., A. Krovnin, D. Lluch-Belda, E. Okemwa, H.A. Regier and J.P. Troadec 1996.** Fisheries. Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. M. C. Z. R.T. Watson, R.H. Moss. Cambridge, Cambridge Univ Press: 511-537.
- Fox, W. W. 1970.** An exponential yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Am. Fish. Soc.* 99:80-86.
- Francis, R. C. a. S. R. H. 1994.** Decadal-scale regime shifts in the large marine ecosystems of the North-east Pacific: a case for historical science. *Fisheries Oceanography* 3(4):279-291.
- Francis, R. C. a. T. H. S. 1991.** Climate Change and Fisheries: What are the real issues? *The Northwest Environmental Journal, Univ. of Washington* 7:295-307.
- Graham, N. E. 1994.** Decadal scale variability in the 1970s and 1980s: Observations and model results. *Clim. Dyn* 10:60-70.
- Hillborn, R. a. C. J. W. 1992.** Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. New York, Chapman and Hall.
- Hjort, J. 1914.** Fluctuations in the great fisheries of North Europe viewed in the light of the biological research. *Cons. Perm. Int. Explor. Mer. Rapp. And Proc. Verb* 20:228.
- Kawasaki, T. 1983.** Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? - biological basis of fluctuation from the view point of evolutionary ecology. Reports of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and species composition of neritic Fish Resources. *G. D. Sharp and J. Csirke, FAO.* 291:1065-1080.
- Lasker, R. 1978.** The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California Current: Identification of the factors leading to recruitment failure. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 173:212-230.
- Lasker, R. a A. M. (1983).** New ideas on the Fluctuations of the clupeoid stocks off California. CNC/SCOR Proc. of the Joint Oceanographic Assembly 1982 - General Symposia. Ottawa, CNC/SCOR: 110-120.
- Lluch-Belda, D., F. J. M. B., et al. 1986.** Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible causes. *Rep. Calif. Coop. Fish Invest. XXVII:*136-140.
- Lluch-Belda, D., R. J. M. Crawford, et al. 1989.** World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. *South African Journal of Marine Science* (8):195-205.
- Lluch-Belda, D., S. Hernández, et al. 1991.** A hypothetical model for the fluctuation of the California sardine population (*Sardinops sagax caerulea*): Long-term variability of pelagic fish populations and their environment. T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba and A. Tamiguchi. New York, Pergamon Press: 293-300.
- MacCall, A. D. 1996.** Patterns of low-frequency variability in fish populations of the California Current. *CalCOFI Rep.* 37:100-110.
- NOAA-CIRES, Climate Diagnostics Center. Web page.
- Odum, E. P. 1953.** Fundamentals of Ecology. Philadelphia, W.B. Saunders Co.

Polovina, J. J. G. T. M. a. G. T. E. 1995. Decadal and basin-scale variation in mixed layer depth and the impact on the biological production in the Central and North Pacific. *Deep-sea Reseach* 42(10):1701-1716.

Quinn, W. H. 1992. A study of Southern Oscillation-related climatic activity for A.D. 622-1990 incorporating Nile River flood data. *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. H. F. a. V. M. Diaz. England, Cambridge Univ. Press: 476.

Roemmich, D. a. J. M. 1995. Climatic warming and the decline of zooplankton in the California Current. *Science* 267:1324-1326.

Roy, C. a. R. M. 1998. The Development and the Use of a Climate Database for CEOS using the COADS Dataset, ORSTOM editions.

Schaffer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.* 1(2):27-56.

Soutar, A. 1967. The accumulation of fish debris in certain California coastal sediments. *CalCOFI Reports* 11:136-139.

Trenberth, K. E. 1990. Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere. *Bull. Amer. Meteor. Soc* 71:988-993.