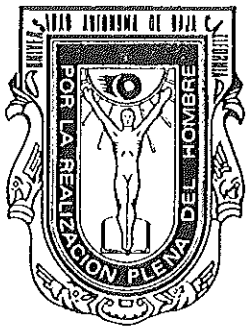

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

"INTEGRACIÓN DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL Y CLIMÁTICA EN LA ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS"

CASO DE ESTUDIO: LA PESQUERÍA DEL ABULÓN EN ISLA DE CEDROS.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA ESPECIALIDAD EN ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS MARINOS,
ÁREA DE ADMINISTRACIÓN DE PESQUERíAS,
PRESENTA

OC. RICARDO TRONCOSO GAYTÁN.

Ensenada, Baja California. Junio de 1999.

INTEGRACIÓN DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL Y CLIMÁTICA EN LA ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS PESQUEROS.

TESINA

QUE PRESENTA

OC. RICARDO TRONCOSO GAYTÁN.

APROBADA POR:

M.C. Héctor G. Manzo Monroy.
Presidente del Jurado

M. C. Carlos R. De Alba Pérez.
Sinodal Propietario

Oc. Julio Palleiro Nayar.
Sinodal Propietario.

INTEGRACIÓN DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL Y CLIMÁTICA EN LA ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS.

Caso de Estudio: La Pesquería del Abulón en Isla de Cedros, B. C.

Oc. Ricardo Troncoso Gaytán.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.....1

PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA.....1

LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y DE LOS RECURSOS.....3

LA FÍSICA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....3
LA ECOLOGIA DE LA VARIABILIDAD DE LOS RECURSOS PESQUEROS.....6
DETECCIÓN DE LOS EFECTOS CLIMATICOS EN LOS RECURSOS PESQUEROS.....8

EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....10

PARÁMETROS DEL CICLO VITAL.....10
PARÁMETROS ECOLÓGICOS.....12
PARÁMETROS ECONÓMICOS.....13
INTENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL ESFUERZO.....14
EFECTOS DE LA ABUNDANCIA SOBRE LOS MERCADOS.....15
PARÁMETROS SOCIALES.....15
MERCADO DE TRABAJO.....15
CONTRACCIÓN/DILATACIÓN DEL INGRESO.....16

ESTRATEGIAS DE RESPUESTA A LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....16

ADMINISTRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE ORDENACIÓN Y REGULACIÓN PESQUERA.....16

ASIGNACIÓN DE RECURSOS.....16
TEMPORADAS DE VEDA.....17
LIMITACIÓNES AL ARTE DE PESCA.....18
LIMITACIÓNES A LA CAPTURA PERMISIBLE.....19
CIERRE DE ÁREAS DE CAPTURA.....20

POLITICAS DE ADMINISTRACION. 21

EXPLOTACIÓN CON PARÁMETROS FIJOS.....22

CREACIÓN DE INSTRUMENTOS LEGALES.....23
CREACION Y DIFUSIÓN DE UNA CULTURA DE CONSERVACIÓN.....24
GENERACIÓN DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS ALTERNATIVAS.....26

RESÚMEN DE LAS CONSIDERACIONES GENERALES.....26

LA PESQUERÍA DEL ABULÓN EN ISLA DE CEDROS: CASO DE ESTUDIO.....28

ANTECEDENTES DE LA PESQUERÍA DEL ABULÓN.....29

DATOS Y MÉTODOS.....33

RESULTADOS.....38

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....49

BIBLIOGRAFÍA.....53

INTRODUCCIÓN.

PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA.

La necesidad de administrar los recursos surge cuando estos se vuelven escasos. Los recursos pesqueros no son la excepción. En las pesquerías se ha ido desde la imputación de la escasez a factores biológicos y ambientales, hasta los factores económicos como la cantidad y calidad del esfuerzo pesquero. Según señalan Hilborn y Walters (1992), los pescadores y algunos biólogos, han tendido a responsabilizar a factores biológicos o ambientales, de la disminución de las capturas en diferentes pesquerías. Sin embargo, las causas económicas (pesca excesiva) han tenido que ser aceptadas como causantes de escasez.

Al reconocerse la capacidad limitada de la producción máxima de las poblaciones naturales, surgió el concepto de Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) como un objetivo de la explotación racional (Russel 1931 citado por Enin 1996). Con este concepto y los de sobrepesca con respecto al crecimiento y al reclutamiento (Petersen 1894, 1903 citado por Enin 1996), los biólogos pesqueros se mostraron como los predecesores del actual concepto de Sustentabilidad. Schaefer (1954, 1957 citado por Enin 1996), construyó un modelo estático de producción excedente, en el cual se pueden identificar el RMS y el esfuerzo pesquero necesario para lograrlo. Al incorporar a este modelo el valor de las capturas y el costo del esfuerzo (Gordon 1954, citado por Enin 1996), se encontró que las máximas utilidades derivadas de la pesca de una especie, no corresponden al RMS sino a un nivel de captura inferior y un esfuerzo correspondiente inferior también. Al nuevo nivel de extracción se le llamo Rendimiento Máximo

Económico (RME). Cuando al modelo original de producción excedente, además de incorporársele la dimensión económica, se incluyen términos de índole social, tales como la generación de empleos, se puede definir un nuevo objetivo administrativo, el cual fue denominado Rendimiento Máximo Social (Panayotou 1982), y el nivel de extracción correspondiente cae, necesariamente, entre el RMS y RME, pues el gasto social ocurre a costa de la eficiencia económica privada.

Todos estos conceptos están basados en la condición de equilibrio, es decir, en la independencia del tiempo tanto del sistema como de sus parámetros. Sharp (1987) señala que las pesquerías son al menos un fenómeno de cuarto orden, es decir, son consecuencia de una serie de respuestas económico, ecológico, oceanográfico y climáticas. A este autor le parece claro que, la mayoría de las poblaciones son incapaces de alcanzar aun un quasi-equilibrio como para compensar al cambio continuo en las condiciones ambientales. Sabemos que los efectos de la variabilidad climática no son solo los directos sobre el desempeño biológico de los individuos y por lo tanto de la población bajo explotación, sino que afecta también el desempeño de otras especies, produciendose condiciones favorables a cambios en la estructura de la comunidad debidos a cambios en la dominación, sustitución, exclusión e incluso extinción local de especies, al presentarse variaciones en algunas de las dimensiones físicas de los hábitats (Jeffries 1994, Mysak 1986, Skud 1982 y Sharp1987).

La investigación de la variabilidad de las capturas en función de la variabilidad climática representa un costo extra a las investigaciones pesqueras. Sin embargo, cuando se desean emplear técnicas de optimización en el uso de los recursos, los modelos

utilizados requieren de estimaciones de parámetros lo más exactas (o lo menos inciertas) posibles, lo cual puede representar una inversión extra también. Se debe buscar un compromiso entre la necesidad de exactitud y precisión, que casi seguramente implica un aumento en el esfuerzo de muestreo y procesamiento, y el uso de esa información de alta calidad, en conjunción con algunos parámetros ambientales para intentar discernir la importancia relativa de la pesca y el ambiente en la condición del estado de los recursos.

La administración de los recursos debería volverse dinámica, es decir, la aplicación de los instrumentos de administración deberían cambiar su intensidad, tiempo de aplicación y duración, de acuerdo a las condiciones y circunstancias actuales y las esperadas de acuerdo a proyecciones resultantes de diferentes modelos no solamente de la abundancia y estructura de las poblaciones explotadas, sino que basados también en los probables efectos de la variabilidad climática esperada y sus efectos sobre el estado y la estructura proyectada del recurso. Esta aproximación no es actualmente factible. Una alternativa es la administración adaptativa o experimental, que se basa en el establecimiento de patrones de explotación que puedan ayudar a reducir la incertidumbre acerca de la dinámica y estado de los recursos (Smith 1997), como la de ayudar a probar hipótesis sobre la denso dependencia y el forzamiento ambiental (Parma y Deriso 1990) o hipótesis concernientes al cambio en la estructura de las comunidades (Sainsbury 1991, citado por Smith 1997).

VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y DE LOS RECURSOS.

LA FÍSICA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.

Usualmente, el clima es considerado una característica permanente de una región

determinada. Gracias al clima, se presentan la clase y tipo de ecosistemas que permiten la existencia de especies comercialmente valiosas. En realidad, se puede considerar que el clima se mantiene invariable a escalas de solo unos años (de 20 a 30), que es también la escala de la duración de una empresa pesquera, por ejemplo.

Sin embargo, dentro de estos periodos de 20 a 30 años, las fluctuaciones o perturbaciones del clima pueden causar un gran impacto en los ecosistemas, haciendo que las especies sufran consecuencias como migraciónes, falta de alimento, etc., por lo que es fundamental considerar a esas fluctuaciones climáticas para una eficiente planeación de estrategias de explotación de los recursos.

El estado del tiempo puede ser definido como el conjunto de elementos físicos (viento, humedad, temperatura del aire, etc.) en un periodo breve, del orden de horas y que puede cambiar drásticamente de un día a otro. El clima, por el contrario, se puede definir como el conjunto de elementos físicos promediados en un periodo relativamente grande, del orden de meses y años.

El concepto del clima puede ser extendido para incluir también las condiciones promedio de diversos parámetros oceanográficos. Estos pueden ser la temperatura promedio de las capas de agua y su salinidad, contenido de oxígeno, densidad, corrientes medias etc. Algunos autores, particularmente Laevastu (1993) definen a las condiciones marinas promedio como el hidroclima.

Dado su carácter de promedio, al clima se le asocia un significado de "normalidad". Un periodo corto será normal si no difiere significativamente de su norma climática, mientras que si la diferencia es significativa, nos referimos a esta como una

anomalía, positiva o negativa. Hay variaciones (anomalías) dentro de cada año y entre años que pueden considerarse aleatorias y que no se repiten. Por el contrario, cuando las anomalías son persistentes, por lo menos durante una estación o durante varios años, hablamos de variabilidad climática. Cuando las anomalías de los valores observados durante varios años o décadas, presentan una tendencia significativa, podemos hablar de variación climática. Para periodos mayores, de siglos a milenios se habla de cambio climático.

Debemos considerar que hay elementos del clima e hidroclima que muestran claros periodos (del orden de varios años a décadas) de dominación de anomalías positivas seguidos por intervalos con dominación de anomalías negativas, situación que puede ser descrita como alternancia de regímenes, térmicos, pluviales, de ciclogénesis, etc. La alternancia de regímenes puede tener duraciones distintas, como las inducidas por el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (Mysak 1986) el cual presenta intervalos de ocurrencia de dos a siete años y la Oscilación del Pacífico Norte con periodo de entre 50 a 70 años (Minobe 1997 y Beamish 1993).

Por otro lado, basándose en estudios de núcleos de hielo (White 1993), se ha encontrado que el periodo interglacial anterior al nuestro, el Eemiano, muestra transiciones súbitas (de decenios a algunos siglos) entre tres estados climáticos distintos. El sistema climático interglacial presente, el Holoceno parece consistir de un solo estado. No obstante, no hay seguridad en este sentido y aunado al controvertido Cambio Global antropogénico, en los estudios de impacto debidos a la variabilidad climática tendrán, en un futuro, que ser considerados los cambios de estado del sistema climático

para disminuir la incertidumbre de los posibles efectos dentro y más allá del Horizonte de las empresas pesqueras, a fin de asegurar la sobrevivencia de especies valiosas.

Dadas los actuales avances en materia de percepción remota y procesamiento de datos, el acceso relativamente fácil a los productos derivados y el actual conocimiento sobre algunos aspectos de la climatologia, de la dinámica de nuestros mares y el estado de los recursos pesqueros del país, es necesario diseñar un programa operativo de vigilancia climática y ambiental. Esto ayudaría a fundamentar y comprobar hipótesis sobre las relaciones biofísicas postuladas (Simpson 1993).

LA ECOLOGIA DE LA VARIABILIDAD DE LOS RECURSOS PESQUEROS.

Las especies han desarrollado adaptaciones que afrontan exitosamente el ciclo estacional promedio, el clima. Algunas de sus estrategias de supervivencia están basadas en el ciclo estacional propio del hábitat que les corresponde, por ejemplo, desovan en cierta época porque es cuando las condiciones de supervivencia son favorables para la descendencia. Sin embargo, parece que algunas especies no han desarrollado adaptaciones suficientemente exitosas para enfrentar anomalías persistentes del clima. El lenguado invernal de la bahía de Narragansett (Rhode Island sound, EUA) ha desarrollado una adaptación fisiológica notable al reproducirse en invierno. Cuando ocurren inviernos cálidos (temperaturas por arriba de la normal), se favorece el retorno adelantado de especies depredadoras que diezman a los alevines del lenguado. El calentamiento invernal disminuye la eficacia de la estrategia reproductora de esta especie (Jeffries 1994).

La variabilidad natural de los recursos pesqueros es debida a los factores abióticos, como las fluctuaciones del clima, a las relaciones intra- e interespecíficas como la denso-dependencia del reclutamiento y del crecimiento, la competencia, depredación y tipo de alimento disponible. La variabilidad en los factores abióticos cambia las condiciones del hábitat y producen respuestas directas en los individuos tales como cambios en las tasas metabólicas, redistribución, respuestas estructurales y a través de ajustes ecológicos, tales como cambios en la capacidad de carga del ambiente, en la tasa de mortalidad de juveniles, presencia de competidores más aptos en las nuevas condiciones, retraso o adelanto de los desoves, etc. No obstante, la mayor parte de la variabilidad natural se encuentra asociada con el reclutamiento, presumiblemente con el efecto, independiente de la densidad, de los fluctuantes factores ambientales (Sissenwine 1984).

Ello no implica que los efectos ambientales no puedan ser peligrosos e incluso letales sobre la población adulta. Una caída súbita (o elevación) de la temperatura puede ir mas en detrimento de las poblaciones que una transición gradual hacia los extremos del rango de tolerancia (Kinne 1978). Es necesario considerar que los rangos de tolerancia pueden cambiar para una misma especie que se distribuye en un rango de latitudes o localidades con características climáticas diferentes (Kinne 1978). Las superficies de respuesta (supervivencia de larvas, cambios en tasas metabólicas, etc.) en función de diversas variables ambientales para las diferentes especies explotadas necesitan ser investigadas, a fin de poder construir hipótesis sobre el estado de las poblaciones que puedan ser comprobadas por los muestreos de campo rutinarios.

Además, es necesario conocer las superficies de respuesta de especies competidoras y depredadoras de las especies recurso, pues esto nos permitirá hacer inferencias sobre posibles efectos en relación con el estado de las poblaciones. Esto podría ayudar a la construcción de una teoría de la biología de las poblaciones que permita extrapolar desde la fisiología y la conducta de los individuos hasta la productividad neta de las poblaciones, lo cual no es posible aún (Prager y MacCall 1993).

DETECCIÓN DE LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMATICAS EN LOS RECURSOS PESQUEROS.

La detección de los efectos de la variabilidad climática sobre los recursos pesqueros es suficientemente compleja como para haber eludido los esfuerzos de encontrar relaciones causales convincentes durante todo el desarrollo de la teoría pesquera que, actualmente en su mayor parte no considera la variabilidad climática. Los efectos ambientales, de la pesca y de la variabilidad biológica se confunden en una variedad de maneras. En algunos casos es posible explicar la variabilidad de los recursos y de las capturas tanto por causas naturales (ambientales y biológicas) como por efectos de la pesca. El debate Thompson/Burkenroad (Hilborn y Walters 1992) es un ejemplo típico. En él, se argumenta por un lado, la eficacia de las medidas administrativas de reducción de esfuerzo y por otro, se dice que las recuperaciones observadas se hubieran dado a pesar de las medias reguladoras tomadas, las cuales ocurrieron como parte de la variabilidad natural. Hoy en día no se discute la existencia de relaciones de la variabilidad climática con la de los recursos, ni la responsabilidad única de uno u otro factor en el agotamiento de los recursos. Lo que nos cuestionamos es sobre la

importancia relativa de las condiciones ambientales y de la pesca en el estado de los recursos.

El problema de la detección de los efectos ambientales sobre la variabilidad de las capturas ha sido atacado comparando directamente variables ambientales con diversos parámetros pesqueros. Otra aproximación es la de formar matrices de correlación entre variables ambientales y de abundancias, capturas, etc. Pronto se descubrió que conforme las series de tiempo crecían con nuevos datos, las relaciones propuestas cambiaban. Aún cuando un factor aparezca favorable a una determinada especie, durante un periodo posterior este mismo factor puede aparecer como desfavorable (Skud 1982).

Dado que el esfuerzo de muestreo en el mar es caro, para cubrir las usualmente extensas áreas que comprenden el hábitat de las especies explotadas es necesario multiplicar los costos unitarios por factores altos, si es que se pretende una caracterización completa. En realidad se debe de plantear el problema del muestreo y de las herramientas estadísticas a usar para la detección de los efectos de la variabilidad climática. Este es un tópico controvertido y en desarrollo aún. Usualmente, para probar hipótesis de impacto o efectos, debemos de tener referencias o testigos y réplicas suficientes para comprobar la consistencia de los efectos del tratamiento o impacto. Con este fin se han desarrollado las técnicas llamadas, en inglés, BACI y mas-allá-de (beyond) BACI (Underwood 1994). BACI proviene de las iniciales de Before and After Control Impact: Impacto y Control Antes y Después. Para utilizar esta metodología debemos tener varias áreas no explotadas como testigos y sujetas al mismo régimen

climático, es decir, que la variabilidad sea homogénea en la región en donde se pretende llevar a cabo el experimento. El cierre de áreas puede ser una medida necesaria metodológicamente hablando, pero en lo económico y político puede haber resistencia a su establecimiento. El valor del aprendizaje no es perceptible en el corto plazo, por lo que hay que subrayar las ventajas de lograr este conocimiento, en términos de los beneficios esperados, contra los costos actuales de dejar sin pescar la fracción correspondiente a las áreas cerradas. Es claro que habría que seguir una metodología para la selección del número, tamaño y localización de las áreas vedadas (p. ej. Baker et al 1997).

La aplicación de modelos aditivos generalizados (Cury et al 1992) ha dado buenos resultados, en cuanto a la detección de efectos ambientales, en particular, sobre el reclutamiento de especies pelágicas en la Corriente de California. Los resultados muestran respuestas no lineales y rangos óptimos de desempeño, lo cual representa una aproximación considerable, no obstante es requisito tener series de tiempo de variables suficientemente largas y exactas, principalmente en el caso de parámetros poblacionales (variables año con año), como el reclutamiento.

EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.

PARÁMETROS DEL CICLO VITAL.

Cuando se pretende estudiar los efectos ambientales y climáticos sobre alguna especie, es necesario considerar el tiempo de vida medio de la especie y la vulnerabilidad de las diferentes etapas del ciclo vital al cambio ambiental. En general, se

considera que las especies de vida corta son mas sensitivas a las condiciones anormales del ambiente.

Los estadios larvarios son considerados la etapa más susceptible a la variabilidad ambiental, también la mortalidad natural puede cambiar con la edad de manera distinta dadas las mismas condiciones de variabilidad ambiental a través de cambios en la calidad o tipo de alimento, diferentes competidores y depredadores (Bakun 1983, Sharp 1987), o diferencias en la resistencia a los agentes patógenos y enfermedades no infecciosas (Lafferty y Kuris 1993).

Como un ejemplo de aproximación cuantitativa y empírica, se tiene la fórmula empírica de Pauly (Sparre et al 1990) como caso clásico de la introducción de una variable ambiental en la estimación de la mortalidad natural en peces. Este autor relacionó mediante regresión a la mortalidad natural anual con la longitud asintótica (del modelo de von Bertalanffy), el coeficiente de crecimiento y la temperatura.

La determinación de los valores de los parámetros de los modelos como el de von Bertalanffy, es un paso fundamental en el análisis de cualquier pesquería. Lo mismo puede decirse del cálculo de la mortalidad total ($Z=M+F$), entre otros. De los parámetros de von Bertalanffy L_∞, K y t_0, tal vez el que resulte mas influido por el medio ambiente es la tasa de crecimiento K y, en cuanto a la mortalidad total, la componente natural M es la que esta mas influenciada por la variabilidad climática, aunque F puede covariar también. Para los análisis clásicos, los parámetros son considerados constantes. Es posible hacer un análisis de propagación de error, para ver el efecto de una desviación desde los valores estimados de estos parámetros o simular una variabilidad de estos

parámetros de acuerdo a un modelo experimental (p. ej. Parma y Deriso 1990). Otra posible aproximación sería tratar de construir superficies de respuesta de los parámetros bajo diferentes valores de variables ambientales. Sin embargo, esto implicaría una gran inversión dada la necesidad de un laboratorio especializado y tiempo necesario para obtener las respuestas con diferentes condiciones controladas.

Variaciones en el inicio de la época de desove pueden deberse a los cambios ambientales, tanto bajo la presencia de un régimen climático anómalo (anomalías persistentes por varios años o décadas), como por una anomalía de menor persistencia (variabilidad intranual) pero que ocurre alrededor de la época de desove.

PARÁMETROS ECOLÓGICOS.

Las respuestas ecológicas de las comunidades a la variabilidad ambiental, en las cuales están insertas las especies recurso, es uno de los aspectos más importantes a considerar en la investigación de los efectos ambientales sobre las especies explotadas. Un conjunto similar de condiciones ambientales puede tener distintos efectos en momentos diferentes sobre una especie recurso, debido a diferencias en el estado de la comunidad en esos distintos momentos. El estado de la comunidad debemos comprenderlo en su aspecto cuantitativo: diversidad, abundancias relativas, densidades, flujos de materia, etc. y cualitativo: posiciones jerárquicas dentro de la comunidad, relaciones interespecíficas, etc. Skud (1982) investigó la influencia de la temperatura sobre pares de especies recurso (macarela-arenque del Atlántico y anchoveta-sardina de California) ligadas por la relación de competencia. Estas especies presentan alternancia en la dominación. Se encontró que cuando una de las especies domina, los cambios en la

temperatura impactan a la población dominante, mientras que la dominada se ve afectada principalmente por la densidad de la especie dominante, siendo entonces los efectos ambientales sobre la especie subalterna secundarios. Si no se considera esta interacción, podría llegarse a conclusiones falsas.

La capacidad de carga del ambiente y la tasa intrínseca de crecimiento (la K y la r de la ecuación logística) puede variar de bajo la influencia de la variabilidad ambiental. Es una dependencia mas o menos fácil de modelar, pero lo difícil sería cuantificar cambios en estos parámetros.

La composición (diversidad), distribución y las abundancias relativas cambian en respuesta a variaciones ambientales, bien por provocar emigraciones de especies locales hacia condiciones favorables o por inmigración de especies que encuentran adecuadas los condiciones anómalas en la localidad afectada por las condiciones prevalecientes. Es el caso típico del calentamiento anómalo que ocurre en la corriente de California como consecuencia de un evento El Niño. Especies tropicales (dorado, marlín, barracuda entre otras) ven acrecentadas las dimensiones de su hábitat al propagarse hacia el norte las condiciones cálidas, ejerciendo una presión depredadora sobre las especies locales, si bien, dando auge a la pesca deportiva.

En las comunidades bentónicas puede darse el caso de sustitución o dominación de una especie por otra mejor adaptada a las condiciones imperantes.

PARÁMETROS ECONÓMICOS

La sucesión de eventos desde el sistema climático al océano, al ecosistema y a la especie recurso para llegar finalmente a la economía debe ser comprendida lo suficiente.

Por lo menos para permitir la proposición de hipótesis de trabajo y de escenarios posibles que sean de utilidad a los administradores o tomadores de decisiones. Es claro que llevando un seguimiento adecuado de las condiciones ambientales y el estado de los ecosistemas y los recursos, las probabilidades de los diferentes escenarios propuestos irá cambiando. La ventaja estratégica de tener considerados cursos de acción bajo diferentes escenarios posibles no puede ser menospreciada. La diferenciación de los efectos pesqueros de los ambientales podría tener consecuencias vía medidas reguladoras. Por ejemplo, si estimamos que se aproxima una temporada mala para una especie debido a las alteraciones debidas a un evento El Niño, se pueden tomar providencias en cuanto a niveles de esfuerzo o capturas totales permitidas.

INTENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL ESFUERZO.

Durante épocas de abundancia relativa de alguna especie, es probable que el esfuerzo se intensifique tanto en el aumento del tiempo de pesca o en la frecuencia de salidas a la pesca. También, si no hay impedimentos legales, puede ocurrir un aumento de unidades de pesca, provenientes de otras pesquerías (redistribución del esfuerzo) o activación de nuevas unidades (inversión), sentando precedentes para un posible efecto de traba o trinquete (Walters 1992). Durante épocas de escasez, es probable que se retiren unidades de pesca, bien por ser estas muy especializadas y no tengan capacidad tecnológica o legal para explotar otra especie o por falta de movilidad para desplazarse a una nueva actividad.

EFECTOS DE LA VARIABILIDAD DE LA ABUNDANCIA Y DISPONIBILIDAD SOBRE LOS MERCADOS.

Es claro que la variedad y cantidad de la oferta de productos del mar se vea afectada por cambios en la abundancia y disponibilidad de las especies explotadas. Con un conocimiento adelantado de los probables escenarios de oferta, podrían estimarse posibles efectos sobre los precios y diseñarse campañas de publicidad adecuadas que estimulen el consumo específico. Sería importante tener un conjunto de escenarios posibles para ir asignándoles probabilidades, conforme avanza el tiempo y se continua adquiriendo información.

PARÁMETROS SOCIALES.

MERCADO DE TRABAJO.

Se espera que el mercado de trabajo reaccione con un cierto retraso a los cambios en la abundancia debidos a la variabilidad climática si no se tienen predichos esos cambios. Las flotas inician la carrera por los peces al abrirse la temporada de pesca. Los indicadores de beneficios personales de las unidades de pesca van forzando a los menos eficientes a salir de la carrera, en caso de disminución del recurso y atrayendo a nuevas unidades en el caso de sobreabundancia (con respecto a la capacidad de la flota).

El sector extractivo parece ser el más difícil de regular, pues es el más especializado y su movilidad suele ser baja. Si se presenta una temporada de abundancia, se tiende a invertir en los medios de extracción. En el largo plazo se produce el efecto de traba (Walters et al 1993), cuando en época de escasez, la sobreinversión se vuelve insuficientemente rentable, afectando el ingreso de los pescadores y disminuyendo la demanda de empleo en las actividades subsecuentes.

CONTRACCIÓN/DILATACIÓN DIFERENCIAL DEL INGRESO EN LA COMUNIDAD.

Las variaciones en los ingresos derivadas de la falta (exceso) de actividad por la escasez (abundancia relativa) de algún recurso, resultan en el deterioro (mejoramiento) del ingreso de los directamente relacionados con la actividad. Sin embargo, la asimetría en el ingreso de la actividad extractiva (en algunas pesquerías), en comparación con las actividades de concentración y distribución de los recursos, hace a este sector más vulnerable a los incidentes ambientales que afectan a la abundancia y disponibilidad de las especies recurso.

ESTRATEGIAS DE RESPUESTA POLÍTICA A LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.

Las respuestas administrativas a la variabilidad esperada o detectada en los recursos pueden ir desde la imposición de medidas tácticas hasta la implementación de planes de extracción estratégica. En cuanto a las medidas tácticas podemos incluir cambios en algunos instrumentos de regulación. Dentro de la planeación tenemos políticas tales como de escape constante, de tasa fija, de esfuerzo limitado y cuotas permisibles, aunque es posible considerar otros esquemas administrativos, políticas mixtas por ejemplo, que respondan a objetivos económicos y sociales demandados.

ADMINISTRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE ORDENACIÓN Y REGULACIÓN.

ASIGNACIÓN DE RECURSOS.

Al presentarse épocas de abundancia relativa, pueden incrementarse las demandas de acceso al recurso, sobre todo si la duración de la alta abundancia (o por lo menos, mas alta que durante temporadas previas) es por varios años. El conocimiento de

los efectos de la variabilidad climática sobre las especies explotadas da al administrador argumentos para alentar o desalentar el acceso a los recursos, así como para reducir o permitir el aumento del esfuerzo por periodos determinados. La asignación de recursos limitada, a unas pocas especies (generalmente valiosas), propicia la concentración del capital en grupos mas o menos herméticos que tienden a evitar nuevos ingresos y defenderse de la pesca ilegal. Sin embargo, parece ser que el alto valor de los recursos puede llegar a ser suficientemente atractivo como para inducir al incumplimiento de las regulaciones, no solamente de acceso sino de tallas también. Cuando no hay un sistema de vigilancia y control eficientes, la situación puede resultar en una mayor vulnerabilidad de las especies recurso a los efectos de la variabilidad climática.

Aquí parece adecuado pensar en la regulación del desplazamiento entre diferentes pesquerías. Dado el supuesto de que un régimen climático o una temporada anómala favorece o perjudica a diferentes especies de manera diferencial, un pescador que vea sensiblemente disminuido su ingreso debido a la escasez del recurso actualmente asignado, podría solicitar explotar una especie alternativa. Conociendo los efectos de la variabilidad ambiental sobre las diferentes especies recurso, podrían diseñarse esquemas de asignación de derechos de pesca dinámicos que respondan a la exigencia de mantener un ingreso aceptable para el pescador responsable.

TEMPORADAS DE VEDA.

Usualmente, las temporadas de pesca tienen una duración fijada por fechas casi inamovibles. Este instrumento permite proteger la época de reproducción, tal que los desovantes sobrevivientes de la temporada de pesca anterior y los recién reclutados

puedan reproducirse sin la presión de la pesca. En realidad, se han detectado desplazamientos de la época de maduración en diversas especies. Además, conociendo los efectos de la variabilidad climática sobre esta fase del ciclo de vida, se podrían ajustar las temporadas de veda con mayor precisión. Se ha dado el caso de que se inicia la temporada de pesca y las capturas muestran una fracción significativa de hembras aun sin desovar. La liberación de hembras grávidas capturadas, puede ser implementada para algunas especies (como las capturadas con trampas), mientras que para otras esto no es posible. Dado que la relación entre parentela y progenie generalmente no es conocida con exactitud, es difícil evaluar el impacto de cosechar una fracción de hembras preñada que no dejarán descendencia. También debemos pensar en el posible caso de un adelanto de la época de desove. Entonces, una vez detectada tal situación, bajo un régimen de fechas móviles, podrían presentarse presiones para que se abriese la temporada de pesca. Con ello se propiciaría una carrera por lograr las mejores capturas, que suelen ocurrir al inicio de temporada, y si no existe una Cuota Total Permisible, tal decisión iría en detrimento de la salud del recurso.

LIMITACIÓNES AL ARTE DE PESCA.

Si se detecta que una determinada especie está cambiando su tasa de crecimiento, tal que la relación de la talla con la edad cambia, se volvería necesario hacer los ajustes correspondientes a la regulación de talla mínima. Si la especie esta creciendo rápidamente, como resultado de algún régimen climático anómalo pero favorable, alcanzará la talla comercial a menor edad de lo establecido, por lo que si no hay cambios en el arte de pesca, se cosecharán individuos de menor edad provenientes de las cohortes

afectadas. Esto iría en detrimento de la fecundidad de la población. Si los individuos de una determinada población están creciendo lentamente, alcanzaran la edad de primera madurez con una talla correspondiente menor que lo normal. Un decremento en la tasa de crecimiento puede implicar un decremento en la tasa de formación de gametos, por lo que la fecundidad podría verse afectada.

La selectividad del arte de pesca es importante. Los individuos deben reproducirse, por lo menos, una vez en su vida. Lo que generalmente no es evidente, es la erosión genética que puede resultar al depredar todos los individuos por arriba de una talla legal. Los individuos más viejos son portadores de características útiles y que son resultado de la selección natural. Entre estas características pueden estar las adaptaciones que permitan enfrentar cambios ambientales, tales como ajustes en las tasas metabólicas y resistencia a agentes patógenos.

LIMITACIÓNES A LA CAPTURA PERMISIBLE.

La captura permisible varía con la abundancia medida, cada vez que se hace una evaluación de las poblaciones. Las evaluaciones anuales representan una secuencia de estimaciones que pueden apoyar las diversas hipótesis que se planteen sobre los efectos de la variabilidad climática. Si deseamos dejar en el mar una cierta cantidad constante de reproductores, la captura total permisible podría variar de manera no lineal con respecto a la abundancia. Mientras que si se ha implementado una política de cosecha de tasa fija, es decir una fracción constante de la abundancia de la población, la captura permisible variará linealmente con la abundancia.

Sin embargo, debemos notar que la captura permisible total variará de acuerdo a la opción seleccionada de entre las citada arriba (u otras). No es completamente seguro que una captura anual constante, independiente de la abundancia, satisfaga las necesidades de conservación en todos los casos. Aún sí la cuota o captura anual permitida puede ser sostenida por varios años, en caso de un impacto ambiental fuerte, la consecución de la cuota anual podría lesionar la capacidad de recuperación del recurso.

CIERRE DE ÁREAS DE CAPTURA.

Este tipo de acciones conlleva una resistencia social y requiere de una gran vigilancia y control sobre de las áreas cerradas. La resistencia se crea por el costo que representa dejar de percibir una fracción del ingreso por dejar sin explotar una cierta área. El valor del aprendizaje que se lograría con esta medida no es directamente perceptible, sobre todo en términos de beneficio económico, pues aparentemente este tipo de medidas tienen un carácter puramente conservacionista. Los beneficios de este tipo de medidas, además de proveer de un área de estudio muy importante, también pueden ser zonas potencialmente exportadoras de reclutas hacia áreas explotadas. Aquí es prudente recordar que las poblaciones icticas tienen una capacidad de producción variable y limitada que debemos comprender y aprender a administrar.

No es posible, por ahora, elevar la producción de especies útiles por parte de los ecosistemas, a menos que tengamos un conocimiento suficientemente profundo del recurso, de sus relaciones con el ambiente y otras poblaciones del ecosistema en el cual esta inserto, como para atrevernos a ejercer algún tipo de ingeniería ecológica, además del cultivo y el repoblamiento.

POLÍTICAS DE ADMINISTRACIÓN.

Las políticas administrativas deben satisfacer al mayor número de involucrados, minimizando a su vez la cantidad de posibles conflictos sociales. Los objetivos de la administración pesquera deben ir acordes con la conservación, eficiencia económica y beneficio social que se espera de ellas. La capacidad limitada de la producción pesquera no puede ser suficientemente resaltada en vista de la creciente demanda de oportunidades de empleo. La carencia de actividades económicas alternativas tampoco puede ser ocultada. Los perdedores (en el acceso al recurso) pueden o no tener alternativas dentro de las subsecuentes actividades asociadas a la pesca, aunque disminuyan sus expectativas de ingreso. Pero las actividades económicas alternativas a la pesca deben ser implementadas y reforzadas, si bien, por lo general, esto queda fuera de la competencia de las autoridades y administradores pesqueros.

Actualmente existen dos puntos de vista con respecto a la forma de atacar el problema (de manera analítica) de la variabilidad climática y sus efectos en los sistemas pesqueros. Uno se refiere al estudio de las relaciones causales que ligan a ambas variabilidades. El fin es tener modelos causales explícitos para poder implementar predicciones confiables que sean integradas a la toma de decisiones administrativas y que resulten en un desempeño económico aceptable y que favorezcan la conservación del recurso. El otro punto de vista se refiere al diseño de políticas de explotación óptimas, que consideren los efectos hipotéticos de ciertos tipos de variabilidad ambiental (cíclica, aleatoria). Este diseño se ha hecho utilizando métodos de optimización sobre modelos poblacionales, con efectos ambientales plausibles sobre los

parámetros de los modelos lo mas realista posibles (Parma y Deriso 1990, Walters y Parma 1996). En cuanto a la efectividad de costos, parece obvio que esta ultima aproximación es la mejor. Cabe hacer la aclaración de que actualmente con la metodología disponible, no es posible el cálculo de políticas óptimas usando modelos de poblaciones con estructura de edad (Parma y Deriso 1990). Mientras no tengamos conocidas explícitamente las respuestas de los recursos a la variabilidad climática y una modelación manejable, que permita los cálculos de optimización de políticas de explotación, se tendrá que invertir en la investigación de relaciones causa a efecto, tanto en laboratorio como en experimentos numéricos y de campo. El presente estudio es un esfuerzo modesto en simular efectos ambientales sobre una población de invertebrados bentónicos.

EXPLOTACIÓN CON PARÁMETROS FIJOS.

A este respecto se han propuesto tres estrategias de explotación. La más común es la estrategia de cuota fija. Esta también la estrategia de escape constante, es decir, cosechar y dejar siempre en el mar una cantidad constante de la población y, la estrategia de tasa de explotación fija en la cual se cosecha una fracción constante de la población existente al abrir la temporada de pesca. En estos últimos dos casos se requiere una evaluación precisa de las existencias antes de iniciar la pesca. Las políticas extractivas deben ser sopesadas en función de la variabilidad ambiental. Según Walters y Parma (1996), la estrategia de escape fija es óptima (en sentido económico) cuando los efectos ambientales son estacionarios y no autocorrelacionados, mientras que la estrategia de

tasa de cosecha fija es preferible bajo condiciones de efectos cíclicos o fuertemente autocorrelacionados.

CREACIÓN DE INSTRUMENTOS LEGALES.

Las leyes y reglamentos que regulan la explotación de los recursos pesqueros requieren ser revisadas a fin de orientarlas a la consecución de estrategias de explotación adaptativas o experimentales, que ayuden a reducir la incertidumbre en la dinámica y estado de los recursos. La conjunción de esfuerzos en el monitoreo, análisis y propuestas debe ser abierta para que la sociedad este enterada del manejo de los recursos que originalmente pertenecen a la nación. El hermetismo que rodea a la información pesquera debe atenuarse. Los Pescadores no tienen, en general, el derecho de propiedad privada sobre los recursos por lo que sus actividades no pueden considerarse estrictamente como privadas. El buen desempeño de una empresa privada la hace indiferente al examen de sus actividades, excepto en cuanto a que sus políticas y estrategias podrían ser copiadas (y mejoradas) por los competidores. En el caso de especies cuya extracción esta reservada a cooperativas, como es el caso del abulón, no existe este problema, es mas bien útil el ejemplo dado por las estrategias seguidas por la cooperativa menos agotada. El pescador queda libre en cuanto a las estrategias y tácticas de búsqueda dentro de los límites de las regulaciones. La regulación y la ordenación deben volverse más estrictas pero dinámicas, de acuerdo a argumentos técnicos y ampliarse las facultades de los administradores para lograr los objetivos que demanda el desarrollo de la teoría pesquera y la necesidad de lograr un desarrollo sustentable. Pareciera que las alternativas pueden ser, o se otorgan las pesquerías con derechos de

mayor exclusividad (por ejemplo, concesiones suficientemente largas y/o privadas), asegurando en algún grado su conservación sustentable, enfrentando tal vez algunos riesgos en la economía local, o atenuamos el derecho de propiedad comunal tal que los pescadores puedan ser coercitivamente conducidos a estrategias de explotación sustentables.

Los comentarios anteriores bien pueden aplicarse a la pesquería del abulón en el estado de Baja California. En la región peninsular del Pacífico, la pesquería esta en crisis y las poblaciones agotadas. En la región aludida, se presenta la mayor diversidad de especies, con respecto a las regiones insulares (Isla de Cedros e Isla Guadalupe). La atención que debe dirigirse a la correcta administración de esta zona debe intensificarse. El peligro latente de extinción de estas especies valiosas o raras (abulón rojo, negro, etc.), debe motivar a la búsqueda de soluciones que atenúen o eliminen la explotación, en el corto plazo, y aseguren la permanencia de estos recursos, en el largo plazo. La accesibilidad relativamente fácil de la región costera peninsular, hace de estos y otros recursos, blanco de actividades extractivas ilegales que van en detrimento de los planes administrativos y de conservación. La actividad extractiva parece tener un costo de oportunidad muy bajo.

CREACIÓN Y DIFUSIÓN DE UNA CULTURA DE LA CONSERVACIÓN.

Tal vez la mayor decepción que ha ocurrido en las pesquerías es la demostración indiscutible de que las poblaciones tienen una producción limitada. En una empresa industrial de transformación o agrícola, es posible elevar la producción aumentando los insumos, mejorando las semillas, fertilizando el suelo, es decir, cambiando los factores

de la producción. En las pesquerías es actualmente imposible, con algunas excepciones (p. ej. las casitas cubanas), elevar el nivel de la producción por arriba de lo que permiten los ecosistemas naturales en donde están insertas las especies recurso. En ese sentido, las empresas pesqueras no son productoras sino simplemente extractoras, de una manera similar a la explotación de un recurso minero, con la obvia diferencia de la renovabilidad.

La conservación debe tener incentivos y el mayor parece ser la intemporalidad del concepto de sustentabilidad. Este se ve disminuido por las necesidades insuficientemente satisfechas por la situación actual. Por ello, hay que proponer alternativas que compensen las actuales actividades extractivas de carácter no sustentable y resaltar el valor a futuro de abandonar, tal vez temporalmente, la pesca o ciertas prácticas como la pesca ilegal.

Las perspectivas sociales de crecimiento y desarrollo, impulsadas por las pesquerías son limitadas, a menos que localmente se aglomeren otras actividades, tanto las asociadas a la pesca, como otras del sector secundario y terciario. El diseño de economías locales sustentables implica ajustes de la mentalidad social para comprometerse en actividades planeadas, tanto en tiempo como en espacio, que posteriormente lleven a costumbres sociales que permitan un grado de acumulación de excedentes suficiente para que las comunidades puedan conducir su desarrollo con consistencia al principio de sustentabilidad, pero no de una sustentabilidad restringida a los recursos pesqueros exclusivamente, sino a otros recursos como las amenidades y los ecosistemas litorales y costeros en general.

GENERACIÓN DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS ALTERNATIVAS.

Como alternativas, dentro de las actividades económicas ligadas a la pesca, se han propuesto el establecimiento de Granjas (Ranching) y la Acuicultura. Ambas empresas requieren la aplicación de recursos humanos y tecnológicos muy especializados además de que los beneficios de tales empresas son a largo plazo. Aunado a una cultura de la conservación, debe crearse una cultura de producción y consumo, que permita la permanencia de los capitales en circuitos locales cada vez más complejos en lo posible. Tal vez sea necesario llevar a la conciencia del público la visión de la necesidad de lograr la sustentabilidad a través del cambio en los hábitos en los estilos de vida. Estos cambios deben dirigirse hacia actividades sustentadas por las mismas comunidades a fin de enriquecer la complejidad de los circuitos económicos locales y promover una mayor independencia económica, social y cultural.

La generación de actividades económicas alternativas debe involucrar a la sociedad en su conjunto con los tres niveles de gobierno y asociaciones independientes. Los compromisos generados deben ser cumplidos con fidelidad por parte de los involucrados y las actividades debidamente controladas para evitar desviaciones que resten eficacia a lo planeado. El planteamiento de los objetivos socioeconómicos debe involucrar el principio de sustentabilidad, junto con el enriquecimiento material y cultural de las comunidades.

RESUMEN DE CONSIDERACIONES GENERALES.

La variabilidad climática, a todas las escalas, afecta a las especies recurso, tanto en su disponibilidad inmediata (fenómenos del tiempo), como mediata (desviaciones

climáticas), además de afectar a la abundancia, a la estructura de las poblaciones (por ejemplo en la fortaleza de las clases anuales), distribución y estado de las mismas.

No conocemos con exactitud los procesos por medio de los cuales la variabilidad climática afecta a los recursos marinos. Los avances en percepción remota, comunicaciones, disponibilidad de bases de datos, etc., permiten hacer un seguimiento de algunas variables o índices (temperatura, vientos, clorofila, surgencias, etc.) para observar su evolución y permitir formar y apoyar las hipótesis de impacto en las poblaciones explotadas.

El problema de la detección de los efectos climáticos sobre las especies explotadas debe discriminar los efectos de la pesca de los efectos ambientales. Es muy posible que las únicas alternativas para una detección confiable sea la experimentación con diferentes formas de explotación y que incluya áreas clave en donde el esfuerzo pesquero quedaría eliminado, a fin de tener zonas testigo que permitan una evaluación estadística que permita discriminar entre la variabilidad debida al ambiente y la inducida por la pesca.

Existe una cadena de causas a efectos desde el sistema climático hasta los sistemas pesqueros, sin embargo, el estado actual del conocimiento es incompleto en estos temas. La propagación de las perturbaciones del tiempo y del clima hacia las especies recurso puede seguir trayectorias diferentes según sea el estado y estructura de los ecosistemas donde están insertos.

Además de buscar relaciones de causa a efecto, que implican un costo económico y tal vez social (cierre de áreas), debemos enfocar esfuerzos en el diseño de políticas de

explotación que permitan enfrentar exitosamente la variabilidad de las poblaciones. Esto implica, no obstante, el tener algún conocimiento de las características y relaciones entre el ambiente y el recurso. Por ejemplo, la política de escape constante para especies con ambientes poco variables y efectos no autocorrelacionados y la política de tasa de explotación fija para poblaciones con efectos fuertemente autocorrelacionados. El diseño de estas políticas implica la aplicación de modelos realistas. Mientras no tengamos un conocimiento suficiente de las relaciones que ligan a la variabilidad climática con la abundancia y disponibilidad de los recursos, podemos diseñar políticas de explotación adaptativas o experimentales. Además, de acuerdo al conocimiento de los recursos, efectuar ejercicios de simulación con modelos de parámetros variables para evaluar diferentes estrategias de explotación.

La pesca no puede proveer a una sociedad en crecimiento con suficientes ingresos sino hasta cierto límite. Es prioritario concienciar a la sociedad de este principio y buscar alternativas de actividad económica, pues actualmente en nuestro estado no es claro cuales especies podrían soportar un desarrollo pesquero alternativo. El rancheo y la acuicultura son alternativas que requieren mucha inversión, por lo que generalmente son firmas fuertes quienes se arriesgan por estas actividades, pero pueden proporcionar fuentes de empleo a las comunidades locales.

LA PESQUERÍA DEL ABULÓN EN ISLA DE CEDROS: CASO DE ESTUDIO

En el presente trabajo se analiza la pesquería de abulón en Isla de Cedros (fig. 1), como caso de estudio. El análisis es preliminar y por lo tanto, en ningún sentido exhaustivo o concluyente. Se pretende solamente una aproximación al problema y

plantear algunas líneas para futuras investigaciones sobre la inclusión de la variabilidad climática en la administración de los recursos.

El abulón es un molusco univalvo arcaico que ha evolucionado lentamente a través de las eras geológicas. La estructura de sus sistemas es sencilla, sin embargo especies que habitan las zonas intermareales (Haliotis cracherodii) soportan grandes cambios en las condiciones de su hábitat y por lo tanto muestran habilidades adaptativas notables (Pineda B. J. com. per.).

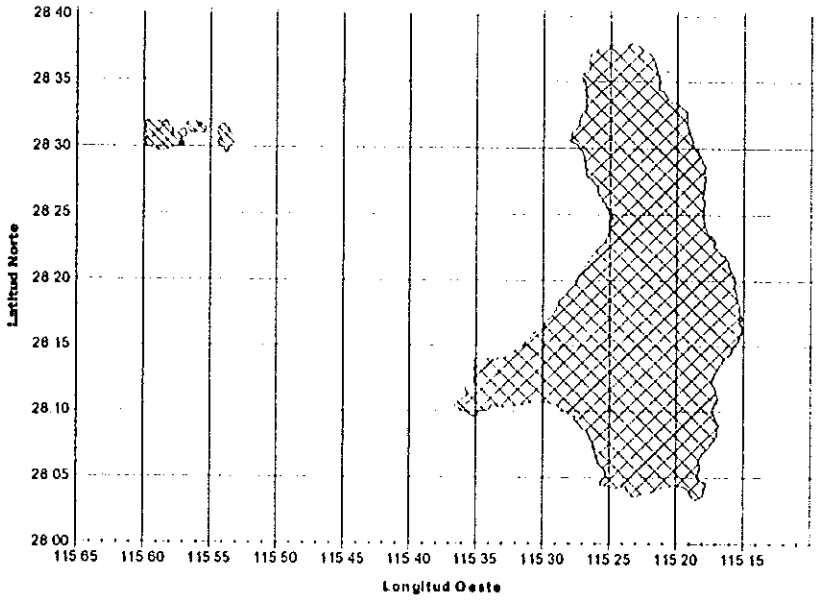

Figura 1. Ubicación de Isla de Cedros e Islotes Benitos, Baja California, México.

ANTECEDENTES DE LA PESQUERÍA DEL ABULÓN.

Existen evidencias e indicios indirectos, derivados de observaciones de los pescadores y personal del Instituto Nacional de la Pesca, de que el estado de las poblaciones de abulón en Isla de Cedros se ve afectado negativamente durante eventos de calentamiento, bien inducidos por eventos "El Niño" o por otras causas. Sin embargo, no se han hecho estudios específicos para identificar y cuantificar estos efectos. Durante

la presente década, aparentemente asociado a eventos de calentamiento, se ha presentado un aumento ligero en la incidencia del "Síndrome de Deterioro", enfermedad cuya etiología no es clara aún (Richards y Davis 1993, Lafferty y Kuris 1993).

Como primera aproximación, asumiremos que K y r, de la ecuación logística y logística descompensada, varían simultáneamente y en el mismo sentido con la temperatura, ajustándonos al requerimiento de una covarianza positiva entre estos parámetros (MacCall 1995). La variabilidad de la conveniencia (McCall 1955) del hábitat estaría definida por la variabilidad de r y K en función de la temperatura.

Se sabe de los efectos negativos sobre el abulón durante episodios de calentamiento anómalo. Durante el evento reciente El Niño de 1997/98, se ha reportado una baja en la calidad del músculo abductor o "callo", lo cual refleja un impacto en la salud de los organismos. Debe haber cambios en las tasas de crecimiento individual, de asimilación y posiblemente disminución en la capacidad de enfrentar enfermedades y parásitos. La última temporada de 1997/98 reportó uno de los valores más bajos de captura en los últimos diez años.

Para la pesquería de abulón en Isla de Cedros, la cooperativa Pescadores Nacionales de Abulón opera bajo un sistema de asignación de cuotas, que se calculan basados en estimaciones de las existencias, basadas a su vez, en muestreos de campo. En años anteriores, se tenía una cuota máxima permisible de 200 ton. El esfuerzo necesario para lograr una aproximación a esta captura fue variable, pues cuentan con un número limitado de unidades de pesca (activo fijo constante), por lo que varía principalmente es el número de salidas a la pesca o "mareas". Este número depende de

las condiciones del estado del tiempo marino (oleaje, visibilidad, corrientes), de la densidad del recurso y posiblemente de su precio.

El mercado de abulón tiene una componente de demanda prácticamente continua, por lo que se esperaría que su precio varíe en función de la oferta. La demanda es principalmente de países asiáticos, como Japón y Corea. Sin embargo, dadas las actuales condiciones de las economías orientales y la calidad de producto de lujo del abulón, la elasticidad del precio de este producto podría haber disminuido.

Este recurso es extraído por medio de la recolección directa, organismo por organismo, por medio de buzos que operan con equipo de superficie (compresor), el cual envía aire comprimido a la profundidad en donde se desempeña el buzo. El esfuerzo para obtener las, aproximadamente, 200 toneladas de cuota por parte de la cooperativa PNA varia de temporada a temporada y se requiere un análisis bien enfocado para determinar cuantitativamente las causas de tal variación. Las causas pueden ser variaciones de la disponibilidad, la cual se ve afectado por la densidad del recurso y el número de días "útiles" (de buen tiempo, buena visibilidad, corrientes débiles) durante cada temporada en particular.

Para la Pesquería de abulón en Isla de Cedros, el sector extractivo esta bien remunerado. Se podría investigar si la disminución en la oferta eleva los precios y en que grado esta elevación compensa la pérdida en el volumen de ventas. Se debe investigar la relación del precio del abulón con la oferta externa y la oferta de sustitutos, como otras variedades de moluscos menos caras.

La extracción del abulón esta reservada a lo cooperativa PNA en la región de estudio y dentro de sus regulaciones internas, asignan las localidades de pesca con un criterio de rotación. Durante una temporada se dejan áreas sin explotar y que serán utilizadas en el siguiente periodo de pesca. Así, cada área de pesca es cosechada máximamente una vez cada dos años.

La veda de abulón en Isla de Cedros e Islotes Benitos va de junio a diciembre, esta legalmente definida de acuerdo a criterios de protección a la fase reproductora del recurso. Aparentemente no existen estudios relacionados a la variabilidad de la época de desove. La fecundación es externa y por lo tanto, dada la escasa movilidad de la especie, parece evidente que la fertilización ocurre principalmente dentro de cada banco abulonero, mas que entre bancos.

La extracción de abulones esta regulada en cuanto a talla mínima legal. El abulón azul solo puede ser extraído si su longitud de concha es superior a 150 mm. Para el abulón amarillo, la talla mínima legal es de 140 mm. Se pretende asegurar que cada organismo extraído se haya reproducido "suficientemente" hasta su extracción. No existen modelos estructurales que puedan simular una variabilidad en la fecundidad en función de las tallas mínimas de captura, la presión de pesca o la variabilidad ambiental. Una modelación en este sentido podría ayudar a definir con mayor precisión el término "suficientemente".

Una captura máxima permitida fue fijada en 200 ton. por temporada, de acuerdo a reglas internas de la cooperativa. Sin embargo, a partir de 1996, la cuota se establece de acuerdo a la estimación de biomasa, hechas por autoridades federales, según

evaluaciones de campo efectuadas conjuntamente entre la cooperativa y técnicos federales. Parece ser que las cuotas asignadas han estado por abajo de la cuota interna de 200 ton.

La extracción de abulón en Isla de Cedros, se lleva a cabo siguiendo esquemas rotativos. Cada área de pesca es explotada a lo más una vez cada dos temporadas. Sin embargo, no existen áreas totalmente vedadas que podrían servir como testigos para evaluar y diferenciar los efectos pesqueros de los ambientales.

DATOS Y MÉTODOS.

En Isla de Cedros, localizada al Oeste del extremo Sur del estado de Baja California y los Islotes Benitos (fig. 1), que se encuentran al Oeste de Isla de Cedros, se explotan principalmente dos especies de abulón, el amarillo (Haliotis corrugata) y el azul (Haliotis fulgens). De ellas, es el músculo del pie o "callo" lo que se comercializa y tiene alto valor en el mercado de exportación. La concha también posee valor en el mercado. Ambas especies habitan entre los 0 y 60 metros, siendo el abulón azul el que se distribuye mas cerca de la superficie, entre 0 y 20 metros (Muñoz 1976). Aquí trataremos las series de tiempo, para el periodo comprendido desde la temporada 1961-62 hasta la de 1995-96, de captura y esfuerzo (fig. 2) para esta pesquería en forma global. Con ello se quiere decir que no se discriminará en la composición de la captura ni su origen. Ello introduce incertidumbre, pero dada la disponibilidad de la información, los resultados del tratamiento de los datos en el presente estudio y las conclusiones que de ello se deriven deberán interpretarse con la debida cautela.

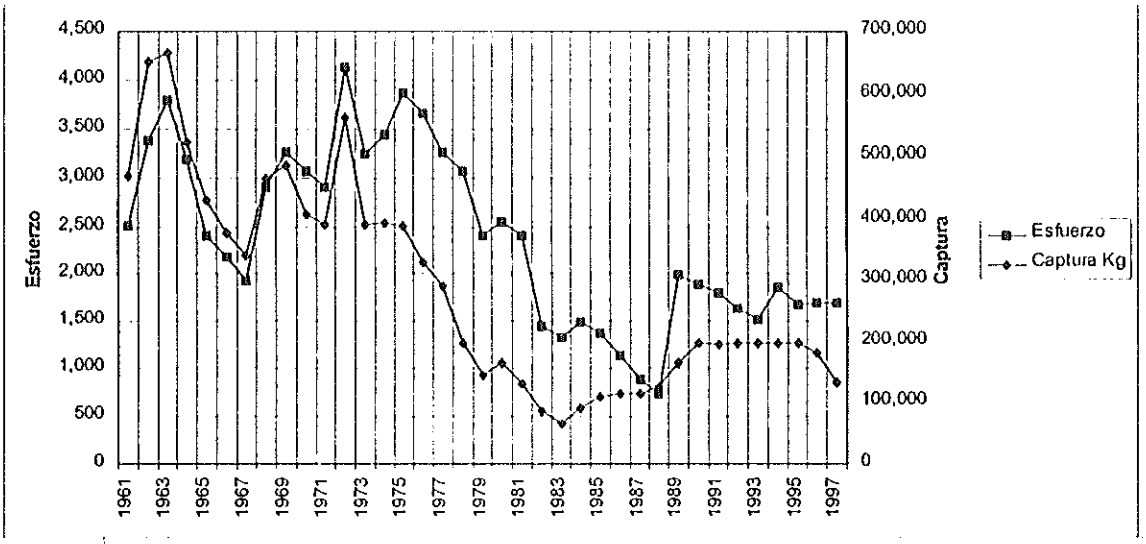

Figura 2. Series de tiempo de la captura, en kilogramos, y del esfuerzo, en "mareas" o salidas diarias a la pesca, para la pesquería de abulón en Isla de Cedros. Fuente de datos: Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Ensenada. INP. SEMARNAP.

Con el fin de explorar diferentes políticas extractivas, los modelos a usar son el logístico

$$\frac{dB}{dt} = r \cdot B \cdot (1 - \frac{B}{K}) - q \cdot E \cdot B$$

y el logístico descompensado.

$$\frac{dB}{dt} = r \cdot (B - x0) \cdot (1 - \frac{B}{K}) - q \cdot E \cdot B$$

Aquí, B es la biomasa en kilogramos, r es la tasa intrínseca de crecimiento, K es la capacidad de carga del ambiente y, en el modelo descompensado, x0 es la biomasa mínima viable. En estas ecuaciones, q es el coeficiente de capturabilidad y E es el esfuerzo en "mareas" o viajes (diarios) a la pesca. En las ecuaciones anteriores, la captura C esta expresada en función del esfuerzo E, de acuerdo a la conocida función C=q·E·B.

Las variables primarias o condiciones las cuales afectan directamente a los organismos individuales y, a través de estos, a la abundancia de las poblaciones de peces son: alimento, depredación, temperatura, salinidad y la concentración de oxígeno (Bakun 1983). En este estudio, como variable ambiental utilizaremos la media anual de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) en el punto 29°N y 115°O por ser el más cercano a Isla de Cedros en nuestra fuente de datos. Estos datos fueron obtenidos de un subconjunto de la base COADS (World WeatherDisc 1987) y complementados con datos obtenidos a través de Internet (http://ingrid.ldgo.columbia.edu/descriptions/reynoldsanom.html). Una de las características más notables de la serie de tiempo (figura 3), es que muestra un comportamiento no estacionario y puede ser visto como un cambio mas o menos súbito en el "nivel medio de oscilación" a partir de mediados de la década de los setenta y puede corresponder al desplazamiento climático del Pacífico Norte (Miller et al 1994). Este desplazamiento debe haber inducido un cambio en las condiciones del hábitat que podría estar reflejado en cambios en diversos parámetros biológicos y ecológicos. Se debe notar que los datos de temperatura corresponden a la superficie del mar y no a la profundidad en donde se distribuye el recurso.

Actualmente se ha documentado una modulación en la TSM y otros parámetros en el Océano Pacífico. Se le ha llamado la Oscilación Decenal del Pacífico (Mantua et al 1997, Minobe 1997). Se ha estimado que el periodo de esta oscilación es de 50 a 70 años. Durante la mitad de este periodo, las condiciones tienden a ser anómalamente negativas (o positivas), mientras que durante la segunda mitad del ciclo, las condiciones

se invierten. Esto produce una alternancia de "regímenes climáticos" con polaridad opuesta. Usamos estos resultados para ajustar un armónico con un periodo de 66 años y amplitud igual a la varianza de la serie, más el nivel de oscilación media. Cambiando la fase se buscó el mejor ajuste. Del análisis de la serie de tiempo de la temperatura, se observó que, la proporción de anomalías positivas y negativas (con respecto a la oscilación decenal de 66 años) es ligeramente favorable a las negativas. Estas mostraron un rango de variación menor que las anomalías positivas. Dado que el enfriamiento y el calentamiento de las aguas superficiales del mar, obedecen a procesos distintos, ambos lados (alrededor de cero) fueron tratados separadamente. Entonces, para simular la temperatura del mar, primero se calcularon los valores de una oscilación armónica de 66 años, luego se simuló la ocurrencia de años con anomalía positiva (0) o negativa (1), por medio de una distribución Bernoulli. De acuerdo a la ocurrencia de un evento 0 o 1, se le asignó un valor, debidamente escalado, de anomalía correspondiente a una distribución χ^2 de 4 grados de libertad para las anomalías negativas y de 6 g.l. para las anomalías positivas. La finalidad de esto es la de plantear un escenario de TSM para el punto analizado hasta el año 2098 (ver fig. 3), con lo cual podemos forzar nuestros modelos de población a través de K y r.

En este trabajo asumiremos que los cambios anuales en la temperatura del mar, afectan a la capacidad de carga del ambiente (K) y a la tasa intrínseca de crecimiento (r), efecto que parametrizamos por medio de una relación cuadrática. Los efectos de las desviaciones de la temperatura desde un "óptimo" sobre K pueden relacionarse con la baja en la disponibilidad de su principal alimento, el alga Macrosystis pirifera, cuya

abundancia es negativamente afectada durante episodios de anomalías positivas. Los efectos sobre r, pueden ser debidos a una disminución en la tasa de crecimiento y en la fertilidad.

La temperatura letal mínima y máxima es de 10°C y 26°C respectivamente (Leigthon 1987). El abulón amarillo tiene un límite de tolerancia máximo ligeramente menor que el azul. Con estos datos y el parámetro respectivo, K ó r, construimos una función de respuesta cuadrática que resulta ser una parábola que cruza el eje de las temperaturas en 10 y 26 y tiene un máximo de K ó r en el punto medio. Esta aproximación es preliminar, ya que sabemos que la respuesta no es simétrica y que las temperaturas no corresponden a la profundidad del hábitat.

Se muestra la serie de tiempo de la temperatura anual (real y simulada, fig. 3) y la serie de los valores del parámetro K en función de la temperatura (figura 4) hasta el año 2098, según la simulación hecha. En la figura 3 notamos la asimetría de las anomalías positivas y negativas, sin embargo, no se simularon las desviaciones muy pequeñas que bien podrían ajustarse a una gaussiana, por faltar el criterio para definir "muy pequeño". Tampoco se simularon eventos "El Niño", pues por comparación de la serie real con la simulada y dado el carácter preliminar de este análisis, se consideró como suficiente esta aproximación para los fines de inducir variación en los parámetros de los modelos de poblaciones.

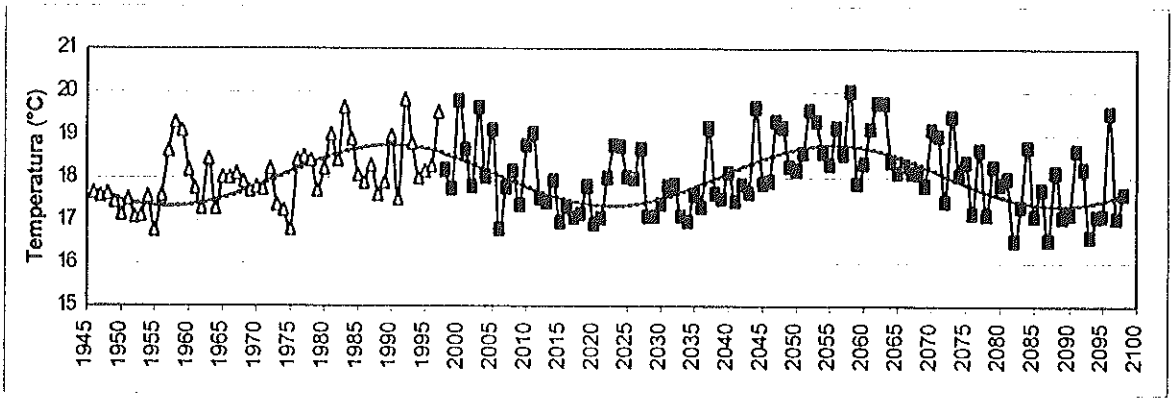

Figura 3. Serie de tiempo de temperatura de la superficie del mar. Los triángulos representan datos reales y los cuadrados, datos simulados. La línea continua representa la oscilación decenal del Pacífico Norte.

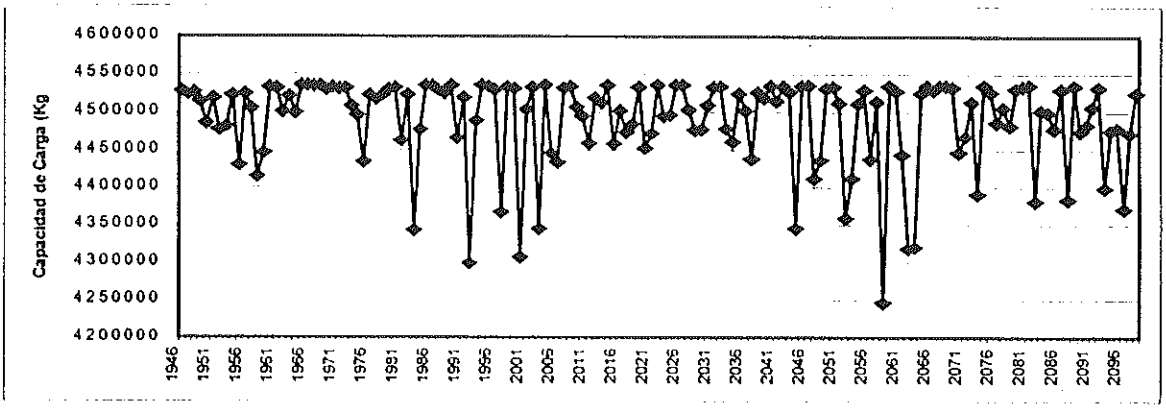

Figura 4. Serie de tiempo de la variabilidad de K, la capacidad de carga ambiental, de acuerdo a una respuesta de cuadrática con la temperatura.

RESULTADOS

Para el estudio de la pesquería de abulón en Isla de Cedros, las series de tiempo de captura lograda y esfuerzo ejercido por la cooperativa Pescadores Nacionales de Abulón, fueron utilizadas para estimar los parámetros de las ecuaciones logística (K, q y r) y logística descompensada (K, q, r y x0). Primero se estimaron K y r por el método de regresión múltiple, de acuerdo a las ecuaciones linealizadas de Schnute y Hilborn y Walters (Hilborn y Walters 1992). Estos valores (Schnute: K= 18,006,563,

r=0.167888217, q=7.84469E-05; Hilborn y Walters: K=4,535,622, r=0.273783079, q=5.96125E-05) solamente fueron usados para iniciar una estimación con el método de ajuste de series de tiempo.

Las ecuaciones logística y logística descompensada, fueron reducidas a su forma discreta, siendo el paso de tiempo unitario y equivalente a un año, entre una temporada de pesca y la siguiente.

Las funciones objetivo, usadas para realizar el ajuste, fueron la suma de las desviaciones cuadradas entre el CPUE real y estimado ($\Sigma\varepsilon^2$) y la Verosimilitud (V). Se utilizó la función SOLVER de la paquetería EXCEL. En primer lugar, se hicieron las estimaciones considerando que la biomasa inicial fue igual a la captura dividida entre el producto del coeficiente de capturabilidad y el esfuerzo. Además, se buscó por inspección el mínimo $\Sigma\varepsilon^2$ (y máxima V) variando la biomasa inicial. Después, se utilizó una variable mas para optimizar el ajuste, variable que resulta después de la optimización, en un parámetro que mide la fracción de la capacidad de carga presente en el momento de inicio de la serie, equivalente a estimar la biomasa inicial. Se elaboraron mapas de la superficie de $\Sigma\varepsilon^2$ (y de V) en función de r y K, manteniendo el coeficiente de capturabilidad constante (igs. 5 y 6), notándose múltiples mínimos (y máximos). Se eliminaron las estimaciones que caen en rangos inverosímiles.

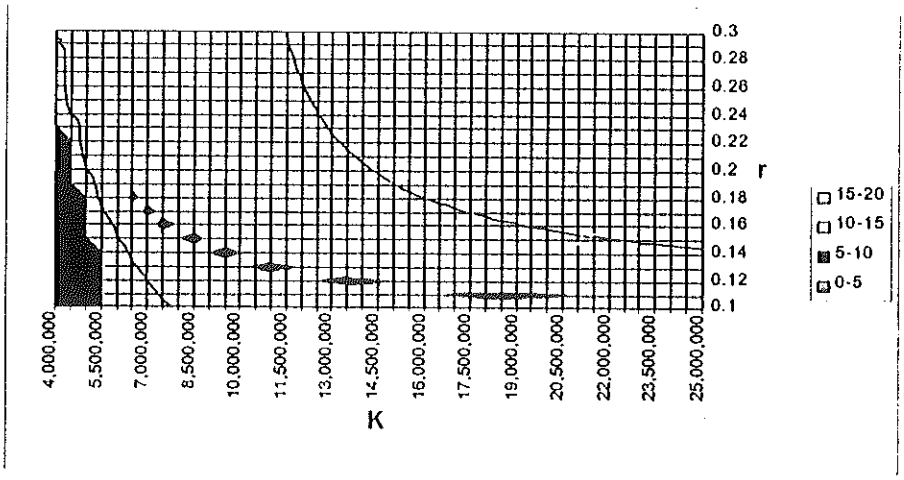

Figura 5. Proyección de la superficie de la suma de errores cuadrados, en función de K y r para el modelo logístico descompensado. Observe la alineación de las cuencas y el carácter "asintótico" de las mismas. Existen mas mínimos no visibles debido a la escala de resolución de la gráfica.

A estimaciones de K altas (15 a 20 millones de kilogramos), correspondieron "r" bajas (alrededor de 0.1), mientras que para valores de K entre los 4 y 10 millones correspondieron valores de r entre 0.2 y 0.5 aproximadamente. El coeficiente de

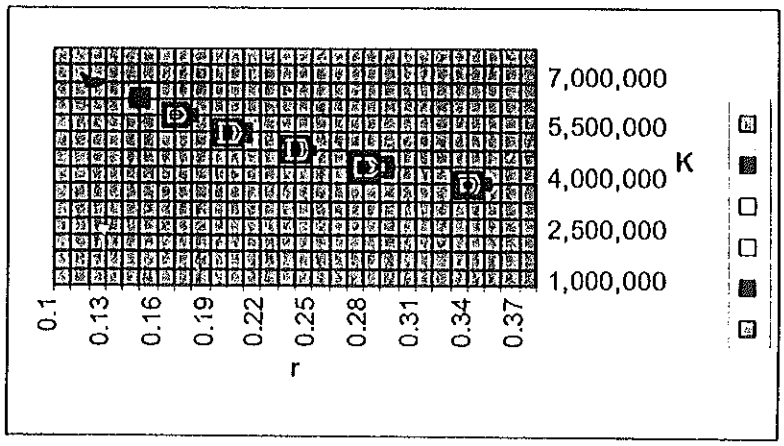

Figura 6. Proyección de la superficie de verosimilitud, en función de K y r, para el modelo logístico.

capturabilidad varió entre 2 y 9 cienmilésimos Esto para las cuatro variantes de estimación utilizadas (ver tabla 1). En realidad, las proyecciones a dos dimensiones (r y K) de las superficies de $\Sigma\varepsilon^2$ o V muestran "islas" de mínimos o máximos que se alinean a lo largo de una curva, aparentemente de manera asintótica, hacia un límite para valores de K, de entre 4 y 5 millones de kilogramos. Esto resultó válido para los dos modelos empleados, el logístico y el de descompensación (figura 5 y 6).

Las curvas de equilibrio, de ambos modelos, derivadas con valores de parámetros optimizados correspondientes a valores de K cercanos a esta "asíntota", son mayormente consistentes con los valores reales de captura y esfuerzo (figura 7),

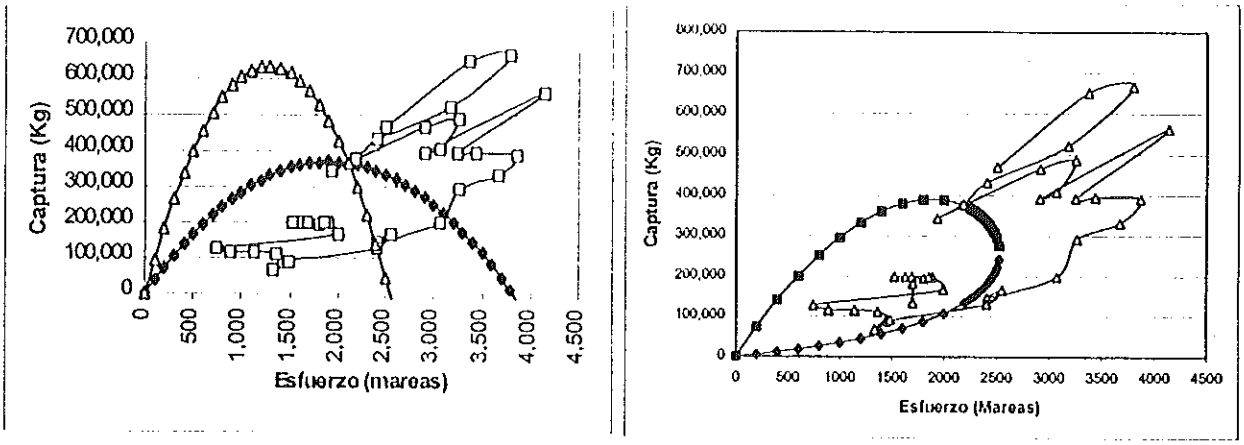

Figura 7. Se muestran las curvas de equilibrio (modelo logístico a la izquierda y descompensado a la derecha) de captura y esfuerzo y los datos reales (cuadrados y triángulos). Para el modelo logístico se usaron un valor alto de K (~$16*10^6$, triángulos) y un valor bajo ($4.54*10^6$, rombos)

que con aquellas curvas derivadas con parámetros correspondientes a valores de K mayores (figura 7). Guzmán del Próo et al (1976) estimaron una población total de 4 millones de kilogramos. Las últimas evaluaciones han arrojado valores de biomasa total de entre 1 y 1.5 millones de kilogramos (Programa Abulón/Langosta, CRIP Ensenada).

Los valores de los parámetros de los modelos logístico y logístico descompensado que parecen mas realistas, se presentan en la tabla I.

Como ya se señaló, K y r se hicieron variar de acuerdo a una relación cuadrática con la temperatura, resultando en una variabilidad de la conveniencia del hábitat en el tiempo (MacCall 1995). Los valores de K y r estimados por ajuste de series de tiempo fueron considerados como los máximos valores posibles, por lo que la variación inducida por la temperatura rindió siempre valores inferiores a aquellos.

		Modelo: ↓	
Función Objetivo: ↓	Parámetros del Modelo: ↓	Logístico ↓	Descompensado ↓
$\Sigma\varepsilon^2$	r	0.326505294	0.50775167
	q	8.54299E-05	6.1723E-05
	K	4,535,619	4,276,993
	B0	2,750,000	3,622,840
	XØ		791,930
Verosimilitud	r	0.27840926	0.358630154
	q	7.6723E-05	7.6921E-05
	K	4,535,622	5,028,870
	B0	3,646,098	2,906,231
	XØ		349,394

Tabla 1. Se muestran los valores estimados para los parámetros de los modelos Logístico y Logístico Descompensado, calculados a partir de las series de tiempo de Captura y Esfuerzo, utilizando como funciones objetivas a la suma de las diferencias cuadradas entre el CPUE real y el calculado ($\Sigma\varepsilon^2$) y la verosimilitud de las mismas. Los valores corresponden a las estimaciones de K pequeñas, que parecen ser las mas realistas.

El modelo logístico y el descompensado fueron robustos a las variaciones de K o r, mientras que, en algunos casos, los modelos mostraron sensibilidad a la condición inicial de la biomasa con respecto a la variación simultánea de K y r. Haciendo pequeños ajustes en la biomasa inicial, se logró un comportamiento estable de los modelos. En las figuras 8 y 9 se muestra la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) real y la estimada

con el modelo logístico y el logístico descompensado respectivamente. Esto para un juego de valores de parámetros, además para valores variables de estos

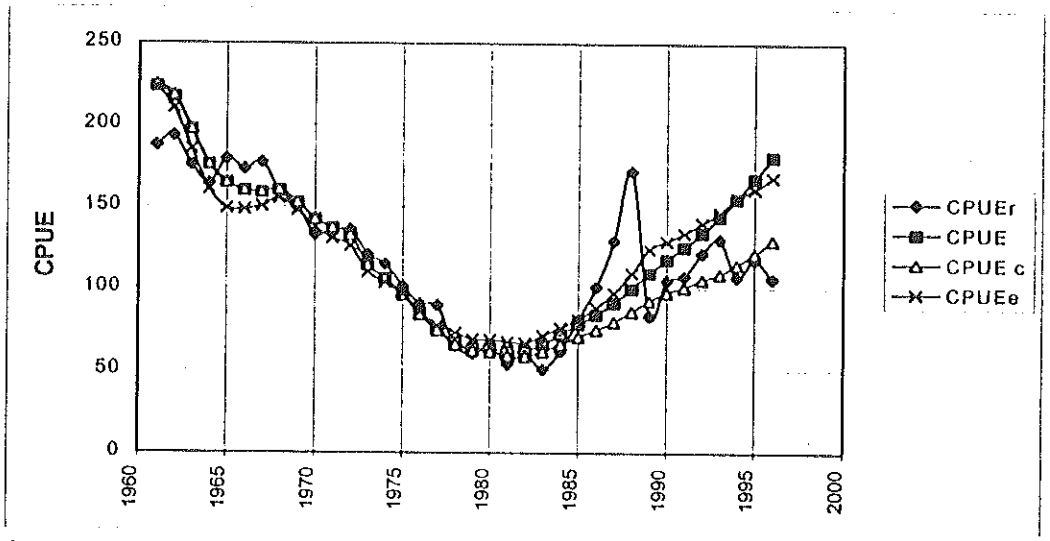

Figura 8. Series de tiempo de CPUE real (CPUEr), CPUE estimada con parámetros invariables (CPUE), con variación de parámetros y utilizando la captura (CPUEc) o el esfuerzo (CPUEe) como variables independientes. El modelo es el logístico, conservando q constante en todos los casos.

parámetros en función de la temperatura. Además, el CPUE se calculó utilizando la captura real y la captura estimada a partir del esfuerzo real.

Observamos que cuando se utiliza el esfuerzo como variable independiente, los valores parecen ser sobrevaluados. Es poco probable que el coeficiente de capturabilidad haya permanecido constante a lo largo de la serie considerada. Aún con tecnología constante, este coeficiente puede variar en función del estado del tiempo marino, la densidad del recurso y otros factores, como la habilidad de localización y de recolección del recurso.

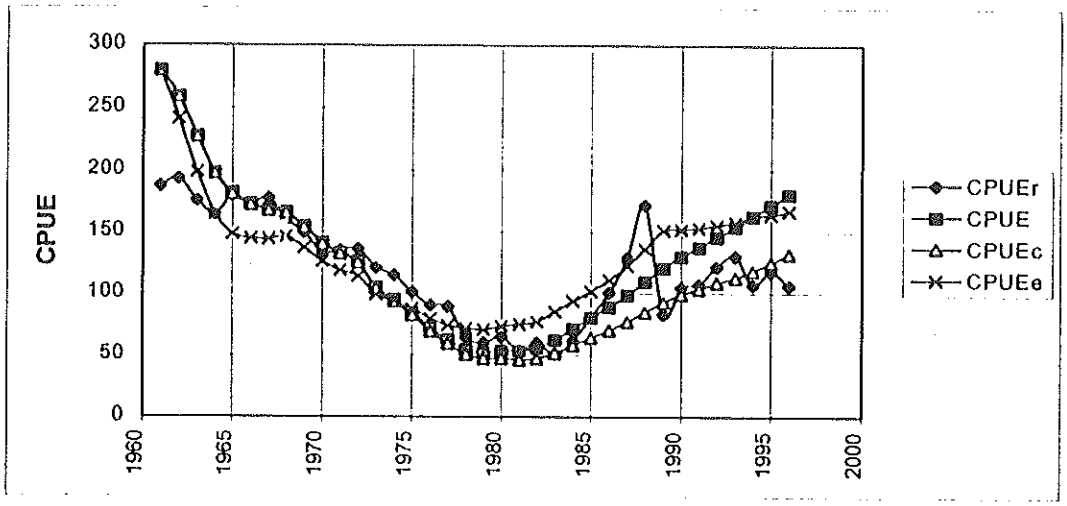

Figura 9. Igual que la figura 8, pero para el modelo logístico descompensado. También se puede observar que el efecto de parámetros variables tienden a disminuir las estimaciones de CPUE con respecto al caso de parámetros invariables, principalmente cuando se utiliza la captura como variable independiente.

La explotación de abulón por parte de la cooperativa PNA, aparentemente es la que menos ha agotado el recurso en el estado y de la península en general. Las políticas extractivas y las medidas reguladoras han logrado un cierto grado de estabilidad en las capturas. No es claro, sin embargo la capacidad de mantenerse estable bajo el forzamiento ambiental. La última temporada de 1997/98 rindió una captura significativamente baja, aparentemente relacionada al reciente evento "El Niño".

Se exploraron algunos aspectos de políticas de explotación con cuota fija, de tasa de explotación constante, esfuerzo constante y algunas políticas de escape durante un siglo, a partir de 1997. Las políticas de tasa de explotación constante y de esfuerzo constante son equivalentes. Recordando la relación $C=q \cdot E \cdot B.$, la tasa de explotación constante, f, es equivalente a $q \cdot E$, ya que bajo esta política la captura sería: $C=f \cdot B$ No obstrante, algunos resultado de ambas se presentan en la tabla 2, junto con resultados

Modelo Logístico (L_I) r=0.2784 K=4.5356*10⁶ q=7.6723*10⁻⁵			
P_E	P_C	P_T	P_{Es}
1800 m	**305 ton**	**16%**	**1.65*10⁶ kg**
~300 ton.	~2000 m.	2085 m.	~1900 m
		~298 ton.	~292 ton.

Modelo Logístico (L_{II}) r=0.3265 K=4.5356*10⁶ q=8.5430*10⁻⁵			
P_E	P_C	P_T	P_{Es}
1850 m	**350 ton**	**20%**	**1.50*10⁶ kg**
~360 ton.	2200-1600 m.	2341 m.	~2000 m
		~340 ton.	~292 ton.

Modelo Descompensado (D_I) r=0. 3586 K=5.0289*10⁶ q=7.6921*10⁻⁵ x0=349,394			
P_E	P_C	P_T	P_{Es}
2100 m	**328 ton**	**18%**	**1.62*10⁶ kg**
~370 ton.	2300-1200 m.	2340 m.	~2080 m
		~335 ton.	~300 ton.

Modelo Descompensado (D_{II}) r=0.50775 K=4.2770*10⁶ q=6.1723*10⁻⁵ x0=791,930			
P_E	P_C	P_T	P_{Es}
1900 m	**280 ton**	**8%**	**3.0*10⁶ kg**
~335 ton.	1380 m.	1296 m.	~1500 m
		~265 ton.	~325 ton.

Tabla 2. Se muestran los valores críticos de cada una de las políticas analizadas y para cada juego de parámetros estimados, así como algunos valores asociados. P_E es política de esfuerzo constante, P_C es para la política de cuota fija, P_T es la política con tasa de explotación constante y P_{Es} es para la política de escape constante. La letra "m" es para "mareas", la unidad de esfuerzo. El nivel crítico se definió como el valor máximo, más allá del cual la biomasa tiende a disminuir con el tiempo.

de las otras dos políticas, de escape constante y cuota fija. En la figura 10 presentamos ejemplos de escenarios de la evolución de la biomasa para diferentes políticas de explotación con parámetros fijos, basados en la ecuación logística y el juego de parámetros (variables con la temperatura) L_{II} (ver tabla 2).

Para calcular escenarios de la política de esfuerzo constante, en los modelos se uso la relación $C=q \cdot E \cdot B$, donde E es el esfuerzo real y B es la biomasa estimada con el modelo. Para el resto de las políticas, se utilizó la captura real.

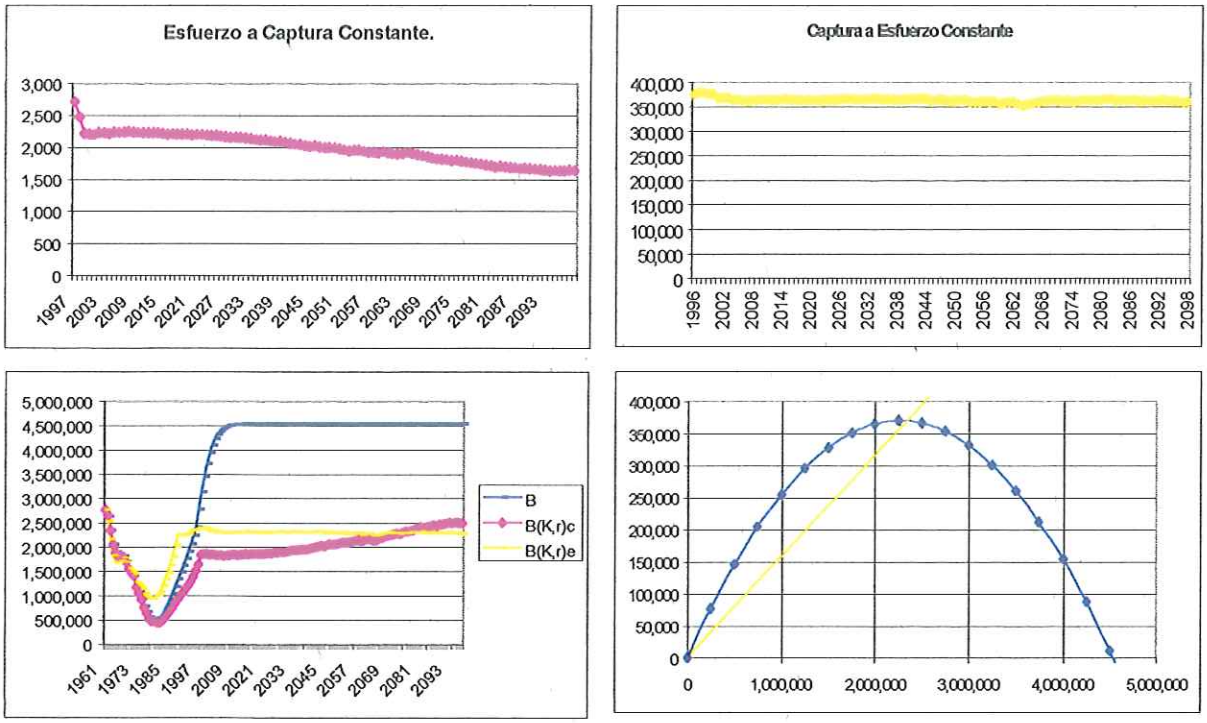

Figura 10. Escenarios de evolución de la biomasa (panel inferior izquierdo) para políticas de captura [B(r,K)c] y esfuerzo constantes [B(r,K)e]. La curva etiquetada B, representa la evolución libre de pesca a partir de 1996. En los paneles superiores se presenta la evolución de la variable asociada a cada política. El panel restante representa la curva de crecimiento logístico en equilibrio y la recta, la relación de la biomasa (eje horizontal) con la producción excedente a esfuerzo constante.

Desde la tabla 2, notamos que los valores críticos son similares entre las diferentes políticas y entre políticas con diferentes valores de los parámetros de los modelos, siendo los valores más disímiles los correspondientes a la última parte de la tabla 2, correspondiente al modelo logístico descompensado y con la mayor tasa intrínseca de crecimiento.

El concepto de valor crítico se definió como aquel el cual al ser sobrepasado produce una disminución paulatina de la biomasa con el tiempo. El esfuerzo crítico va de 1500 a 2300 mareas, mientras que la cuota crítica cae entre 260 y 370 toneladas. La tasa de explotación crítica, varió entre 8% y 20%, aunque las estimaciones correspondientes de esfuerzo no son congruentes con la política de esfuerzo constante (ver tabla 2). El escape crítico (mínimo) varió desde 1.5 millones de kilogramos hasta 3 millones.

También se exploró una política de explotación con escape creciente (fig. 11). En este caso, con tasas de escape adecuadas, se logra un acrecentamiento de la biomasa de manera aparentemente lineal. Todas las políticas se exploraron en una hoja de cálculo, para cada modelo tal que, variando el factor de interés, se produjeran gráficos que nos permiten observar la evolución de la biomasa (y en su caso la captura o el esfuerzo) durante un siglo a partir de 1997. Con una manipulación de la hoja de cálculo adecuada, podríamos explorar políticas mixtas y observar su desempeño.

La figura 12 muestran estimaciones recientes de biomasa, realizadas con los diferentes valores de los parámetros y utilizando la captura real (C) o el esfuerzo (E) para calcular la biomasa con los modelos logístico y logístico descompensado. De la figura se desprende que las estimaciones hechas con el modelo logístico y con el segundo juego de valores (ver tabla 2), utilizando la captura real ($L_{II}(C)$), se producen las estimaciones más bajas de todas.

Las estimaciones logradas con el modelo descompensado, usando el primer juego de valores y la captura real ($D_I(C)$), produjeron

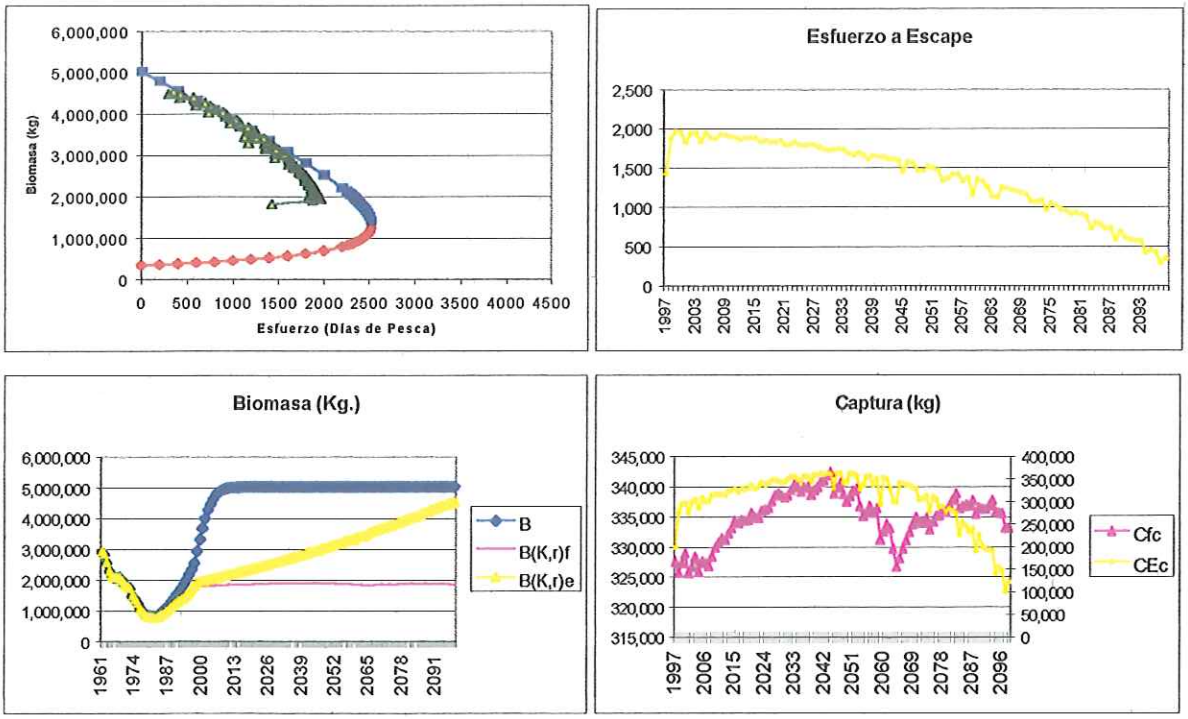

Figura 11. Evolución de la biomasa, de acuerdo al modelo descompensado, (panel inferior izquierdo) para políticas de tasa de explotación fija [B(r,K)f]y de escape creciente a tasa anual fija [B(r,K)e]. La curva etiquetada B corresponde a la evolución de la biomasa libre de pesca a partir de 1996. En el panel superior izquierdo, se muestra la trayectoria de la biomasa, para la política de escape creciente, comparada con la curva de equilibrio. Los paneles a la derecha, muestran la evolución de las capturas y el esfuerzo para ambas políticas.

resultados ligeramente superiores al anterior y similares a las estimaciones hechas con el modelo logístico y el primer juego de valores ($L_I(C)$), junto con la captura real como variable independiente El resto de las estimaciones parecen salirse de las últimas evaluaciones de biomasa hechas a partir de muestreos de campo, que han variado entre uno y uno y medio millones de kilogramos.

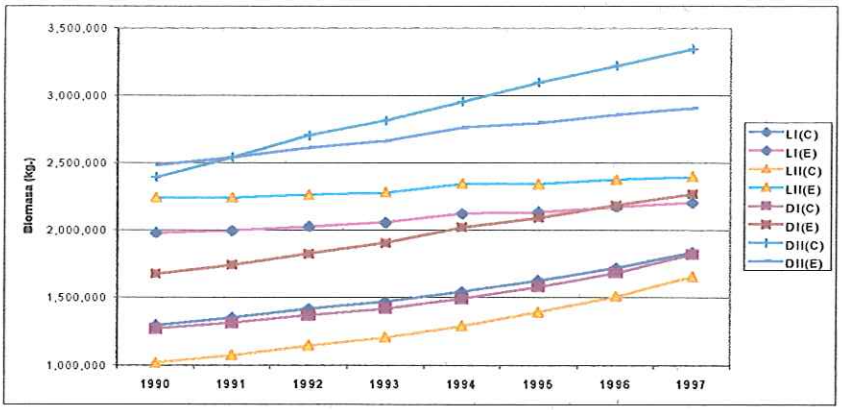

Figura 12. Estimaciones de biomasa durante el presente decenio, de acuerdo al modelo logístico (L) y logístico descompensado (D) para las diferentes combinaciones de valores de los parámetros (ver tabla 2). La letra entre paréntesis indica si se usó la captura o el esfuerzo en las estimaciones

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 Las conclusiones que podemos extraer de este trabajo pueden clasificarse en dos grupos. Uno se refiere al aspecto de los métodos empleados y otro a las características de los resultados generales y de las políticas analizadas.

En el primer grupo, se concluye que se requiere trabajo adicional para decidir sobre los mejores valores de los parámetros de los modelos. Se puede refinar la búsqueda de mínimos o máximos, por ejemplo, restringiendo el rango de variación de los parámetros, como aquí se hizo en algunos casos, a fin de buscar mínimos o máximos que rindan valores "realistas" aunque estos extremos en las funciones objetivas no sean absolutos. De los métodos de regresión múltiple, de entre la linearización de Schnute y la de Hilborn y Walters, esta última parece ser la que mejores estimaciones rindió. Esto no implica que en todos los casos este método sea el mejor. La dependencia de las condiciones iniciales sobre la estabilidad del sistema, forzado por la variación de sus parámetros, merece un estudio más cuidadoso. La elección de una política óptima

depende, en cierto grado, de la seguridad o baja incertidumbre del correcto desempeño del modelo a usar. La parametrización de la respuesta de r y K a la temperatura usada es preliminar. Los valores obtenidos por el método de ajuste de series de tiempo, son cotas máximas, es decir, no están permitidos valores superiores a ellos. Tal vez sea útil averiguar la variación de estos parámetros considerando el valor obtenido como una media, por ejemplo. Una gran desventaja parece ser el carácter simétrico de la función de respuesta. Sabemos que el recurso es más sensible a las desviaciones positivas de la temperatura que a las negativas. Esto posiblemente explique la insuficiente capacidad del modelo para reflejar las oscilaciones observadas. También se podría hacer un análisis de sensibilidad con respecto a la variación de K y r, para averiguar cual variación es mas significativa. Deben hacerse consideraciones adicionales sobre el uso de la temperatura de la superficie del mar, es posible una reducción de la temperatura de la superficie del mar a la profundidad promedio de distribución del recurso, haciendo uso de perfiles medios verticales de temperatura. En realidad la elección del punto 29°N 115°O no fue la mejor, ya que, a pesar de ser el más cercano a Isla de Cedros, parece tener gran influencia costera, en donde ocurren fuertes surgencias que tienden a disminuir la temperatura local pero no necesariamente llegar a afectar a Isla de Cedros. Esto parece ser, en parte, el caso del último evento "El Niño" de 1997/98, cuando se registro una fuerte (~4°C) y duradera (6 a 7 meses) anomalía positiva alrededor y principalmente al Oeste de Isla de Cedros, la cual no se registro con tanta intensidad en el punto seleccionado. Aún cuando apenas se ha mencionado algo sobre el coeficiente de capturabilidad, parece de extrema importancia profundizar más sobre este parámetro, ya

que parece imposible que este se haya mantenido constante durante todo el periodo analizado. Una simulación de la variabilidad de este coeficiente cae más allá de los alcances del presente trabajo y se requiere de esfuerzo adicional para comprender su comportamiento.

En el segundo grupo de conclusiones, debemos decir que, a pesar de la existencia de múltiples valores extremos en las funciones objetivas, los métodos de estimación empleados produjeron todos ellos valores cercanos a los 4 o 5 millones de kilogramos para la capacidad de carga del ambiente y valores entre 0.27 y 0.51 para la tasa intrínseca de crecimiento. De estos valores, de acuerdo a las evaluaciones de biomasa derivadas de muestreos de campo y las estimaciones más consistentes con aquellas evaluaciones son, primero para el modelo logístico L_{II}, segundo para el logístico descompensado D_I y en tercer lugar el logístico L_I. Sin embargo, los valores críticos para las políticas aquí analizadas, con los parámetros aparentemente mas realistas, son bastante similares entre sí. El cálculo de políticas óptimas puede iniciarse con estos modelos, incluyendo la dimensión económica y aspectos sociales, como se señaló en la introducción. Una extensión en este sentido implica una coordinación con especialistas en el área socioeconómica, que permita la incorporación de datos e información correcta y adecuada. Los valores críticos para las políticas examinadas parecen ser realistas en cuanto al esfuerzo máximo permisible, que osciló entre 1800 y 2100 mareas y en tal rango se ubican los valores de esfuerzo recientes con una productividad aproximadamente constante. Esto implica que actualmente se esta en el límite de la cantidad de esfuerezo recomendable Los valores encontrados para la política de captura

constante sugieren un posible incremento de las cuotas actuales (menores o iguales a 200 ton. anuales), sin embargo, recordemos que aquellos valores son valores críticos (punto límite) que hay que evitarlos mas que llegar a ellos. La política de tasa de explotación fija rinde valores de captura críticos inferiores su equivalente, la política de esfuerzo constante (bajo el supuesto de un coeficiente de capturabilidad constante), aunque con esfuerzos mayores, excepto para el caso D_{II}. Para esta política de cuota fija y en los casos L_{II} y D_I, los esfuerzos correspondientes fueron bastante oscilantes. La política de escape constante rindió valores de escape de alrededor de las 1,500 ton., excepto para el caso D_{II}. En general, los valores críticos de captura, cayeron alrededor de 300 ton. con esfuerzos correspondientes aparentemente bajos (1200 a 2300 mareas), pues no son totalmente consistentes con la historia reciente de la captura y el esfuerzo. Actualmente, con esfuerzos similares apenas se ha llegado a capturas de cerca de 200 ton. Para los esfuerzos reales recientes, dado el coeficiente de capturabilidad estimado, la captura correspondiente resulta ligeramente sobrestimada. Es obvio que se requieren esfuerzos adicionales para mejorar los resultados.

BIBLIOGRAFIA.

Baker, J., Shepherd, S. and Edyvane, K. 1997. The Use of Marine Faisheries Reserves to Manage Benthic Fisheries, with emphasis on the South Australian Abalone Fishery.
http://www.
environment.gov.au/portfolio/esd/coast_marine/or2000/mpa/Pubnum37.htm

Bakun,, A. 1983. Report of the Working Group on Environmental Studies and Monitoring. FAO Fisheries Report No. 291, Vol 1.

Beamish, Richard, J. 1993. Climate and Exceptional Fish Production off the West Coast of North America. Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 50, 2270-2291.

Cury, Phillip; Roy, Claude; Mandelsshon, Roy; Bakun, Andrew; Hussby, David M and Parrish, Richard H. 1992. "Moderate is Better": Exploring Nonlinear Climatic Effect on California Anchovy. Paper presented at the International Symposium on Climate Change and Northern Fish Populations. October 13-16, Victoria, British Columbia, Canada.

Enin, U. I. 1996.On Modeling and Management of Capture Fisheries: One View. Naga, The ICLARMQuarterly, Vol. ?, No. 4: 4547.

Guzmán del Próo, Sergio A., Victoria Marín Aceves y Carlos E. Castro Aguirre. 1976. Estructura y Abundancia de la Población de Abulón (*Haliotis spp)* de Baja California en los años 1960/1970. Memorias del Simposio sobre Recursos Pesqueros Masivos de México. Ensenada, B. C. México. Tomo I, Vol. Esp. Abulón/Langosta.

Jeffries, H. Perry. 1994. The Impacts of Warming Climate on Fish Populations. Maritimes, Vol. 37, No. 1: 12-15.

Kinne, Otto (Ed.) 1978 (reprint) Marine Ecology, vol. I, part 1. Wiley-Interscience. Great Britain.

Laevastu, Taivo. 1993. Marine Climate, Weather and Fisheries. Halsted Press: an imprint of JOHN WILEY & SONS, INC. NEW YORK, TORONTO. Printed in Great Britain.

Lafferty, K. D. Y Kuris, A. M. 1993. Mass mortality of abalone *Haliotis cracherodii* on the California Chanel Islands: tests of epidemiological hypoteses. Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol. 96, 239-248.

Leighton, David L. 1974. The Influence of Temperature on Larval and Juvenile Growth in Three Species of Southern California Abalone. Fish. Bull., Vol. 72, No. 4: 1137-1145.

Ludwig, Donald, Hilborn, Ray and Walters, Carl. 1993. Uncertainty, Resource Exploitation, and Conservation: Lessons from History. Ecological Applications, Vol. 3, No. 4:547-549.

Mantua, N. J., Hare, S. R., Zhang, Y, Wallace, J. M. And Francis, R. G. 1997. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with impacts on Salmon Production. Bull. Amer. Meteor. Soc. Vol. 78:1069-1079.

Miller, A. J., Cayan, D. R., Barnett, T. P., Graham, N. E. and Oberhuber, J. M. 1994. The 1976-77 Climate Shift of the Pacific Ocean. Oceanography, Vol. 7, No. 1: 21-26.

Minobe, S. 1977. A 50-70 year Climatic Oscillation over the North Pacific and North America. Geophys. Res. Let. Vol 24: 683-686.

Muñoz López Temístocles. 1976. Clave Artificial, Diagnosis de las Especies Híbridas de *Haliotis spp.* (Mollusca: Gasteropoda) en Baja California, México. Memorias del Simposio sobre Recursos Pesqueros Masivos de México. Ensenada, B. C. México. Tomo II, Vol. Esp. Abulón/Langosta.

Mysak, Lawrwnce, A. 1986. El Niño, Interannual Variability and Fisheries in the Northeast Pacific Ocean. Can. J. Fish. Acuat. Sci., Vol. 43, 464-497.

Panaytou, T. 1982. Management Concepts for Small-Scale Fisheries: Economic and Social Aspects. FAO Fish. Tech. Pap. 228, 53 p.

Parma, Ana M. 1990. Experimental Harvesting of Cyclic Stocks in the Face of Alternative Recruitment Hypotheses. Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 47: 595-610.

Prager, Michael H. 1993. Detection of Contaminant and Climate effects on Spawning Success of Three Pelagic Fish Stocks: Northern Anchovy *Engraulis mordax,* Pacific Sardine *Sardinops sagax,* and Chub Mackerel *Scomber japonicus.* 1993. Fish. Bull., Vol. 91, No. 2: 310-325.

Richards, D. V y Davis, G. E. 1993. Early Warnings of Modern Population Collapse in Black Abalone *Haliotis cracherodii Leach, 1814* at the California Chanel Islands. J. Shellfish. Res., Vol. 21, No. 2, 189-194

Sharp, G. D. 1987. Climate and Fisheries: Cause and Effect or managing the Long and Short of it all. S. Afr, J. Mar. Sci. Vol. 5: 811-838.

Simpson, James J. 1993. A Conceptual Framework for the Operational Fisheries Oceanography Community. Cal COFI Report, Vol. 34: 51-57.

Sissenwine, M. P. 1984. Why Do Fish Populations Vary?. In Exploitation of Marine Communities. R. M. May Editor. Springer-Verlag. Berlin.

Skud, Bernard Einar. 1982. Dominance in Fishes: The Relation between Environment and Abundance. Science, Vol. 216, No. 9: 114-149.

Smith, Anthony. 1997. CSIRO Division of Fisheries. Hobart, Tasmania. "http://kaos.erin.gov.au/portfolio/esd/coast_marine/or2000/mpa/Pubnum36.htm"

Sparre, P., Ursin, Erik and Venma, Siebren C. 1990. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper, 306/1:1-337.

Underwood, A. J. 1994. On Beyond BACI: Sampling Designs that migth Reliably Detect Environmental Disturbances. Ecological Applications, vol. 4, No. 1.

White, J. W. C. 1993. Don't Touch that Dial. Nature, Vol. 364, 186.

Walters, Carl and Parma, Ana M. 1996. Fixed Exploitation Rates Strategies for Coping with effects of Climate Change. Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 53: 148-158.