



Auditoría Técnica Internacional del Instituto del Mar del Perú

# **Informe Final de la Auditoría Técnica Internacional del Instituto del Mar del Perú**

**Elaborado por:**

Dr. Francisco Arreguín-Sánchez  
Instituto Politécnico Nacional,  
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas  
La Paz, Baja California Sur, México

Dr. James Ianelli  
Alaska Fisheries Science Center  
National Marine Fisheries Service  
7600 Sand Point Way NE  
Seattle WA USA 98115

Abril 2014.



## RESUMEN EJECUTIVO

La segunda misión de FAO, respondiendo a la solicitud del Ministerio de la Producción (PRODUCE), para realizar una evaluación del técnico del IMARPE se llevó a cabo del 31 de Marzo al 3 de Abril de 2014. Durante este periodo el personal científico de la FAO se entrevistó con autoridades y personal de PRODUCE, con productores, y con autoridades y científicos del IMARPE.

La impresión general es que, en comparación con el resto del mundo, la situación de la aplicación de un alto nivel de datos de campo como soporte científico hacia la gestión de la pesca, Perú se ubicaría entre los más altos. Esta condición es particularmente destacada dado que el IMARPE no sólo ha diseñado un sistema de acopio de información de alta calidad científica, sino que dicha información le permite asesorar científicamente al Ministerio de la Producción con oportunidad y eficiencia de acuerdo a las necesidades inmediatas, de tal suerte que, por ejemplo, se llega a ofrecer información diaria para la toma de decisiones; o bien, se emiten recomendaciones de cuotas con un sentido precautorio bien definido científicamente. En este contexto, el calibre de los científicos y la magnitud de los datos es de indudable calidad. De esta manera, nuestras recomendaciones deben ser consideradas como áreas en las que podría ser posible mejorar algunos aspectos, y no como "correcciones" al sistema actual que, en general, y a la luz del estado de la pesca, parece estar funcionando bastante bien.

El informe contiene un texto descriptivo en relación con los términos de referencia, y posteriormente, se centra en las recomendaciones específicas y las razones para las mismas.

### Resumen de recomendaciones (el orden no significa prioridad)

- R-1: Revisar y en su caso ajustar algunos de los textos contenidos en la Ley del IMARPE y el ROF, relativos a las funciones del IMARPE, los cuales deben ser consistentes entre sí..... 9
- R-2: Ofrecer programas de desarrollo científico para los jóvenes que pretendan incorporarse y permanecer en el campo debe ser tomado como una prioridad. La misma consideración debe ofrecerse a los científicos ya establecidos en cuanto a la actualización de métodos y técnicas modernas..... 9
- R-3: Analizar la posibilidad de establecer un sistema institucional de promoción laboral basado en el desempeño y productividad..... 10
- R-4: Establecer un programa estratégico de contratación de investigadores (y de su entrenamiento en casos necesarios); incluyendo la renovación generacional. .... 10
- R-5: Esforzarse por mejorar la comunicación entre el IMARPE y PRODUCE..... 10
- R-6: Fortalecer las relaciones con el sector productivo para aprovechar a las embarcaciones comerciales como plataformas generadoras de información científica..... 11
- R-7: Establecer un sistema de evaluaciones externas periódicas y rotativas..... 11
- R-8: Los planes sobre los talleres de trabajo deberán ser detallados, con términos de priorización y enfocados a mejorar las técnicas de estimación acuerdo con las necesidades de investigación o preguntas científicas a resolver. .... 11
- R-9: Deben abordarse modelos holísticos del ecosistema que ofrezcan una perspectiva adicional y complementaria de la dinámica entorno donde se desarrollan los recursos objetivos de la pesca, tal que puedan explorarse desde este contexto alternativas de gestión. .... 12
- R-10: El actual proceso de "táctica" para el establecimiento de cuotas anuales debe ser probado con los objetivos estratégicos generales de la gestión. .... 12
- R-11: Usar infraestructura e información existentes para ampliar funciones..... 12
- R-12: Incorporar de manera cotidiana el análisis de riesgo en las recomendaciones de gestión con base en la caracterización de la incertidumbre. .... 13
- R-13: Implementar esquemas de trazabilidad y transparencia como elemento de certeza y calidad del trabajo institucional ..... 13
- R-14: Generar indicadores de eficacia institucional. .... 13



R-15: Hacer explícitos los niveles de representatividad de los datos colectados por las diferentes fuentes de información.....	13
R-16: Incorporar error de estimación e intervalos de confianza en las estimaciones de biomasa por métodos directos .....	14
R-17: Revisar con detenimiento el factor de eficiencia usado en el modelo de área barrida para el cálculo de biomasa .....	14
R-18: Hacer una revisión crítica de los métodos indirectos utilizados, de los supuestos base de los mismos, así como de la estimación de parámetros de entrada (por ejemplo, tasa instantánea de mortalidad natural y la capturabilidad), con la finalidad de emplear aquellos que mejor se adecúen a cada tipo de recurso.....	14
R-19: Estimar el esfuerzo nominal aplicado en las diferentes pesquerías e incorporarlo en los modelos usados como métodos indirectos.....	14
R-20: Incluir en los informes científicos, para las diferentes pesquerías, las estimaciones de tasa instantánea de mortalidad por pesca, tasa de explotación.....	15
R-21: Incorporar las variables ambientales significativas en la calibración de los modelos poblacionales usados para estimar cuotas, así como para explorar posibles tendencias de la abundancia de los recursos.....	15
R-22: Aplicar enfoques más modernos a escalas finitas de tiempo para integrar globalmente todos los datos disponibles.....	15
R-23: Incluir estadísticas de captura y biomasa de la pesca de pequeña escala (de hecho para las diferentes flotas) de tal manera que el stock, como un todo, pueda ser evaluado.....	15
R-24: Desarrollar un modelo espacialmente explícito para evaluar la concentración relativa de las tasas de mortalidad por pesca.....	16
R-25: Examinar la manera de utilizar los datos disponibles y detallados sobre dinámica de la flota (e.g., Joo et al. 2013) para apoyar la asesoría a PRODUCE sobre el manejo de recursos y, por ejemplo, a la SNP.....	16
R-26: Considerar la inclusión de las interacciones tróficas dentro de un modelo integrado como un parámetro de sensibilidad.....	16
R-27: Evaluar tasas de explotación históricas para analizar el desempeño pasado relativo a los objetivos de pesca (i.e., $F_{MSY}$ ).....	16
R-28: Deben de construirse tipos de tablas de decisión apropiadas mostrando riesgo a corto y mediano plazo, dando alternativas para fijar niveles de captura.....	16
R-29: La planeación estratégica para una evaluación de riesgos debe tener una visión a más largo plazo.....	16
R-30: Evaluar métodos para destilar información oceanográfica compleja en simples estadísticas que los administradores puedan entender.....	16
R-31: Considerar la posibilidad de construir modelos de series de tiempo simples para mejorar las estimaciones actuales.....	17
R-32: Las reglas de control de El Niño deben ser re-evaluadas.....	17
R-33: IMARPE debe investigar la utilidad de la incorporación de registros más detallados que están disponibles y ser fácilmente proporcionados por la industria.....	17
R-34: IMARPE debe evaluar algunos de los métodos alternativos de estimación indirecta como una regla de control alternativa.....	17
R-35: Desarrollar / aplicar modelos que se adaptan más fácilmente al tipo de información disponibles para esta especie.....	18
R-36: Revisar el procedimiento de aplicación del modelo global de biomasa utilizado (desde los supuestos del mismo); y considerar otros métodos aplicados a pesquerías de calamares en otras partes del mundo.....	18
R-37: Considerar la posibilidad de obtener resultados más detallados sobre el tamaño y la distribución espacial para examinar posibles evidencias de múltiples stocks.....	18
R-38: Fortalecer la productividad científica institucional con acciones específicas, dentro del marco de referencia del mandato establecido en su misión.....	19



## CONTENIDO

<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	2
<i>Resumen de recomendaciones (el orden no significa prioridad)</i> .....	2
<b>Contenido</b> .....	4
<b>Introducción</b> .....	5
<i>Antecedentes</i> .....	5
<i>Sobre las misiones de FAO para la evaluación del IMARPE</i> .....	5
<i>Procedimiento de evaluación y método</i> .....	7
<b>Estructura del sistema de gestión</b> .....	8
<b>Recomendaciones</b> .....	9
<i>Organización del IMARPE</i> .....	9
Estructura interna .....	9
Relación con PRODUCE.....	10
Interacciones con actores (pescadores).....	10
<i>Otros aspectos</i> .....	11
Generales .....	11
Métodos avanzados de manejo basado en el ecosistema.....	12
<i>Trabajo Científico Desarrollado por IMARPE</i> .....	13
Monitoreo .....	13
<i>Consideraciones para pesquerías individuales</i> .....	15
Anchoveta .....	15
Jurel .....	17
Merluza .....	18
Pota .....	18
<i>Productividad Científica del IMARPE</i> .....	18
<b>Anexo 1</b> .....	20
<i>Agenda Primer Misión (11 al 19 de Diciembre 2013)</i> .....	20
<i>Agenda Segunda Misión (31 de Marzo al 3 de Abril)</i> .....	21
<b>Anexo 2. Preguntas enviadas al personal del IMARPE previas a las presentaciones</b> .....	22
<b>Anexo3 Enfoque holístico para la sostenibilidad del ecosistema y sus pesquerías (ejemplo)</b> .....	24
1.- <i>Modelo trófico del ecosistema</i> .....	24
2.- <i>Patrón de extracción de biomasa</i> .....	24
3.- <i>Construcción del diagrama de ganancia de entropía</i> .....	24
4.- <i>Nivel de Riesgo del Ecosistema</i> .....	25
5.- <i>Determinación de límites de captura</i> .....	25
6.- <i>Sugerencias para ordenamiento</i> .....	25
<b>Literatura citada</b> .....	28



## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

Tanto IMARPE como el Ministerio de la Producción (PRODUCE) han creído conveniente realizar una auditoría técnica internacional con el propósito fortalecer al IMARPE, consolidando o mejorando las metodologías usadas para cumplir con su misión, así como transparentarlas para la sociedad civil. En este contexto, la auditoría internacional consideró los siguientes objetivos:

1. Evaluar y analizar las diferentes metodologías y los procedimientos así como la información primaria utilizados para la evaluación del estado de los recursos pesqueros en aprovechamiento, y la determinación de cuotas de pesca u otras medidas de ordenamiento para las principales pesquerías.
2. Analizar y evaluar la producción científica de IMARPE y los factores que afectan la productividad científica de su personal considerando su estructura y función.
3. Evaluar la estructura orgánica y los recursos con los que cuenta el IMARPE para el cumplimiento de sus funciones, así como el impacto de sus decisiones en la sostenibilidad de las pesquerías y en el nivel de rentabilidad de las mismas, incluyendo el beneficio de los pescadores.

Los criterios de carácter nacional que se consideraron para la misión de la FAO estuvieron basados en:

- a) **Propósito y los objetivos:** El proyecto contribuye directamente al Objetivo Estratégico 2 (*Aumentar y mejorar el suministro de bienes y servicios procedentes de la agricultura, la actividad forestal y la pesca de una manera sostenible*). Así como también al Objetivo estratégico vigente C3 “La ordenación más eficaz por los Estados Miembros de la FAO y otras partes interesadas de la pesca de captura marina y continental ha contribuido a mejorar la situación de los recursos pesqueros, los ecosistemas y su utilización sostenible”;
- b) **Las prioridades nacionales o regionales;** El Plan Estratégico Sectorial Multianual del Sector Producción (2012-2016) indica como *Objetivo Estratégico 5 del Sector Pesquería* “Lograr pesquerías sostenibles con base en la mejor información científica y tecnológica disponible, manejada bajo un enfoque ecosistémico y con un sistema de monitoreo eficaz y transparente”. Específicamente, la *Política 8 del Objetivo Estratégico 5* indica “Fortalecer la investigación científica y tecnológica aplicando su enfoque ecosistémico, en base a información actualizada y parámetros científicos biológicos, pesqueros, económicos y sociales”.
- c) **Problema o punto crítico a ser atendido;** El problema identificado es la falta de evaluación de la productividad técnica científica de IMARPE así como de las metodologías fundamentales del IMARPE como base para el asesoramiento científico en la toma de decisiones por parte del Ministerio de la Producción, específicamente en el establecimiento de cuotas pesqueras al menos de cuatro pesquerías.

De esta manera se consideró que la evaluación es necesaria para reafirmar el rol y el prestigio del IMARPE como referente científico y neutral para la toma de decisiones por parte del Estado y todos los actores relacionados al sector pesquero; siendo esto una manera de asegurar la sostenibilidad del aprovechamiento de los recursos de la pesca y de la acuicultura en el Perú. Con esta evaluación se espera que el personal técnico del IMARPE fortalezca sus capacidades para realizar investigaciones científicas y tecnológicas confiables, así como su capacidad de gestión adecuada de los recursos provenientes del mar y de las aguas continentales

### Sobre las misiones de FAO para la evaluación del IMARPE

Bajo el marco de referencia anterior se generaron dos misiones de la FAO. En la primera de ellas participó el Dr. Francisco Arreguín-Sánchez, y en la segunda participando además el Dr. James Ianelli, ambos como



consultores externos; contando en esta última con la presencia del Dr. Alejandro Flores Nava, Oficial Principal de Pesca, RLC.

El propósito de la misión de la FAO es la evaluación del papel del IMARPE en el contexto del proceso de la toma de decisiones para la gestión de las cuatro principales pesquerías, anchoveta, jurel, merluza y pota; analizando desde la toma de información en campo (a bordo o en el lugar de desembarco), hasta la toma de decisiones por parte del Ministerio de la Producción (PRODUCE). El proceso implica la interacción entre IMARPE y PRODUCE, teniendo en consideración la opinión y expectativa de los productores.

Los términos de referencia fueron los siguientes:

- 1. Analizar las diferentes metodologías y los procedimientos, así como la información primaria utilizados para la evaluación del estado de los recursos pesqueros en aprovechamiento, la determinación de cuotas de pesca y otras medidas de ordenamiento para las cuatro principales pesquerías (anchoveta, pota, merluza y jurel), emitiendo opinión sobre su idoneidad y, en su caso, las recomendaciones pertinentes.*
- 2. Evaluar la estructura orgánica y los recursos con los que cuenta el IMARPE para el adecuado cumplimiento de sus funciones y misión.*
- 3. Analizar y evaluar la producción científica de IMARPE y los factores que afectan la productividad científica de su personal considerando su estructura y función.*

La primera misión se llevó a cabo del 11 al 19 de Diciembre de 2013, mientras que la segunda se llevó a cabo entre el 31 de marzo y el 3 de abril 2014. Las agendas propuestas en ambos casos se muestran en el anexo 1. En el caso de la Segunda Misión, para facilitar la interacción con los científicos del IMARPE, y teniendo como antecedente el informe de la Primer Misión, se enviaron previamente algunas preguntas al IMARPE sobre las cuatro pesquerías que son objeto de esta evaluación para ayudar en las discusiones al momento de las entrevistas, así como de algunos aspectos de organización del Instituto. Las preguntas de referencia se incluyen en el Anexo 2.

Se contó también con los elementos proporcionados en el informe de la Primer Misión, en la cual se hicieron observaciones puntuales a manera de fortalezas y sugerencias sobre posibles mejoras. Este documento al ser considerado como información previa para esta segunda misión permitió una mejor definición y aclaración de algunos de los aspectos discutidos en ese entonces, de tal suerte que las discusiones llevadas a cabo y que son base del presente informe resultaron más precisas, permitiendo una mejor definición de aquellos aspectos que en su momento se definirán como recomendaciones específicas.

Desde luego, como lo prevé la agenda de trabajo, se discutieron aspectos de carácter científico con el personal del IMARPE, para identificar el proceso de toma de datos y análisis de los mismos hasta la entrega de informes a PRODUCE. Así mismo, se tuvo una entrevista con el Vice-Ministro y sus colaboradores cercanos para identificar el proceso interno hasta la toma de decisiones, una vez que el informe del IMARPE es recibido, considerando desde luego la propia demanda de información por parte de PRODUCE al IMARPE. También se tuvo una entrevista con la Presidenta de la Sociedad Nacional de Pesquerías, SNP, con el objeto de percibir como el sector productivo identifica el papel de las instituciones en el proceso de toma de decisiones. Finalmente, como parte del proceso se visitó uno de los sitios de desembarque de la flota de pequeña escala, donde se conversó con algunos de los pescadores y operadores del puerto.

La impresión general es que, en comparación con el resto del mundo, la situación que guarda la aplicación de un alto nivel de obtención de datos de campo como soporte científico hacia la gestión de la pesca, Perú se ubicaría entre los más altos. Esta condición es destacada dado que el IMARPE no sólo ha diseñado un sistema de acopio de información de alta calidad científica, sino que dicha información le permite asesorar científicamente al Ministerio de la Producción con oportunidad y eficiencia de acuerdo a las necesidades



inmediatas, de tal suerte que, por ejemplo, se llega a ofrecer información diaria para la toma de decisiones; o bien, se emiten recomendaciones de cuotas con un sentido precautorio bien definido científicamente. En este contexto, el calibre de los científicos y la magnitud de los datos son de indudable calidad. Por ello, nuestras recomendaciones deben ser consideradas como áreas en las cuales podrían mejorarse algunos aspectos, y no como "correcciones" al sistema actual que, a la vista del estado de las principales pesquerías de Perú, y de la percepción de las opiniones del sector productivo, parece estar funcionando bastante bien. Por último, las opiniones expresadas aquí deben ser consideradas en el contexto de la corta duración de las misiones desarrolladas.

En relación con la estructura del presente informe, y de acuerdo con los términos de referencia, se definen tres secciones; la primera relativa a la Estructura del sistema de gestión, la segunda relativa al trabajo científico desarrollado por el IMARPE, incluyendo las cuatro pesquerías objeto de análisis específico, y la tercera, relativa a la productividad científica del IMARPE.

Con respecto a las recomendaciones, hacemos notar que el orden en que se presentan corresponde a la estructura del propio reporte y no a una prioridad determinada.

### Procedimiento de evaluación y método

La estrategia a seguir para la evaluación del IMARPE consistió en varias etapas:

1. Identificación y análisis de los documentos oficiales que definen desde la creación del IMARPE hasta los procedimientos y organización actuales. Los documentos revisados fueron los siguientes:
  - a. Decreto Supremo No. 21, de fecha 6 de Septiembre de 1966, sobre la creación del Instituto de Investigación de los Recursos Marinos (actual IMARPE)
  - b. Decreto Legislativo No. 95, del 26 de Mayo de 1981: Ley del Instituto del Mar del Perú – IMARPE – (*Ley IMARPE*)
  - c. Reglamento de Organización y Funciones - *ROF* - (RM. No. 345-2012-PRODUCE (Julio 2012)
  - d. Organigrama Estructural del IMARPE (Julio 2012) (*Estructura Orgánica*)
  - e. Manual de Organización y Funciones - *MOF*, RD-DEC-282-2013 (15 de Noviembre de 2013)
2. Entrevistas con los científicos del IMARPE para el análisis y revisión de los procedimientos de investigación, desde la toma de datos hasta la emisión de informes a PRODUCE. Las entrevistas se realizaron con el Presidente del Consejo, Director científico, los Directores Generales de Investigación de cada área, y los investigadores responsables de cada una de las pesquerías objeto de esta evaluación.
3. Entrevistas en PRODUCE con la Ministra (Diciembre 2013), el Ministro (Marzo 2014); el Vice-Ministro de Pesca, el Asesor Científico del Ministro (en ambas fechas), y los directores de área del Vice-Ministerio de las Pesca; con el objeto de identificar el proceso de la toma de decisiones, una vez que cuentan con el informe científico del IMARPE, hasta que se emite la resolución (toma de decisión) y se publica en el Diario Oficial.
4. Análisis de diversos productos de investigación del IMARPE, entre los cuales se dispuso de:
  - a. 27 informes técnicos emitidos por el IMARPE
  - b. Protocolos:
    - i. Manual de Operaciones del Proyecto Bitácoras de Pesca
    - ii. Manual de Muestreo de la Pesquería Pelágica
    - iii. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales
    - iv. Estimación de la captura total permisible del stock norte centro de la anchoveta peruana



- v. Protocolo técnico para la evaluación acústica de las áreas de distribución y abundancia de recursos pelágicos en el mar peruano. Versión 2010
  - c. 31 publicaciones científicas
  - d. Además se dispuso de documentos visuales (6) relativos al trabajo de investigación desarrollado por los investigadores relativos a las investigaciones realizadas sobre las cuatro pesquerías sujetas a revisión.
  - e. Así mismo, se pudieron consultar algunos documentos adicionales a través de la página web del IMARPE (<http://www.imarpe.pe/imarpe/>) donde se dispone de una gran cantidad de información documentada sobre los productos de investigación del IMARPE así como información destinada al público.
5. La última etapa consistió de la síntesis de la información anterior, de acuerdo a los términos de referencia de la consulta donde se indican las recomendaciones consideradas como pertinentes para el fortalecimiento del IMARPE.

### ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GESTIÓN

El aspecto más relevante a considerar al analizar la estructura del sistema de gestión teniendo como elemento central el desempeño del IMARPE es la Misión institucional ya que de este mandato surge su función como elemento del proceso de gestión. La Misión del IMARPE es explícita en el Manual de Organización y Funciones que a la letra dice:

*Liderar las investigaciones científicas y tecnológicas en forma oportuna y de calidad, que contribuyan al mayor conocimiento de los recursos pesqueros y su ambiente; para promover la conservación de los ecosistemas acuáticos, su biodiversidad, y su uso sostenible. Asesorar al Ministerio de la Producción, bajo un enfoque ecosistémico para la toma de decisiones referidas al ordenamiento y regulación de las pesquerías, de la acuicultura y conservación del ambiente, en concordancia con los lineamientos del Sector Pesquero y con las condiciones naturales de los ecosistemas acuáticos.*

Con el objetivo de evaluar y analizar los métodos y procedimientos, sobre cómo se utiliza la información y como se establecen las medidas de gestión (i.e. cuotas de captura), se revisó el proceso global, desde la toma de los datos en campo, los análisis y consideraciones científicas, las emisión de las recomendaciones por parte del IMARPE a PRODUCE; el tratamiento interno en PRODUCE, de la información técnico-científica proveniente de IMARPE, hasta la toma de decisiones. Adicionalmente se analizó también la perspectiva del sector productivo respecto al proceso anterior, como actor central del sector pesquero.

Igualmente, para efectos del contexto relativo al fortalecimiento del IMARPE relativo a las posibles recomendaciones derivadas de la presente evaluación, la Visión institucional resulta de importancia; y si bien no se encontró esta definición en los documentos revisados, si aparece explícitamente en la página web de la institución, quedando definida como sigue (<http://tinyurl.com/m2t6z7e>):

*Mantener el liderazgo en la investigación científica y tecnológica de los ecosistemas marinos, la biodiversidad, la acuicultura y sus pesquerías, asesorando al Ministerio de la Producción y al Sector Pesquero industrial y artesanal, en el ordenamiento pesquero y conservación del ambiente marino, en tiempo real y en el marco de un enfoque eco sistémico, utilizando tecnología de punta para la generación de actividades productivas*

Con estos elementos como marco de referencia de realizó la evaluación del IMARPE de donde derivan las siguientes





## RECOMENDACIONES

### Organización del IMARPE

La Estructura Orgánica vigente del IMARPE es definida en el Reglamento de Organización y Funciones. El IMARPE es encabezado por un Consejo Directivo presidido por el Presidente del IMARPE, una Dirección Ejecutiva Científica, cinco Direcciones Generales de Investigaciones (comprendidos como Órganos de Línea en el MOF), y diez Laboratorios Costeros (definidos como Órganos Desconcentrados en el MOF) que apoyan las tareas de las direcciones generales de investigaciones. La estructura actual de la organización con IMARPE ha sido recientemente rediseñada. La separación del grupo de hidroacústica, para trabajar de manera independiente (pero estrechamente vinculada con el resto de las direcciones científicas) es apropiada y debe proporcionar una mejor coordinación y eficiencia en el trabajo global del IMARPE. Desde luego, es probable cierta superposición entre los grupos de trabajo, especialmente en cuanto a requerimientos y métodos de investigación, pero esta condición es útil para mantener la colegialidad entre los diferentes grupos.

**R-1: Revisar y en su caso ajustar algunos de los textos contenidos en la Ley del IMARPE y el ROF, relativos a las funciones del IMARPE, los cuales deben ser consistentes entre sí.**

Se observaron algunas diferencias entre los textos definidos en la Ley del IMARPE y el ROF que se entiende son consecuencia de la modernización de las responsabilidades establecidas para el IMARPE en el ROF en el 2012. Estas diferencias, si bien no son de carácter crítico, no deben existir. Por ejemplo, las tareas relativas a la investigación sobre calidad del ambiente acuático actualmente son comprendidas dentro de las responsabilidades del Ministerio del Medio Ambiente, sin ser más responsabilidad del IMARPE dentro de la estructura del gobierno federal.

### *Estructura interna*

En cuanto a la estructura interna y la organización de IMARPE, esto parece adecuada. Los retos y los asuntos a resolver son típicos de los que se encuentran en instituciones similares en otras partes del mundo. En muchas instituciones similares al IMARPE parece que la clave del éxito científico y de gestión está en el balance entre la investigación académica y aplicada. Por la propia necesidad y demanda de información para la toma de decisiones, la mayor parte de la investigación en el IMARPE corresponde a ciencia aplicada. Se requiere el desarrollo de investigaciones más académicas para mantener dicho balance, además de la motivación del personal, y para impulsar el avance de la ciencia y de la institución.

**R-2: Ofrecer programas de desarrollo científico para los jóvenes que pretendan incorporarse y permanecer en el campo debe ser tomado como una prioridad. La misma consideración debe ofrecerse a los científicos ya establecidos en cuanto a la actualización de métodos y técnicas modernas.**

El aumento de la edad de los investigadores de las instituciones pesqueras también es común en todo el mundo. IMARPE, al parecer, está haciendo un trabajo excelente y admirable de atraer a los jóvenes inteligentes y motivarlos. El consolidar la formación de jóvenes y mantener actualizado al plantel es altamente relevante tanto por mantener y mejorar la calidad de la ciencia que desarrolla en el IMARPE, como por la sucesión generacional que deben afrontar las instituciones con el objeto de mantener una cierta sostenibilidad en cuanto a los servicios científicos que se suministran a PRODUCE.

De acuerdo con conversaciones sostenidas con personal del IMARPE no existe en la institución un procedimiento claro de incentivos basado en productividad que permita la promoción laboral de acuerdo al desempeño y productividad personal.



**R-3: Analizar la posibilidad de establecer un sistema institucional de promoción laboral basado en el desempeño y productividad.**

Los esquemas de promoción laboral en las instituciones generalmente promueven la productividad, a la vez que contribuyen a la eficiencia del trabajo en los diferentes puestos y funciones. Sistemas de esta naturaleza incentivan el trabajo, inducen a una mayor creatividad, favorecen la productividad a través de la competitividad promueven una mayor consistencia y coherencia institucional.

El IMARPE requiere de actualizaciones y mejoras en algunas de sus tareas que lo lleven a obtener una mayor oportunidad, precisión y eficacia en la asesoría científica para la toma de decisiones, e incluso resolver necesidades de conocimientos nuevas del sector. Esto implica, además de posibles ajustes internos, la posible contratación de investigadores. Con el personal actual será difícil atender los nuevos requerimientos y retos institucionales. Un aspecto importante por la continuidad institucional, es prever también la renovación generacional de los investigadores

**R-4: Establecer un programa estratégico de contratación de investigadores (y de su entrenamiento en casos necesarios); incluyendo la renovación generacional.**

Actualmente el personal del IMARPE está involucrado a tiempo completo en las tareas desarrolladas actualmente. La atención que se presta a estas actividades, por la oportunidad y eficacia asociada, hace que sea poco probable su participación en nuevas tareas. Los requerimientos modernos y posibles mejoras y actualización a la investigación desarrollada requerirán necesariamente contratación de personal. Es evidente que los recursos financieros son finitos, de acuerdo con ello, el propio IMARPE deberá de considerar un programa estratégico de contratación, con prioridades, una vez identificadas las áreas nuevas o actuales con necesidades específicas. La edad promedio actual del personal científico del IMARPE es de 47 años, si no se prevé la renovación generacional en pocos años la institución podría caer en un periodo de baja productividad y merma en la calidad de los servicios al sector que tendría graves consecuencias.

*Relación con PRODUCE*

IMARPE ha existido durante 50 años y tiene una larga y excelente reputación de ofrecer muchos servicios para PRODUCE, e incluso a otras áreas del Gobierno Federal (e.g. como el sistema de alertas de eventos El Niño). Sin embargo, en este tipo de procesos los episodios de insatisfacción entre el proveedor de la ciencia y el usuario no son extraños; esto ocurre de manera obligada en un sistema de gestión dinámico donde el sector pesquero es sumamente activo, de tal suerte que ocurrirá de vez en cuando. Esto es totalmente normal.

**R-5: Esforzarse por mejorar la comunicación entre el IMARPE y PRODUCE.**

Deben proporcionarse informes claros que describan las actividades de investigación y sobre cómo están conectadas hacia los objetivos comunes de los respectivos organismos. Por ejemplo, tal vez añadiendo un apartado en los informes a PRODUCE que contengan un resumen de las prioridades de investigación y actividades que pueden ayudar a resolver las cuestiones pendientes; incluyendo los potenciales nuevos requerimientos de información por parte de PRODUCE.

*Interacciones con actores (pescadores)*

La opinión de los productores en relación al desempeño del IMARPE en el proceso de gestión es buena, mostrando reconocimiento por la labor de la institución. La Sociedad Nacional de Pesquerías, SNP, colabora con el IMARPE apoyando observadores a bordo; También, la SNP dispone de un consejo científico asesor compuesto por los especialistas contratados por las empresas que constituyen la sociedad los cuales, en su caso son interlocutores y facilitan la interacción con IMARPE. Este consejo, para sus propios fines toma información sobre las operaciones de pesca y productividad de sus embarcaciones, y



manifestaron su voluntad de apoyar al IMARPE para mejorar la oportunidad de la información científica y generar información complementaria al IMARPE tomada durante sus operaciones de pesca. También manifestaron su deseo de que su opinión sea escuchada para la toma de decisiones, de mejorar la oportunidad de la información científica al sector, así como de que la información colectada y los métodos aplicados a su análisis sean del dominio público. Respecto a los recursos pesqueros, llama la atención su convicción por considerar el ecosistema como base del manejo, y mencionan explícitamente su deseo de que el IMARPE realice estudios sobre otras especies de interés Potencial de niveles tróficos bajos. Sin duda, este requerimiento y la disposición de apoyar las investigaciones muestran el respeto y reconocimiento del sector a la labor desempeñada por el IMARPE.

**R-6: Fortalecer las relaciones con el sector productivo para aprovechar a las embarcaciones comerciales como plataformas generadoras de información científica.**

Desde luego la posibilidad de utilizar información complementaria generada por el sector productivo en beneficio de la investigación científica que desarrolla el IMARPE es un aspecto relevante que merece consideración especial. Desde luego esto requiere de una serie de consideraciones, no sólo científicas (i.e. probablemente mayor presupuesto, generar bases de datos comunes etc.), sino de carácter institucional. No obstante se considera de suma importancia fortalecer la relación buscando sinergias y mantener el diálogo para asumir co-responsabilidad en el manejo de las pesquerías.

**Otros aspectos**

*Generales*

Considerando la Misión del IMARPE en términos del servicio de la ciencia que desarrolla para asesorar la gestión de los recursos, los científicos del IMARPE tienen un aceptable registro publicaciones que reflejan bien la credibilidad y calidad de la ciencia y de sus recursos humanos. Sin embargo, en los ministerios y agencias en numerosas partes del mundo, las revisiones regulares sobre cómo se utiliza la ciencia para la gestión y la calidad de la misma, es una situación que se da con regularidad dándosele una prioridad muy alta (por ejemplo, dentro de los Ministerios de Chile y Nueva Zelanda; en los EE.UU dentro NMFS; en Europa en ICES, etc.) El concepto central es que estas evaluaciones deben de ser parte de la vida de las instituciones ya que es la mejor vía para identificar nuevas necesidades y mantener actualizados científica y tecnológicamente a las instituciones.

**R-7: Establecer un sistema de evaluaciones externas periódicas y rotativas**

Durante las reuniones con el personal técnico del IMARPE se mencionaron una variedad de talleres que se han llevado a cabo y otros más se han planificado. Si bien consideramos que estas actividades relativas a los talleres deben ser alentadas, convendría dar una mayor prioridad a un sistema de revisión por pares. En general los talleres son formativos o usados para actualización puntual sobre métodos y procedimientos; pero no son una revisión de la calidad ni de las estrategias de investigación institucionales.

**R-8: Los planes sobre los talleres de trabajo deberán ser detallados, con términos de priorización y enfocados a mejorar las técnicas de estimación acuerdo con las necesidades de investigación o preguntas científicas a resolver.**

Se proporcionó una lista detallada de los talleres anteriores y los previstos. Apreciamos el informe del más reciente "Taller de Revisión de los Métodos de evaluación de pequeños pelágicos", y el eco de su recomendación para un futuro taller sobre reglas de decisión de gestión (lo cual es diferente a simplemente volver a evaluar los puntos de referencia, aunque éstos también deben tener su propia cobertura).



*Métodos avanzados de manejo basado en el ecosistema*

La Misión del IMARPE establece claramente que la base para el asesoramiento de la gestión de los recursos pesqueros debe considerar las condiciones de los ecosistemas como guía. Como tal, esta demanda requiere más recursos dedicados a esta tarea. Se debe reconocer que el IMARPE está en una posición afortunada al haber dedicado recursos a la colecta de una gran variedad de datos que se pueden utilizar y aplicar con esta orientación. Aunque el IMARPE ha adoptado algunas consideraciones relativas al ecosistema desde la perspectiva de los recursos individuales, no es esta la única manera de abordar el enfoque basado en el ecosistema. Este enfoque, que conecta atributos holísticos del ecosistema con sus componentes (e.g., poblaciones explotadas), no ha sido claramente abordado hacia la toma de decisiones; donde también el estado de la ciencia requiere aún mayor desarrollo. Sin embargo, las tendencias más recientes en la literatura científica han logrado avances importantes que deben de ser considerados.

**R-9: Deben abordarse modelos holísticos del ecosistema que ofrezcan una perspectiva adicional y complementaria de la dinámica entorno donde se desarrollan los recursos objetivos de la pesca, tal que puedan explorarse desde este contexto alternativas de gestión.**

Debe tenerse cuidado de asegurar que la adopción de forma más completa un "enfoque ecosistémico" se haga sin menoscabo de los programas actuales. Debe recordarse que un principio racional de los ecosistemas es asegurar que se evite la "sobrepesca" de stocks individuales (llevar a los recursos más allá del tamaño y productividad del stock puede aumentar la posibilidad de sobrepesca). Los estudios de los ecosistemas actuales se pueden integrar más plenamente con el análisis estratégico en lugar de consejos tácticos anuales (o semestrales). Por ejemplo, las estrategias de gestión alternativa se pueden evaluar usando modelos más "holísticos" del entorno para probar de manera transparente, y con hipótesis sólidas, directrices de tácticas de gestión (e.g., Butterworth 2007). Una sugerencia sobre un posible enfoque comentada durante la primera misión de incluye en el Anexo 3 donde se definen límites de pesca para cada recurso basados en criterios holísticos para mantener la sostenibilidad del ecosistema.

**R-10: El actual proceso de "táctica" para el establecimiento de cuotas anuales debe ser probado con los objetivos estratégicos generales de la gestión.**

Los enfoques tácticos (métodos, estrategia, procedimientos sistemáticos) deben ser transparentes y fáciles de entender, pero el enfoque debe ser acordado por las partes interesadas, y en ellos debe hacerse un amplio uso de la información ambiental y del ecosistema que el IMARPE ha obtenido y entiende bien. Por ejemplo, si la relación entre la abundancia de un recurso y los cambios del patrón de temperatura son bien conocidos, la proyección del manejo debe considerar explícitamente este escenario y definir los controles sobre la pesca que procedan de acuerdo al objetivo de manejo. La información, el procedimientos para establecer el escenario más probable y los métodos de análisis deben de ser claramente expuestos para facilitar en entendimiento y la interpretación de los resultados en los cuales se basa la toma de decisiones.

**R-11: Usar infraestructura e información existentes para ampliar funciones**

La información tomada en campo debe seguirse ampliando para atender a más especies. Por otra parte (como se señala más adelante), la información sobre las principales pesquerías se debe incluir en las valoraciones de las evaluaciones de las estrategias de gestión (EEG). Aquí las EEG podrían proporcionar una base científica más rigurosa en la cual basar las reglas de control (como las que utilizan para estimaciones de biomasa a partir de los datos de campo para especificar cuotas). Esto también puede incluir la aplicación de los datos de pesca.



**R-12: Incorporar de manera cotidiana el análisis de riesgo en las recomendaciones de gestión con base en la caracterización de la incertidumbre.**

La presentación, en términos de probabilidad de éxito (o fracaso,) de las medidas de manejo propuestas a PRODUCE ofrecerá mayor percepción de su eficiencia potencial, y como consecuencia mayor certeza y credibilidad institucional. También permitirán identificar aspectos prioritarios de investigación orientadas a mejorar la asesoría al sector.

**R-13: Implementar esquemas de trazabilidad y transparencia como elemento de certeza y calidad del trabajo institucional**

Si bien el IMARPE goza de credibilidad y respeto por parte del sector pesquero, no es extraño que se den episodios cuestionando aspectos de procedimiento para la toma de decisiones; esto es normal en todo el mundo. Sin embargo, un aspecto táctico que contribuye a mejorar y mantener la certeza y credibilidad de las instituciones es la implementación de una estrategia que permita dar seguimiento a los procedimientos desarrollados, en este caso, para la recomendación de una medida de manejo determinada (por ejemplo, una cuota, o una veda). Si bien este esquema es recomendado para el IMARPE, sería también importante definirlo en para la participación de PRODUCE desde que recibe la información de IMARPE, hasta que se emite la medida de manejo para su aplicación.

**R-14: Generar indicadores de eficacia institucional.**

Para el entorno nacional e internacional es importante medir la eficacia de las instituciones, lo cual se define a través del seguimiento de indicadores de desempeño. En el caso del IMARPE deberán generarse estos indicadores, los cuales deberán reflejar el impacto en la sociedad de acuerdo a su misión (por ejemplo, número de pesquerías sobre-explotadas respecto al total de pesquerías; número de recursos en recuperación respecto a número de recursos deteriorados etc.)

**Trabajo Científico Desarrollado por IMARPE**

*Monitoreo*

El IMARPE ha desarrollado un sistema de acopio y sistematización de datos proveniente de las diferentes fuentes de información, tales como a) hidroacústica, generando información sobre biomasa, estructura del stock; b) observadores a bordo, que prevé información sobre viajes, barcos, calas, biometrias, presencia predadores, estructura de las capturas; c) desembarcos diarios, a través de los laboratorios costeros, se toma información sobre aspectos biológicos y biométricos, volúmenes y estructura de las capturas, y d) seguimiento de la flota a través de información satelital, aportando datos sobre distribución espacial de la flota. Toda esta información una vez sistematizada y organizada es disponible para su análisis. Los sistemas de colecta de información han sido bien diseñados y depurados a través del tiempo

**R-15: Hacer explícitos los niveles de representatividad de los datos colectados por las diferentes fuentes de información**

Es importante hacer explícita esta información por la generación de confianza (estadística) en el proceso de investigación. En algunos reportes de investigación esto ha sido declarado formalmente, la sugerencia es que se realice de manera estándar para todas las pesquerías y fuentes de datos. Este aspecto es también relevante para efectos de comparabilidad y complementariedad de la información dentro y entre fuentes de datos.

La hidroacústica es un método estándar que ha sido utilizado por IMARPE para la estimación directa de biomasa, dándosele un peso específico relevante ya que posteriormente se utiliza en los métodos indirectos para calibrar los modelos de los cuales resultan las estimaciones de cuotas. Lo mismo ocurre con el método de área barrida empleado para la estimación de biomasa de merluza.



**R-16: Incorporar error de estimación e intervalos de confianza en las estimaciones de biomasa por métodos directos**

Es importante conocer la información sobre variabilidad de la estimación de biomasa y su confianza estadística dado que los resultados son utilizados para calibrar modelos poblacionales de los cuales resultará la recomendación de cuotas. Esta estimación será también relevante para la estimación de riesgo e incertidumbre.

El método de área barrida se emplea para la estimación de biomasa de la merluza. Su aplicación sigue procedimientos estándar y el diseño de muestreo relativo a la selección de los sitios a arrastrar muestra un conocimiento detallado del recurso y su pesquería.

**R-17: Revisar con detenimiento el factor de eficiencia usado en el modelo de área barrida para el cálculo de biomasa**

Si bien el método es estándar, el factor asociado a eficiencia se utiliza de manera convencional. No obstante este valor puede ser estimado. El valor de este factor es determinante para la estimación de magnitud de biomasa. Aun cuando sea estimado, debe de revisarse su valor ya que conceptualmente la eficiencia del arrastre podría cambiar en función del comportamiento del recurso o bien de una posible afectación del hábitat.

Los métodos indirectos empleados para las diferentes pesquerías tienen todos ellos sus propios supuestos, independientemente de sus algoritmos de solución. En general son métodos y modelos conocidos por lo cual su aplicación en si misma no tiene problemas mayores.

**R-18: Hacer una revisión crítica de los métodos indirectos utilizados, de los supuestos base de los mismos, así como de la estimación de parámetros de entrada (por ejemplo, tasa instantánea de mortalidad natural y la capturabilidad), con la finalidad de emplear aquellos que mejor se adecúen a cada tipo de recurso.**

En algunos casos se emplean hasta 3 o 4 métodos indirectos para la definición de cuotas, y es necesario revisar detenidamente los supuestos de algunos de ellos para evitar sesgos o errores en las estimaciones de cuotas; por ejemplo, los métodos basados en estructura por longitudes suponen una estructura por edades estable en el tiempo, lo cual sugiere a su vez poca o nula variación del reclutamiento entre cohortes. Estimaciones de esta naturaleza únicamente dan idea de la tendencia general de la población a mediano plazo, pero resultan pobres en cuanto a estimaciones en el corto plazo. Con respecto a la mortalidad natural y la capturabilidad, muchos métodos, en su concepción inicial les suponen constantes con la edad y en el tiempo. Para la mortalidad natural hay métodos (e.g. Caddy 1996, Martínez-Aguilar et al. 2005) que permiten estimar su variación con la edad; y para la capturabilidad hay métodos que incorporan en un solo modelo variación con la edad, en el tiempo, entre flotas, por área, entre otras fuentes de variación (Arreguín-Sánchez 1996, Arreguín-Sánchez y Pitcher 1999, Morales-Bojórquez et al. 2001). La consideración de los patrones de variación permitirá ganar precisión en las estimaciones de la estructura de la población de lo cual resulta altamente relevante la biomasa reproductora y el reclutamiento; así como de la tasa de cosecha.

**R-19: Estimar el esfuerzo nominal aplicado en las diferentes pesquerías e incorporarlo en los modelos usados como métodos indirectos.**

En general no se emplea el esfuerzo nominal en los métodos indirectos, y en algunos casos no se tiene una estimación global para las pesquerías (por ejemplo, hay poca información sobre la pesca de pequeña escala). El uso de la información de esfuerzo permitirá estimar mortalidad por pesca y tasas de captura y cosecha; construir los patrones históricos de explotación, así como estimar los efectos de la pesca en las poblaciones y la respuesta de estas a la explotación. Igualmente es conveniente incluir explícitamente en los modelos la contribución de cada flota particular.



**R-20: Incluir en los informes científicos, para las diferentes pesquerías, las estimaciones de tasa instantánea de mortalidad por pesca, tasa de explotación.**

Actualmente los métodos indirectos se utilizan más para estimar las cuotas de captura partiendo de la calibración de la biomasa por métodos hidroacústicos. A partir de estos modelos, y del conocimiento del esfuerzo de pesca nominal aplicado en cada pesquería, pueden estimarse la tasa de mortalidad por pesca, de la tasa de explotación (proporción de la mortalidad debida a la pesca) y de la tasa de cosecha (proporción de la población que es extraída por la pesca); información que es relevante porque refleja en primer instancia el efecto de la pesca sobre la población, pero también es un soporte a la definición de cuotas ya que permite estimaciones del efecto sobre los cupos individuales, esto es, de la posible distribución de la cuota por embarcación. Esta información debe de incluirse en los informes a PRODUCE.

**R-21: Incorporar las variables ambientales significativas en la calibración de los modelos poblacionales usados para estimar cuotas, así como para explorar posibles tendencias de la abundancia de los recursos.**

Actualmente se sabe de la estrecha relación entre la abundancia de algunos de los recursos del mar de Perú con algunas variables ambientales (e.g., temperatura, producción primaria, patrón de corrientes, frentes oceánicos). Los estudios realizados por el IMARPE demuestran estas relaciones, tanto en sentido temporal como espacial. La incorporación de las variables ambientales en los modelos poblacionales utilizados para determinar las cuotas podría resultar en una mayor precisión de las mismas.

### **Consideraciones para pesquerías individuales**

#### *Anchoveta*

Para la pesquería de anchoveta, los métodos directos para la evaluación son apropiados y científicamente sólidos, basados en años de desarrollo y revisión. La prueba y desarrollo de nuevos modelos para evaluar la solidez de este enfoque para la gestión evoluciona favorablemente. La concientización de esta evolución entre los diferentes actores del sector podría mejorarse. Este enfoque puede hacer un mejor uso de toda la información disponible (incluidas las condiciones ambientales con resolución espacial explícita) para poner a prueba las prácticas actuales de gestión y posibles alternativas.

**R-22: Aplicar enfoques más modernos a escalas finitas de tiempo para integrar globalmente todos los datos disponibles.**

Estos enfoques (e.g., Methot y Wetzel 2013) permiten una evaluación más detallada del efecto relativo del medio ambiente en contraste con la pesca. Por ejemplo, pueden ser usados para mostrar (dadas estimaciones de reclutamiento) lo que la evolución de stock podría haber sido en ausencia de pesca. Estos modelos se pueden también utilizarse para probar los enfoques existentes para el establecimiento de las cuotas.

**R-23: Incluir estadísticas de captura y biomasa de la pesca de pequeña escala (de hecho para las diferentes flotas) de tal manera que el stock, como un todo, pueda ser evaluado.**

Si bien hay consciencia de que el componente de pesca de pequeña escala para la mayoría de los años representa una pequeña proporción en relación con las flotas industriales, nuestra preocupación es cuando las regulaciones requieran reducciones de cuotas en el futuro (potencialmente), cuando la proporción de las zonas costeras podría aumentar. También, la reciente zonificación para la operación de las flotas (0-5 mn, 5-10 mn, >10 mn) implica la necesidad de conocer la participación de cada flota en la explotación.



**R-24: Desarrollar un modelo espacialmente explícito para evaluar la concentración relativa de las tasas de mortalidad por pesca.**

Esto puede ayudar a evaluar cómo se comporta el stock en relación a la dinámica oceanográfica y de la flota. Una complicación podría ser como ajustar el patrón espacial de la anchoveta que permanece cercano a la costa (fuera de la zona comercial regulada o de la flota monitoreada)

**R-25: Examinar la manera de utilizar los datos disponibles y detallados sobre dinámica de la flota (e.g., Joo et al. 2013) para apoyar la asesoría a PRODUCE sobre el manejo de recursos y, por ejemplo, a la SNP.**

La relación entre la abundancia de peces y los patrones espaciales juegan un papel clave relativo a la disponibilidad a los diferentes sectores de la pesquería, dentro de cada sector. Por ejemplo, ¿hay maneras de resumir los patrones históricos de distribución de peces para proveer un estadístico ponderado por la distancia a cada puerto principal? ¿Podría esta información ser calibrada con datos observados y ser utilizada para asesorar a las flotas de cada puerto de tal manera que la información suministrada con anticipación pudiera provocar alguna mejora en la eficiencia económica?

**R-26: Considerar la inclusión de las interacciones tróficas dentro de un modelo integrado como un parámetro de sensibilidad.**

Por ejemplo, en un modelo que considere las interacciones tróficas podrían incorporarse evidencias de cambios anómalos en la predación sobre la anchoveta. Existen reportes de datos de dietas de las colectas durante el trabajo de campo los cuales tienen aquí una aplicación obvia.

**R-27: Evaluar tasas de explotación históricas para analizar el desempeño pasado relativo a los objetivos de pesca (i.e.,  $F_{MSY}$ ).**

El hecho de que la pesquería de la anchoveta se haya recuperado bien y se haya estabilizado en los últimos dos decenios debe confirmarse con pruebas sobre la historia de los cambios en la mortalidad por y de los niveles, también históricos, de empobrecimiento relativo del ambiente

**R-28: Deben de construirse tipos de tablas de decisión apropiadas mostrando riesgo a corto y mediano plazo, dando alternativas para fijar niveles de captura.**

La presentación de riesgo (en el caso de la anchoveta) representa solamente fuentes de incertidumbre limitadas y el resultado podría ser engañoso dado que son únicamente aplicadas a las actuales reglas de control en lugar de riesgos a corto plazo dado el reclutamiento observado de subsecuentes temporadas de pesca. Para riesgos de mediano plazo, el efecto "con y sin" El Niño podría incluirse a lo largo de la distribución de la variabilidad del reclutamiento debido a otros factores que han sido observados.

**R-29: La planeación estratégica para una evaluación de riesgos debe tener una visión a más largo plazo.**

Por ejemplo, ¿cuál es la probabilidad de que en los próximos 10 años la captura caiga por debajo de X millones de t? Este escenario debe incluir la variabilidad ambiental y el uso de posibles escenarios viables que se basen mínimamente en datos históricos.

**R-30: Evaluar métodos para destilar información oceanográfica compleja en simples estadísticas que los administradores puedan entender.**

Por ejemplo, dada la enorme cantidad de datos recogidos sobre el hábitat y la distribución 3-d de los peces, podría ser valioso proporcionar algún índice sintético sobre las condiciones después de una campaña indicando si están por encima de la media, o más al norte, etc.





**R-31: Considerar la posibilidad de construir modelos de series de tiempo simples para mejorar las estimaciones actuales.**

Se realizan campañas (cruceros) extensas dos veces al año, pero se tratan de forma independiente. Teniendo en cuenta la historia y composiciones de tamaños de la captura conocidos de la temporada anterior, la información de la campaña anterior debería mejorar las estimaciones obtenidas con la campaña actual utilizando métodos sencillos de series de tiempo (y tal vez los datos de ponderación aún más lejanos en el pasado). Tal método simple puede conducir a un enfoque alternativo para la estimación directa de biomasa que es fácil de seguir y entender.

**R-32: Las reglas de control de El Niño deben ser re-evaluadas.**

Esto podría hacerse de varias maneras, pero debe incluirse una síntesis de la información disponible de la pesquería, cruceros, y el medio ambiente. En particular, el soporte de los cambios en la productividad de acuerdo con las observaciones realizadas durante las diferentes condiciones de ENSO debe de ser parte de la evaluación, y se deben incluir pruebas de simulación con los indicadores relativos a los objetivos de gestión.

*Jurel*

Para jurel, la innovación y la contribución de IMARPE con el OROP-PS, e internamente, se está desarrollando bien. Varios científicos jóvenes en el grupo han asumido el reto de aprender una gran variedad de enfoques, incluyendo no sólo los métodos desarrollados por terceros, sino también el uso de los desarrollados en la propia institución.

**R-33: IMARPE debe investigar la utilidad de la incorporación de registros más detallados que están disponibles y ser fácilmente proporcionados por la industria.**

Se sabe de la existencia de información adicional (como es el caso también para la anchoveta) recogida por la flota comercial que podría ayudar en gran medida a analizar consideraciones espacio-temporales de esta población.

**R-34: IMARPE debe evaluar algunos de los métodos alternativos de estimación indirecta como una regla de control alternativa**

En la actualidad se utiliza el mismo criterio que para la anchoveta (basado en estimaciones de los estudios hidroacústicos simples (lo cual difiere de lo que Perú ha proporcionado a OROP-PS (<http://tinyurl.com/jwj2998>) ; en este caso, un modelo de expansión del hábitat que se desarrolló para corregir las estimaciones hidroacústicas). También podrían emplearse modelos como del OROP-PS (Anon. 2013 <http://tinyurl.com/n45pmlu>) o similares (e.g., Pope 1972, Shepard 1999), desarrollados a partir de la información de las flotas comerciales, los cuales funcionarían como regla de control alternativa, o complementaria, o como verificación. También, dadas las características particulares de la dinámica de algunos recursos relativa a la variación ambiental, seguramente algunos de estos modelos deberán ser desarrollados por los propios científicos del IMARPE



### *Merluza*

Para merluza, los temas que se investigan en el IMARPE son comunes en lo que respecta a los métodos empleados de área barrida e indirectos. El enfoque aquí es bastante estándar y los problemas y retos que enfrentan los investigadores están bien articulados y expresados.

#### **R-35: Desarrollar / aplicar modelos que se adaptan más fácilmente al tipo de información disponibles para esta especie.**

La información disponible para esta especie es similar a la de jurel y otras especies, y debería ser relativamente fácil aplicar métodos alternativos. Si se hace, se mejoraría la capacidad de brindar asesoramiento sobre las prácticas actuales de gestión para esta especie.

### *Pota*

Para el análisis de calamar gigante, la investigación desarrollada en el IMARPE también es apropiada. Los protocolos para la recolección de datos y la amplitud de este trabajo son admirable. Se reconoce también que se trata de un recurso explotado principalmente por la flota de pequeña escala y en este contexto la obtención de información resulta en un proceso más complejo. También se reconoce que, dada la infraestructura de buques y la atención por parte de estos a otras pesquerías, los cruceros realizados son más de oportunidad que oportunos.

#### **R-36: Revisar el procedimiento de aplicación del modelo global de biomasa utilizado (desde los supuestos del mismo); y considerar otros métodos aplicados a pesquerías de calamares en otras partes del mundo.**

La manera como se aplica actualmente el modelo no corresponde totalmente con los supuestos del mismo. En general la producción excedente de una población se estima para cada ciclo de reproducción completo ya que este proceso dará lugar al reclutamiento y a la biomasa que eventualmente contribuirá con la producción y la estimación de la cuota anual (o semi-anual en el caso de existir dos cohortes por año). Esto le hace incompatible con el uso de datos mensuales. No obstante, el modelo como actualmente se aplica da resultados pero funciona más a manera de un modelo de serie de tiempo que es calibrado por los datos de biomasa obtenidos de la exploración hidroacústica. Por la información de que se dispone conviene probar el uso de modelos alternativos; se sugiere se exploren el modelo de rendimiento excedente derivado de la relación stock-reclutamiento, así como el procedimiento conocido como escape proporcional constante. También vale la pena explorar modelos basados en estructura por edades de la población. En general los procedimientos sugeridos son más informativos que el modelo actualmente empleado.

#### **R-37: Considerar la posibilidad de obtener resultados más detallados sobre el tamaño y la distribución espacial para examinar posibles evidencias de múltiples stocks.**

Parece que hay alguna evidencia de que mar adentro, fuera de aguas peruanas, los tamaños varían considerablemente. ¿Es esto un problema de estructura de la población o de patrones de migración?

### **Productividad Científica del IMARPE**

La productividad científica del IMARPE se desarrolla en el marco de referencia de su Misión, lo cual se considera de carácter altamente prioritario. De manera particular dos mandatos emanados de su Misión y funciones son cumplidos; a) asesorar al Ministerio de la Producción en cuanto al conocimiento requerido al recomendar medidas de ordenamiento (escenarios), y b) hacer pública esta información. En el primer caso el IMARPE genera los documentos científicos necesarios para la toma de decisiones, siendo prioritarios los informes y dictámenes técnicos presentando resultados para la definición de cuotas, determinación de vedas etc.; así como los informes para sentar las bases de acuerdos internacionales. En el



segundo caso, IMARPE publica algunos de sus resultados en revistas científicas especializadas, y sus informes técnicos los hace públicos a través de su página web oficial.

**R-38: Fortalecer la productividad científica institucional con acciones específicas, dentro del marco de referencia del mandato establecido en su misión.**

Si bien la productividad del IMARPE se considera suficiente y de alta calidad en el contexto de su mandato, conviene fortalecer su productividad; por ejemplo, hacer explícito en los informes científicos el personal que colabora en su elaboración (aspecto relevante también en el contexto de trazabilidad), fomentar la publicaciones en revistas indexadas. Sería importante analizar la posibilidad de establecer un sistema de incentivos a la productividad, haciendo énfasis en la calidad científica. Desde luego, esto debe darse como una externalidad positiva del trabajo científico desarrollado para la generación de recomendaciones para la gestión sostenible de los recursos pesqueros; sin deterioro de este proceso que constituye la misión del IMARPE.



**ANEXO 1.**

**Agenda Primer Misión (11 al 19 de Diciembre 2013)**

DIA	HORA	ACTIVIDAD	Participantes
11.12	06:30	Arribo y recojo de Aeropuerto	FAO
	15:00	Coordinación previa y revisión del plan en Despacho de VM	Francisco Arreguín y J. Mendo
	16:30	Entrevista con Vice Ministro en PRODUCE	Despacho VM, Vice, Francisco Arreguín y J. Mendo??
	17:30	Reunión con FAO	¿?
	19:30	Cena	Francisco Arreguín y J. Mendo
12.12	09:00	Reunión Protocolar en IMARPE	Alm. Germán Vásquez y Blgo. Andrés Chipollini
	09:30-13:00	Reunión con Directores: plan de trabajo, actividades, requerimientos de información en IMARPE	Andrés Chipollini, Director Pelágicos, Director de Demersales, Otros?
	14:30- 18:00	Acopio de documentación/ Entrevistas con la gente del IMARPE encargadas de la evaluación de las 4 pesquerías	Francisco Arreguín
13.12	08:30-18:00	Acopio de documentación/ Entrevistas en IMARPE encargadas de la evaluación de las 4 pesquerías. Revisión de los procedimientos y metodologías aplicadas en cada una de las pesquerías	Francisco Arreguín, personal IMARPE
14.12		Visita a embarcaderos, áreas de descarga, zonas de trabajo de muestreos. De preferencia visitar lugares asociados a las cuatro principales pesquerías	Francisco Arreguín, personal IMARPE
16.12	08:30-18:00	Análisis y evaluación de la producción científica de IMARPE y los factores que afectan la productividad científica de su personal considerando su estructura y función	Francisco Arreguín, personal IMARPE
17.12	08:30-18:00	Análisis de estructura orgánica del IMARPE, del proceso de toma de decisiones. Entrevista con funcionarios del IMARPE. Tal vez dos reuniones de 2-3 horas cada una	Francisco Arreguín, Blgo. Andrés Chipollini, Ing Jorge Zuzunaga
18.12	8:30-9:00	Debriefing con Sr. Preissing	John Preissing, Francisco Arreguín, Jazmine Casafranca
	09:00 – 18:00	Consolidación de la información y síntesis para el informe	Francisco Arreguín
19.12	10:00-12:00	Reunión con Directivos de IMARPE. Presentación de Resultados preliminares	Francisco Arreguín, personal de IMARPE
	16:00	Reunión con Vice Ministro y Representantes de la FAO	Francisco Arreguín, Vice, FAO en el DVM
	20:00	Retorno a México	



**Agenda Segunda Misión (31 de Marzo al 3 de Abril)**

HORA	LUGAR	ACTIVIDAD	FAO	CONTRAPARTES
<b>Lunes, 31 de marzo</b>				
10:00 11:00	Representación de FAO – Perú	Reunión de inicio de Misión	F. Arreguín J. Ianelli, A. Las	N/A
12:00 13:00	PRODUCE	Revisión de recomendaciones generadas en la primera misión	F. Arreguín J. Ianelli, A. Las	J. Mendo
15:00 17:30	IMARPE	Reunión con IMARPE	F. Arreguín J. Ianelli A. Las	J. Mendo, IMARPE
<b>Martes, 1 de abril</b>				
08:30 09:00	Representación de FAO – Perú	Reunión de inicio de Misión	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli A. Las	N/A
09:30 10:30	PRODUCE	Reunión con Viceministro para presentación de Programa de Misión y otros temas de interés del VMP	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli	P. Phumpiu, J. Mendo
10:30 12:00	PRODUCE	Reunión con el área de pesquería (Gestión sectorial) del VMP	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli	J. Mendo, M. Gutiérrez, M. Abregú, L. Castellanos
12:30 13:30	Sociedad Nacional de Pesquería	Reunión con la Presidenta de la Sociedad Nacional de Pesquería	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli	E. Conterno SNP
15:00 17:30	Representación de FAO – Perú	Avances de Misión	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli	N/A
<b>Miércoles, 2 de abril</b>				
Por definir con IMARPE	Chorrillos	Visita a punto de desembarque (punto de colecta de datos pesqueros)	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli	IMARPE
Por definir con IMARPE	IMARPE	Visita a instalaciones del IMARPE	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli	IMARPE
Por definir con IMARPE	Por definir con A. Flores e IMARPE	Reunión con grupo de pescadores artesanales (organización)	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli	IMARPE Pescadores Artesanales
15:00 16:00	PRODUCE	Reunión con Pesca Artesanal	A. Flores	DIPA
16:30 17:30	Representación de FAO – Perú	Reunión Final de Misión y Presentación OE3	A. Flores FAO Perú	N/A
<b>Jueves, 3 de abril</b>				
Mañana (según agenda Ministro)	PRODUCE	Reunión con Ministro, Viceministro y equipo FAO para informe sobre avances de la misión	A. Flores F. Arreguín J. Ianelli	P. Ghezzi P. Phumpiu J. Mendo
Por definir con IMARPE	Por definir con IMARPE	Revisión conjunta para informe final y aportes de IMARPE	F. Arreguín J. Ianelli	
17:00 17:30	Representación de FAO – Perú	Reunión Final de Misión	F. Arreguín J. Ianelli	N/A



## ANEXO 2. PREGUNTAS ENVIADAS AL PERSONAL DEL IMARPE PREVIAS A LAS PRESENTACIONES

*Abajo se muestran algunas de las preguntas que se sometieron al personal del IMARPE para facilitar, en el corto tiempo disponible, la evaluación científica y técnica de los métodos y modelación, y su aplicación a la gestión de los recursos. Estas solo se consideran como una guía para los puntos a revisar y son entendidos solamente como una manera constructiva para pensar acerca de dónde y cómo pudiera mejorarse lo hecho.*

1. ¿Está IMARPE utilizando un conjunto apropiado de métodos analíticos para cumplir con los objetivos de evaluación de los recursos pesqueros?
2. ¿Son las evaluaciones capaces de considerar posibles efectos del ecosistema?
3. ¿Trabaja el IMARPE en la mejora y prueba de esos métodos analíticos? Están acorde con y contribuyendo al estado de la ciencia nacional e internacionalmente?
4. ¿Hay términos de referencia explícitos para conducir y reportar las evaluaciones?
5. ¿Proveen los informes una descripción completa del trabajo desarrollado y de un resumen conciso?
6. ¿Se realizan las evaluaciones de manera adecuada y progresiva basándose en evaluaciones y revisiones anteriores?
7. ¿Hay protocolos claros para la entrega de borradores de evaluaciones para la revisión por pares científicos?
8. ¿Es suficiente la participación de los evaluadores científicos en la preparación y análisis preliminares de datos de para utilizar sus conocimientos de estadística, pero sin ser esto una carga adicional?
9. ¿Hay protocolos para tratar de manera consistente aspectos técnicos según corresponda a cada stock?, por ejemplo, calibración de capturabilidad, consideración sobre forma de domo y selectividad variable en el tiempo, mortalidad natural, estimación de productividad del stock, caracterización de la incertidumbre, etc.?
10. ¿Están esos protocolos involucrados en el proceso de evaluación para realizar análisis de sensibilidad y evaluación de riesgo?
11. ¿Hay protocolos claros para considerar e incluir la entrada de científicos ajenos al grupo de investigación de la institución?
12. ¿El proceso de revisión por pares logra un equilibrio adecuado entre la transparencia, el rigor y el rendimiento?
13. ¿Qué pasos son el principal cuello de botella en la cantidad y oportunidad de las evaluaciones de las poblaciones de cada año?; las encuestas, procesamiento de la entrada de datos y la gestión, la preparación de los informes de evaluación, la capacidad para hacer frente a las preguntas de la evaluación anterior, la disponibilidad de científicos dedicados a la evaluación y revisión de la programación? ¿es alguno excesivamente limitante?
14. ¿Esta IMARPE priorizando las iniciativas apropiadas y áreas de investigación para abordar las necesidades de evaluación de poblaciones actuales y previstas, incluida la conexión de las evaluaciones de poblaciones a las investigaciones más amplias a nivel de los ecosistemas?
15. ¿Son las necesidades de datos de evaluación comunicados a los científicos que realizan la toma de datos, y a las fuentes de datos dependientes de la pesca; y han estos esfuerzos resultados en la mejora de los datos?
16. ¿Son los procesos de evaluación y resultados adecuadamente comunicados a los administradores de la pesca, al público afectado y a la comunidad científica?
17. ¿Hay áreas de experiencia que podrían añadirse en el futuro para fortalecer la capacidad de IMARPE para cumplir con sus objetivos de gestión y de investigación?
18. ¿Que información oceanográfica se colecta en campo y que uso se le está dando?



19. ¿Como la variabilidad ambiental afecta a las diferentes pesquerías? ¿En la producción? ¿En los desplazamientos de cardúmenes?
20. ¿Que perspectiva actual y/o potencial se tiene ante el cambio climático? Como prevén esta condición (cambio climático) ante el fenómeno ENSO?
21. ¿Que necesidades adicionales al trabajo desarrollado hasta ahora se prevén? (Por ejemplo, mayor frecuencia de campañas oceanográficas?, mejorar la oportunidad de las campañas para definir inicio / cierre de la pesca?
22. ¿Son suficientes las campañas relativas a evaluación directa de los stocks? Con que frecuencia sería necesario para obtener información sobre patrones de variación?
23. ¿Como impactan las decisiones de manejo de los países vecinos (Ecuador y Chile) respecto a los recursos compartidos?
24. ¿Como se da la comunicación entre IMARPE e IFOP? o entre IMARPE y el INP-Ecuador?  
A) para investigación? Es suficiente? Se intercalibran los métodos? Datos? Evaluaciones conjuntas? Evaluación de efectos del esfuerzo del país vecino sobre el stock explotado? Para acuerdos sobre medidas de manejo, como colaboran? Hay acuerdos? Como se haría más eficiente este proceso?
25. ¿Como se mide el impacto de las medidas de manejo basadas en la información del IMARPE?



### ANEXO3 ENFOQUE HOLÍSTICO PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL ECOSISTEMA Y SUS PESQUERÍAS (EJEMPLO)

Las etapas a seguir para la determinación de niveles de explotación de recursos pesqueros basado en criterios holísticos del ecosistema para su sostenibilidad

#### 1.- Modelo trófico del ecosistema

Se parte de la existencia de un modelo trófico, de balance de masas, del ecosistema a estudiar (biológicamente consistente). El modelo debe de incluir las diferentes pesquerías que se desarrollan en el mismo. Para el ecosistema marino de Perú hay antecedentes y experiencia de modelación basado en la plataforma "Ecopath with Ecosim" (EWE). En su caso el modelo disponible deberá de ser actualizado.

Llevar el modelo a su estado equivalente de no explotación, esto es, sin capturas ni pesquerías. Para ello las capturas deberán sumarse a la biomasa, deberán eliminarse las flotas (incluyendo las capturas) y ajustarse los valores de entrada de Producción/Biomasa a una magnitud equivalente a la tasa instantánea de mortalidad natural.

#### 2.- Patrón de extracción de biomasa

Determinar un patrón de extracción de biomasa (en el caso de pesca tasa de cosecha, TC) gradual en el tiempo que incremente de forma constante desde 0% a 98% de extracción de la biomasa. Dicho patrón es expresado por la relación:

$$TC = \frac{F}{M + F} [1 - \exp^{-(M+F)}]$$

donde M y F son las tasas instantáneas de mortalidad natural y por pesca, respectivamente, donde TC representa la proporción de biomasa de la población que se extrae por pesca. En su caso F puede representar la suma de las diferentes fuentes de pérdida de biomasa.

La idea es fijar un periodo de tiempo (v.gr. 50 años) calcular incrementos graduales de extracción a una tasa anual constante.

#### 3.- Construcción del diagrama de ganancia de entropía

Con base en simulación dinámica (en el caso de EWE a través del modelo Ecosim) incorporar este patrón de extracción de biomasa para el periodo simulado a cada uno de los recursos pesqueros explotados (o aún mejor, a todos los componentes del ecosistema), independientemente uno de otro; y estimar, año a año a lo largo del periodo de simulación, la Ascendencia, A, como medida de organización, y el grado de orden, A/C, del ecosistema, donde C representa la Capacidad de Desarrollo del mismo.

Con las medidas estandarizadas de A/C para todas las simulaciones (valor mayor equivalente a la unidad y en proporción los demás valores), construir el gráfico de isolíneas de A/C teniendo en el eje de las ordenadas la tasa de extracción de biomasa, y en el eje de las abscisas los niveles tróficos (representativos de cada grupo funcional en el ecosistema).

Las isolíneas de A/C representarán gradientes del grado de orden del sistema variando en el intervalo  $0 < A/C < 1$ , donde la unidad representará el mayor grado de orden del sistema, y valores menores representarán ganancia de entropía de manera proporcional, donde la ganancia de entropía representa mayor degradación del ecosistema.





Un diagrama tipo de ganancia de entropía por extracción de biomasa se muestra en la figura 1, mientras que la figura 2 muestra el mismo diagrama para diferentes ecosistemas del Golfo de México.

#### **4.- Nivel de Riesgo del Ecosistema**

Para definir la cantidad de biomasa que es posible extraer de los diferentes niveles tróficos sin afectar la sostenibilidad del ecosistema deberá de elegirse un nivel máximo (o límite) de degradación (extracción/pérdida de biomasa) del ecosistema que garantice su sostenibilidad.

A través del modelo Ecosim se puede representar la historia reciente del ecosistema (v.gr. del modelo Ecosim calibrado con series históricas independientes de abundancias de los grupos funcionales, con información de las pesquerías y variables ambientales forzantes). Para cada año se puede obtener la matriz de consumos y estimar a partir de ahí la resiliencia año con año (Anexo 10, figura 3). El menor valor histórico de resiliencia será aquel que refleje el nivel crítico del ecosistema que permite la recuperación del mismo una vez desaparecida la perturbación (que en nuestro caso será la extracción de biomasa). De esta misma representación histórica es posible obtener año con año, estimadores de A/C, que pueden relacionarse directamente con los valores de resiliencia correspondientes y de ahí identificar el nivel de ganancia de entropía máximo permisible (nivel de ganancia de entropía correspondiente al menor nivel de resiliencia). Este nivel límite de ganancia de entropía corresponde al nivel de riesgo del ecosistema. Nótese que bajo este concepto el nivel de riesgo no es estimado como incertidumbre estadística (varianza no explicada), sino se refiere al proceso del ecosistema que representa un nivel no deseado de degradación del mismo.

#### **5.- Determinación de límites de captura**

Una vez identificado en Nivel de Riesgo del Ecosistema es posible determinar, para cada recurso, por su nivel trófico, cual es la cantidad máxima de biomasa que puede extraerse sin afectar al ecosistema, siendo esta cantidad equivalente al límite de captura. Para ello, se identifica en nivel trófico del recurso, se observa el cruce con la isolinéa de nivel crítico y de ahí se identifica la tasa de cosecha correspondiente.

Dado que la tasa de cosecha representa la proporción de biomasa extraída, y se conoce la mortalidad natural, es posible identificar la mortalidad por pesca correspondiente (ver ecuación del punto 2 arriba). De esta manera será posible controlar el límite de biomasa a través de cuota o bien, a través de control de la mortalidad por pesca.

#### **6.- Sugerencias para ordenamiento**

Una vez definidos los límites de captura para los diferentes recursos del ecosistema, estos deberán de ser acordados con el sector (el ganar la confianza del sector contribuye al respeto de las medidas de ordenamiento). Posteriormente, para cada recurso individual, habrá que respetar los lineamientos de explotación recomendados para las poblaciones individuales (v.gr. talla mínima de captura, biomasa desovante remanente etc.)

Este enfoque tiene una doble ventaja; a) se basa en propiedades de estructura función y organización del ecosistema siendo los recursos parte del mismo; y b) es insensible a los cambios ambientales ya que los límites de pesca se basan en la proporción de la biomasa existente que pudiera extraerse cada año; esto es, no es dependiente de la abundancia absoluta.

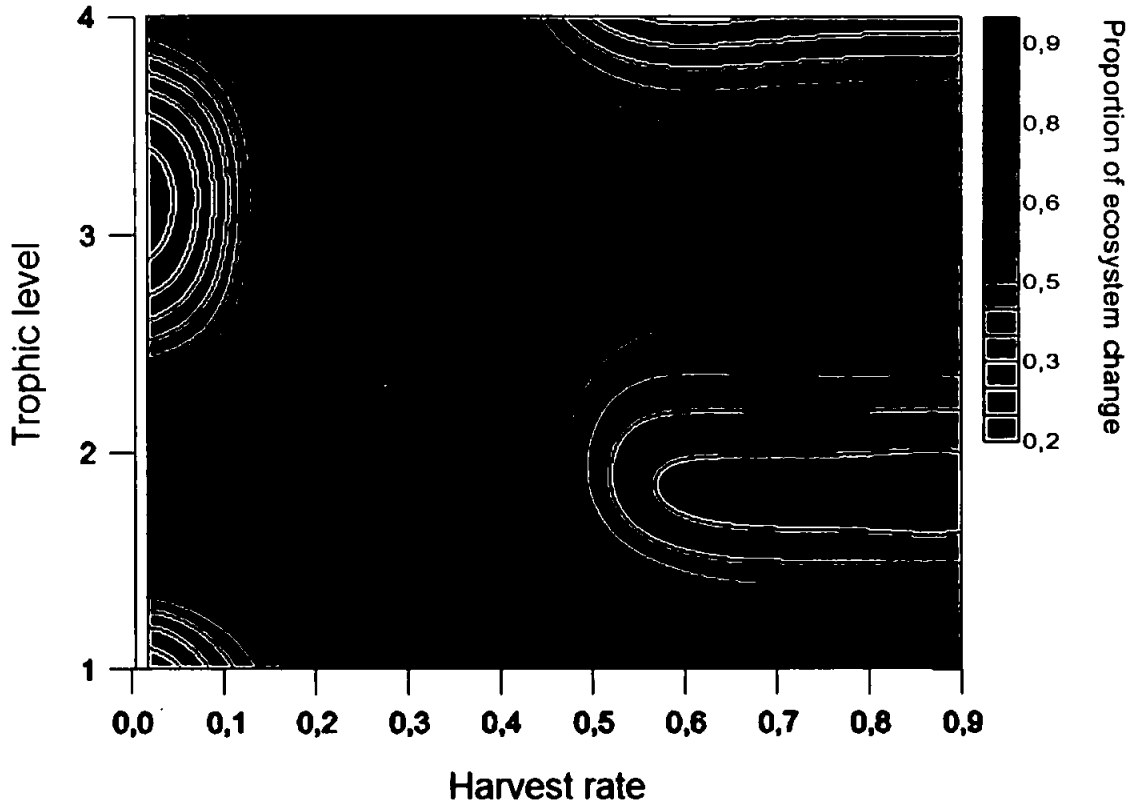


Figura 1: Isolíneas de ganancia de entropía que reflejan la degradación del ecosistema. Color azul menor ganancia de entropía, color rojo mayor ganancia de entropía (mayor degradación). Las líneas negras gruesas reflejan un nivel límite de ganancia de entropía de 20% (Nivel de Riesgo del Ecosistema). Para cada especie (representada por su nivel trófico) se puede estimar la proporción de biomasa a extraer tendiendo como límite no generar más de 20% de ganancia en entropía. Así por ejemplo, para un recurso con nivel trófico 3.0, se podría extraer una tasa de cosecha de 0.39, esto es, 39% de la biomasa existente; mientras que para un nivel trófico 3.9 se podría extraer poco más de 30% de la biomasa existente. Para cada recurso en el ecosistema se podrá definir este límite de biomasa a extraer (límites de captura). Una vez establecidos estos límites de captura se podrá operar a nivel de cada recurso. En nivel de riesgo (ganancia de entropía definido aquí como 20%), se identificará para cada ecosistema de acuerdo al nivel mínimo histórico de resiliencia.

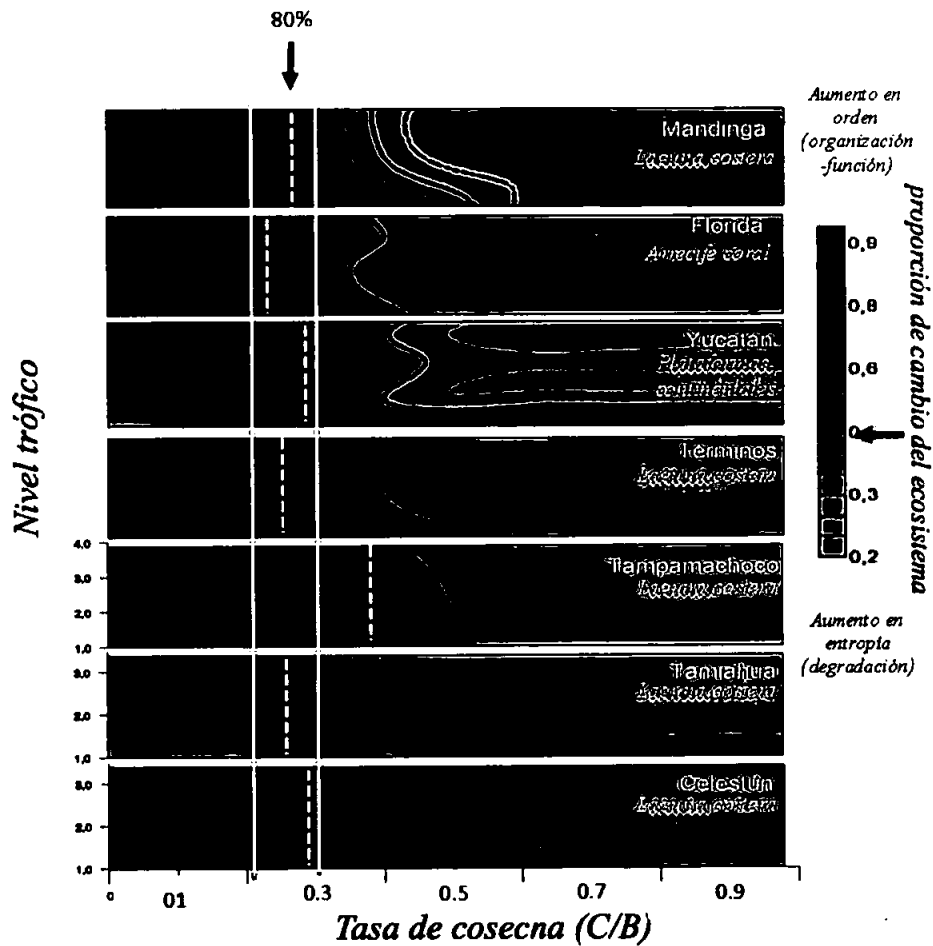


Figura 2: Isolneas de ganancia de entropía para varios ecosistemas del Golfo de México, que reflejan la degradación del ecosistema por extracción de biomasa (tasa de cosecha). Color azul menor ganancia de entropía, color rojo mayor ganancia de entropía (mayor degradación). Las líneas negras gruesas reflejan, como referencia común, un nivel límite de ganancia de entropía de 50%. Las líneas blancas verticales reflejan el nivel de ganancia de entropía de 20% para cada ecosistema individual, y las líneas amarillas verticales solo ilustran, de manera aproximada, los rangos de variación global de pérdida de biomasa (tasa de cosecha) para los diferentes ecosistemas (ca. de 20% a 30%). La figura ilustra la respuesta diferencial de cada ecosistema que responde a las condiciones particulares de desarrollo del mismo.

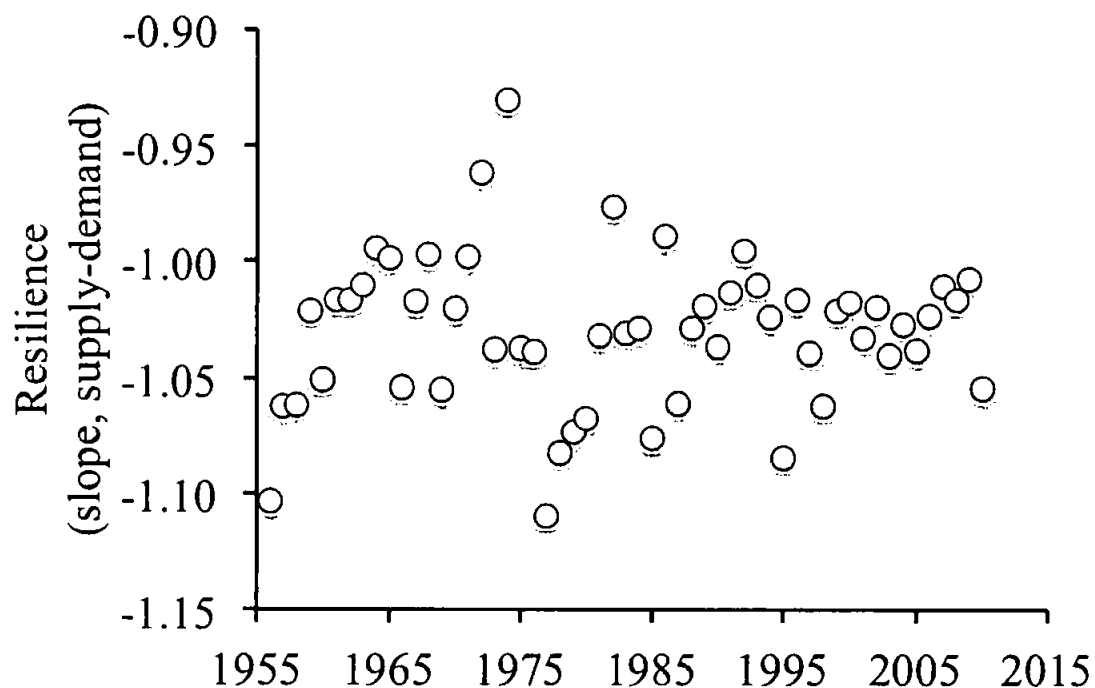


Figura 3: Cambio anual en la resiliencia del ecosistema del sur del Golfo de México, Sonda de Campeche (ver Anexo 11).

#### LITERATURA CITADA

- Anon. 2013. Annex A5 2013 jack mackerel stock assessment. SC01 Report of the South Pacific Regional Fisheries Management Organization's Scientific Committee. <http://tinyurl.com/n45pmlu>
- Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability, a key parameter for fish stock assessment. *Reviews in fish biology and fisheries*. Vol. 6. 221-242
- Arreguín-Sánchez, F., & Pitcher, T. 1999. Catchability estimates and their application to the red grouper (*Epinephelus morio*) fishery of the Campeche Bank, Mexico. *Fishery Bulletin*. 746-757.
- Butterworth, D. S. 2007. Why a management procedure approach? Some positives and negatives. – *ICES Journal of Marine Science*, 64: 613-617.
- Caddy, J.F. 1996. Modelling natural mortality with age in short-lived invertebrate populations: definition of a strategy of gnomonic time division. *Aquatic Living Resources* 9: 197-207.
- Martínez-Aguilar, S., F. Arreguín-Sánchez & E. Morales-Bojórquez. 2005. Natural mortality and life history stage duration of Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) base on gnomonic time divisions. *Fisheries Research*. 71: 103-114
- Method, R. D., & Wetzel, C. R. (2013). Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research*, 142, 86-99. doi:10.1016/j.fishres.2012.10.012



- Morales-Bojórquez, E., S. Martínez-Aguilar, F. Arreguín-Sánchez and M.O. Nevárez-Martínez. 2001. Estimations of catchability-at-length for the jumbo squid (*Dosidiscus gigas*) fishery in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFI Rep.* 42: 42:167-171
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Res. Bull. ICNAF* 9, 65-74.
- Shepherd J.G. 1999. Extended survivors analysis: An improved method for the analysis of catch-at-age data and abundance indices. *ICES Journal of Marine Science*, 56: 584-591.