

**Proyecto GEF:**  
Hacia un manejo con Enfoque Ecosistémico del  
Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt”

Chile: Taller Binacional.

## Avances metodológicos en tramas tróficas de depredadores topos del Océano Pacífico Sur Oriental



**Proyecto GEF: “Hacia un Manejo con Enfoque Ecosistémico del Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt”**

Chile: Taller Binacional

Avances metodológicos en tramas tróficas de depredadores topes del Océano Pacífico Sur Oriental.

*Viña del mar, Chile. 11 al 13 de noviembre del 2014.*

**Coordinador Taller:**

*Patricio Barría M.*

*Laura Naranjo B.*

**Edición Libro Resúmenes:**

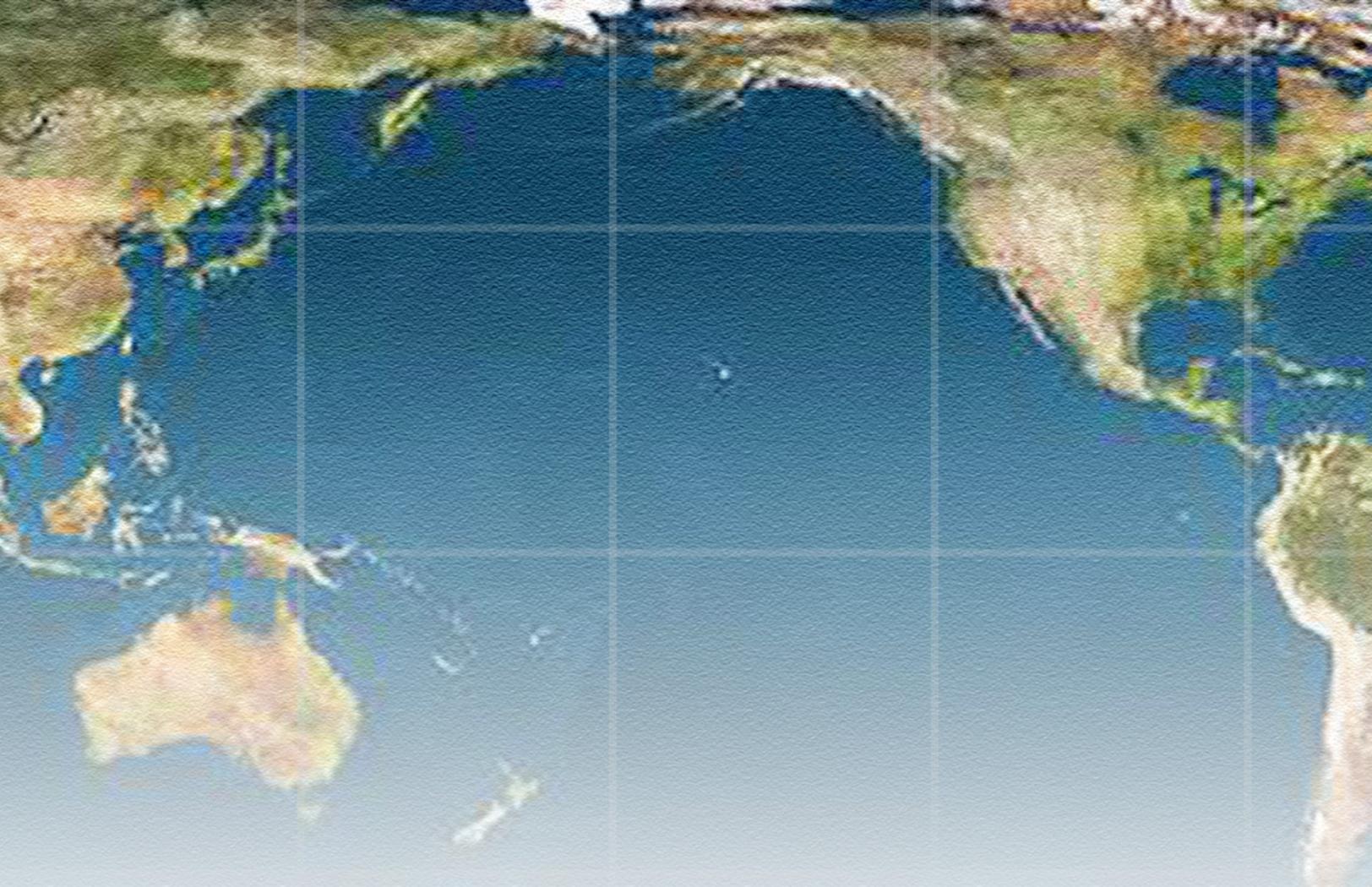
*Nedda Henríquez C.*

*Natalia Golsman G.*

Sección Ediciones y Producción IFOP

---

*Noviembre 2014 / Valparaíso, Chile.*



**Proyecto GEF:**

Hacia un manejo con Enfoque Ecosistémico del Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt”

Chile: Taller Binacional.

## Avances metodológicos en tramas tróficas de depredadores topos del Océano Pacífico Sur Oriental

---

11 - 13 noviembre 2014

Hotel O’Higgins, Plaza Vergara s/n°  
Viña del Mar, Chile.





Chile: Taller Binacional

## Avances metodológicos en tramas tróficas de depredadores topos del Océano Pacífico Sur Oriental.

*Viña del mar, Chile. 11 al 13 de noviembre del 2014.*

### **Presentación**

La realización del presente taller se basa en la necesidad de conocer los avances científicos que se han realizado tanto en Chile como en Perú, en relación a estudios sobre relaciones tróficas de los depredadores topos. Generalmente los avances se han realizado por investigadores o grupos de investigadores en ambos países que no conforman una red de colaboración. El estudio de los depredadores tope oceánicos y sus ecosistemas está basado en el enfoque comparativo ya sea entre regiones, océanos y especies. Las contribuciones que se han recibido son una muestra de la diversidad de especies que son depredadores tope en el Océano Pacífico Sur Oriental y la complejidad de sus relaciones interespecíficas y de sus ecosistemas, requiere del esfuerzo colaborativo tanto a nivel nacional como internacional.

Las investigaciones científicas recopiladas en este modesto taller, cualquiera que sea su aproximación, ya sea de identificar, caracterizar y modelar procesos claves de los depredadores topos del gran ecosistema de la corriente de Humboldt, son estudios pioneros que contribuyen al conocimiento de su estructura y funcionamiento. Además los resultados de estas investigaciones deben ser analizadas en un contexto, en la cual la variabilidad climática y los cambios experimentados por el ecosistema en los últimos 50 años han sido considerables. Por ejemplo, el desarrollo acelerado de las pesquerías costeras y oceánicas han generado una expansión de la distribución espacial de las flotas, asociado a los cambios tecnológicos que han generado una mayor intensidad de pesca, en las zonas de alimentación y crianza, es un factor de mortalidad que amenaza la conservación de los depredadores tope.

Las interferencias directas e indirecta de la pesca con las poblaciones de depredadores tope, requiere de investigación científica y sistema de monitoreo a gran escala, con tecnología apropiada para generar conocimiento aplicado, de apoyo a la conservación de estas especies y también para la administración pesquera. Los administradores deben generar planes de acción con participación de los usuarios de estos recursos, para proponer acciones y medidas de mitigación que reduzcan estas interacciones y que mitiguen la mortalidad de los depredadores tope. La reducción de sus poblaciones puede tener impactos insospechados, sobre la salud del ecosistema y en particular en la producción pesquera.

La reducción de la abundancia de los depredadores tope, pueden generar un efecto de cascada, al modificar la transferencia de materia y energía en el ecosistema, lo cual provoca un cambio en la composición específica de las comunidades presa y tiene repercusiones en las capturas de las pesquerías, al cambiar el nivel de abundancia de las especie objetivo.

Estos cambios en nuestros ecosistemas no están bien identificados y sus relaciones interespecíficas están escasamente estudiadas. La aproximación racional de la ciencia y la incorporación en nuestros países de investigación científica con nuevas tecnologías permite disminuir estas brechas de información, al generar datos confiables en el corto plazo, permite la construcción de indicadores cuantitativos y establecer un sistema de referencia para los indicadores de salud del ecosistema. Por otra parte, existen vacíos de conocimientos que deben ser abordados desde el punto de vista del desarrollo científico, conociendo las capacidades internas de los países en términos del capital humano, infraestructura y presupuestos asignados. En este sentido las instituciones nacionales tienen una gran tarea que realizar.

Finalmente es necesario avanzar hacia la integración de conocimientos científico que es necesario para el desarrollo de modelos con capacidades predictivas ya sea a nivel de especie, comunidades y del gran ecosistema de Humboldt, en diversos niveles de complejidad y en diferentes escalas de tiempo corto, mediano y largo plazo.

Los avances realizados sobre modelos ecosistémicos, en otras partes del mundo, nos muestran esa perspectiva. Los modelos complejos incluso integran información ecológica, económica y social son de gran utilidad, y están siendo usados como una herramienta para la toma de decisiones, en el desarrollo de escenarios para disponer de opciones de adaptación, a los cambios ya sean naturales o antrópicos.



**Patricio Barría Martínez**

Coordinador del Taller Binacional.



Proyecto GEF:  
Hacia un manejo con Enfoque Ecosistémico del  
Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt”

Chile: Taller Binacional.

## Avances metodológicos en tramas tróficas de depredadores topos del Océano Pacífico Sur Oriental

11 - 13 noviembre 2014



Hotel O'Higgins, Plaza Vergara s/n°  
Viña del Mar, Chile.

### AGENDA

#### Primer día

Martes 11 de noviembre 2014

#### Estudios ecosistémicos sobre depredadores topos

- 08:30 Palabras de bienvenida por parte del Director Ejecutivo del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)  
*Sr. Leonardo Núñez Montaner, Chile.*
- 08:45 Palabras del representante de la delegación del Perú.  
*Sr. Teobaldo Dioses Romero del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).*
- 09:00 **1** El sistema pesquero, planes de acción e investigaciones en depredadores tope altamente migratorios en Chile.  
*Patricio Barría M., Jorge Azócar R. y Andrés González P. IFOP, Chile.*
- 09:25 **2** Los recursos pota, perico y vinciguerra en el Perú  
*Teobaldo Dioses R. IMARPE, Perú. 2*
- 09:50 **3** Usando análisis de isótopos estables para entender la ecología trófica del pez espada  
(*Xiphias gladius*) en el Océano Pacífico Sur Oriental.  
*Sebastián López K. Universidad Andrés Bello, (UNAB), Chile.*
- 10:15 Café
- 10:40 **4** Cefalópodos en la trama trófica de recursos altamente migratorios, entre los años 2002 y 2012 en el Océano Pacífico Sur Oriental.  
*Sergio Letelier V., Esteban Carreño P., Patricio Barría M., Andrea Rebolledo U. y Pedro Báez R., Museo Nacional de Historia Natural (MNHN) e IFOP, Chile.*



- 11:05 **5** Avances en los estudios trofodinámicos del calamar gigante y otros meso-depredadores.  
*Pepe Espinoza S., IMARPE, Perú.*
- 11:30 **6** Alimentación de cetáceos: Odontocetos, *Physeter macrocephalus* o cachalote y Mysticetos, *Megaptera novaeangliae* o ballena jorobada.  
*Anelio Aguayo Lobo, Instituto Antártico Chileno (INACH), Chile.*
- 11:55 **7** Interferencia del lobo marino común con la pesca y acuicultura en Chile: Propuesta de un Plan de Manejo.  
*Doris Oliva E. y René Duran F., Universidad de Valparaíso (UV), Chile.*
- 12:20 **8** Dieta de lobos marinos e interacciones con la flota de cerco: pesquería de anchoveta en el Perú.  
*Sofía Rivadeneyra V., IMARPE, Perú.*
- 12:45 **9** Monitoreo de aves marinas como herramienta para detectar cambios en los ecosistemas marinos.  
*Alejandro Simeone C. y Luis A. Cabezas B., UNAB y Albatross Task Force-Chile, BirdLife International, Chile.*
- 13:10 Almuerzo
- 14:40 **10** Investigaciones en depredadores superiores como indicadores de cambios en el ecosistema y ecología de la alimentación de aves guaneras en el Perú.  
*Elisa Goya S., IMARPE, Perú.*
- 15:05 **11** Ecología trófica de la tortuga verde *Chelonia mydas* de las Islas Galápagos, por medio del análisis de isótopos estables de carbono ( $\delta^{13}C$ ) y nitrógeno ( $\delta^{15}N$ )  
*Patricia Zárate, Fundación Charles Darwin, Islas Galápagos, Ecuador.*
- 15:30 **12** Composición de la dieta de la tortuga verde en áreas de alimentación en el Perú  
*Evelyn Paredes C., IMARPE, Perú*
- 15:55 Café
- 16:20 **13** Discriminando especies de depredadores topes analizando señales de los ácidos grasos.  
*Ángel Urzúa O., Sergio Mora O., Nicole Badilla y Esthefany Reyes C. Universidad Católica de la Sma. Concepción (UCSC) e IFOP, Chile.*
- 16:45 **14** Modelos tróficos de balance de masas en ecosistemas marinos de Chile  
*Hugo Arancibia F. y Sergio Neira A., Universidad de Concepción (UdeC), Chile*
- 17:20 **15** Predicciones del pez espada (*Xiphias gladius*) en Chile, bajo escenarios de cambio climático A2 IPCC  
*Claudio Silva G., Eleuterio Yáñez R. María Angela Barbieri B. y Claudio Bernal L. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) e IFOP, Chile*
- 17:45 Recuento del día.



## Segundo día

Miércoles 12 de noviembre 2014

### Métodos y tecnologías actuales para el estudio de tramas tróficas

- 09:00 **16** Métodos y tecnologías actuales para el estudio de tramas tróficas.  
*Sergio Mora O., IFOP, Chile*
- 09:50 Café
- 10:20 **17** Aplicación de isótopos estables para determinación de dietas.  
*Sebastián López K., UNAB, Chile*
- 11:10 **18** Aspectos metodológicos en la dieta del calamar gigante y otros meso- depredadores.  
*César Fernández O., IMARPE, Perú.*
- 12:00 **19** Aplicación de ácidos grasos para determinar presas en depredadores tope.  
*Ángel Urzúa O., UCSC, Chile*
- 12:50 Almuerzo
- 14:00 **20** Avances en los modelos tróficos de balance de masas en ecosistemas marinos de Chile  
*Sergio Neira A. y Hugo Arancibia F., UdeC, Chile.*
- 14:50 **21** Evolución del modelado trófico marino peruano.  
*Pepe Espinoza S., IMARPE, Perú.*
- 15:30 Café
- 16:00 **22** Conferencia: Estudio de conectividad de la tortuga verde, *Chelonia mydas*, mediante el uso de isótopos estables, la genética y la telemetría satelital.  
*Patricia Zárate. Fundación Charles Darwin, Islas Galápagos, Ecuador.*



## Tercer día

Jueves 13 de noviembre 2014

### Investigación, monitoreo y aplicaciones en Chile y Perú.

- 09:00 Mesa Redonda. Investigaciones realizadas por Chile y Perú.
- 10:30 Café
- 11:00 Mesa redonda. Aplicación de técnicas y métodos actuales sobre tramas tróficas en los países de la región.
- 12:00 Mesa redonda. Orientaciones para la implementación de monitoreo e indicadores ecosistémicos en el corto plazo
- 12:30 Conclusiones del taller
- 13:00 Entrega de diplomas y clausura.
- 13:15 Almuerzo de Cierre

## Delegados

### Delegados designados por IMARPE

- |                          |          |
|--------------------------|----------|
| 1.- Teobaldo Dioses R.   | - IMARPE |
| 2.- Elisa Goya S.        | - IMARPE |
| 3.- Sofía Rivadeneyra V. | - IMARPE |
| 4.- Evelyn Paredes C.    | - IMARPE |
| 5.- Cesar Fernández.     | - IMARPE |
| 6.- Pepe Espinoza S.     | - IMARPE |

### Delegados designados por IFOP

- |                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1.- Patricio Barría M.   | - IFOP                      |
| 2.- Sergio Mora O.       | - IFOP                      |
| 3.- Sebastián López K.   | - UNAB                      |
| 4.- Esteban Carreño P.   | - MNHN                      |
| 5.- Anelio Aguayo L.     | - INACH                     |
| 6.- Doris Oliva E.       | - UV                        |
| 7.- Alejandro Simeone C. | - UNAB                      |
| 8.- Patricia Zarate      | - Fundación Charles Darwin. |
| 9.- Ángel Urzúa O.       | - UCSC                      |
| 10.- Hugo Arancibia F.   | - UDEC                      |
| 11.- Eleuterio Yáñez R.  | - PUCV                      |

### Acrónimos e Instituciones.

- |         |  |
|---------|--|
| IFOP.   | Instituto de Fomento Pesquero                    |
| IMARPE. | Instituto del Mar del Perú                       |
| UNAB.   | Universidad Nacional Andrés Bello                |
| MNHN.   | Museo Nacional de Historia Natural               |
| UV.     | Universidad de Valparaíso                        |
| UCSC.   | Universidad Católica de la Santísima Concepción. |
| UdeC.   | Universidad de Concepción                        |
| PUCV.   | Pontificia Universidad Católica de Valparaíso    |
| INACH.  | Instituto Antártico Chileno                      |
|         | Fundación Charles Darwin.                        |



# El Sistema pesquero, planes de acción e investigaciones en depredadores tope altamente migratorios en Chile.

**Patricio Barría M.<sup>1</sup>, Jorge Azócar R.<sup>2</sup>, Andrés González P.<sup>3</sup>. IFOP, Chile**  
Instituto de Fomento Pesquero, IFOP. Alameda M. Blanco Encalada 839, Valparaíso, Chile.

<sup>1</sup> patricio.barría@ifop.cl

<sup>2</sup> jorge.azocar@ifop.cl

<sup>3</sup> andres.gonzalez@ifop.cl

El sistema pesquero de recursos altamente migratorios está compuesto por el subsistema de manejo pesquero, el ecosistema natural y el subsistema humano.

El subsistema de manejo pesquero tiene como base fundamental la orientación de la política pesquera y su planificación en el largo plazo, además integra el manejo de la pesquería propiamente tal, el desarrollo y la investigación pesquera. En Chile la política pesquera está salvaguardada por la política económica general del país. Respecto al manejo de la pesquería de recursos altamente migratorios es de carácter mono-específico y debido a la amplia distribución geográfica en el Océano Pacífico Sur Oriental es necesario que el manejo pesquero, se realice a gran escala, a través de una Organización Regional de Pesca (ORP). En la explotación del pez espada (*Xiphias gladius*) y otras especies de tiburones altamente migratorios como el tiburón marrajo (*Isurus oxyrinchus*), tiburón azulejo (*Prionace glauca*), tiburón sardinero (*Lamna nasus*) y dorado de altura (*Coryphaena hippurus*) intervienen las flotas de los países ribereños de Colombia, Ecuador, Perú y Chile, así como también flotas de países distantes como: España como miembro de la CEE, Taiwán, China, Japón, Estados Unidos; las cuales tienen libre acceso y donde el aumento de las flotas pesqueras puede desarrollar la tragedia de los comunes. En Chile el pez espada está declarado en plena explotación, por lo tanto no se encuentra en libre acceso y tiene restringido el tamaño de sus flotas, tanto industrial como artesanal. Además existen varias medidas de manejo que protegen a los peces altamente migratorios, entre ellas existen restricciones de los artes y aparejos de pesca, así como también el cierre de acceso del registro pesquero artesanal e industrial y la prohibición de capturar en áreas de reclutamiento. Es relevante para la sustentabilidad de estos recursos la protección de hábitat críticos del pez espada como lo es, la cordillera de Nazca y el área marina protegida de las islas oceánicas de Salas y Gómez. En relación a los tiburones altamente migratorios que son fauna acompañante, existen medidas de administración como el cierre de acceso a la pesquería, delimitación geográfica de zonas de captura y la prohibición del aleteo. Otra especie importante es el dorado de altura que en la zona norte del país constituye una pesquería estacional, también tiene un cierre de acceso del registro pesquero artesanal e industrial y medidas que fijan los aparejos de pesca (espinel).

En relación al desarrollo pesquero de estas pesquerías y su investigación pesquera, la entrada en vigencia de la Ley de Pesca N° pretende mejorar desempeño de las pesquerías nacionales y contempla modificaciones a la institucionalidad pesquera y también cambios en la política de investigación pesquera nacional. Como en todos los países el sistema de manejo esta normalmente influenciado por fuerzas externas como las políticas macroeconómicas globales y los impactos en la institucionalidad pública.

El subsistema natural está constituido por las especies, la comunidad pelágica, el hábitat oceánico y costero y el ecosistema en general. Los depredadores tope generalmente son especies transzonales y altamente migratorias nos referimos a *Xiphias gladius*, *Isurus oxyrinchus*, *Prionace glauca*, *Lamna nasus*, *Coryphaena hippurus*, atunes entre los más frecuentes se encuentra el atún aleta larga *Thunnus alalunga* y atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y las tortugas marinas como la laúd *Dermochelys coriacea*, cabazona *Caretta caretta*, olivácea *Lepidochelys olivacea* y verde *Chelonia mydas* y aves marinas entre las mas conspicuas el albatros de ceja negra *Thalassarche melanophris* y albatros errante *Diomedea exulans* y mamíferos marinos entre los cuales . Estas especies tienen una amplia distribución geográfica en el Océano Pacífico y a macroescala y ocupan varios ecosistemas a lo largo de su vida y a través de sus migraciones tróficas y reproductivas, que en la actualidad poco se conoce. En el Océano Pacífico Sur Oriental habitan desde los 0° a los 40° Lat Sur, desde la costa hasta los 150°W, es decir se encuentran en la zona tropical, subtropical y zona de la convergencia subtropical y en el gran ecosistema de la corriente de Humboldt. Avances realizados estudios genéticos indican interconexiones con las unidades poblacionales tanto del Hemisferio Norte como con las Océano Pacífico Sur Occidental. Referente a la composición de especies la fauna acompañante íctica pelágica está compuesta por 38 especies ícticas con varios depredadores tope de la trama trófica, además de la captura incidental de aves (15 spp.), tortugas (4 spp.) y mamíferos marinos (4 spp.) (Barría et al., 2012, 2013). El ecosistema natural esta normalmente influenciado por fuerzas externas como el cambio climático global y en particular por los eventos climático-oceanográficos del ENSO.

El subsistema humano de las pesquerías de recursos altamente migratorios está compuesto por cuatro flotas de pesca. La flota palangrera artesanal e industrial, la flota redera y la palangrera ambas artesanales; además los pescadores (grupos de pescadores y las embarcaciones y tecnologías de pesca), el sector de transformación post cosecha (procesamiento, distribución, mercados, venta al por mayor y menor) y los consumidores. La industria y las comunidades de pescadores y sus relaciones determinan un ambiente socioeconómico y cultural característico. En el caso particular de los grupos de pescadores existe una flota industrial de 8 embarcaciones concentrada en Coquimbo lo cual da empleo directo a 160 personas. Además existe flotas artesanales distribuidas a lo largo de la costa de Chile desde Arica hasta Valdivia con flotas rederas de 150 embarcaciones que dan empleo directo a 2.400 pescadores artesanales y una flota artesanal espinelera en la zona norte del país compuesta por 120 embarcaciones que da empleo directo a 500 pescadores artesanales. Lo anterior no está exento de conflictos entre los usuarios ya sea por interferencias tecnológicas entre embarcaciones de diferentes puertos. Respecto al sector de transformación post-cosecha, existe un mercado interno local para consumo humano directo y otra fracción se comercializa, a un escaso número de compradores, cuyos stocks son acopiados por

fábricas exportadores de productos marinos. Los productos son exportados como fresco y congelado y normalmente van a mercados como Estados Unidos, Europa y mercado asiático. Los consumidores en el país están más concentrados en la población que habita en la zona costera desde Arica hasta Valparaíso. Pero gran parte de la producción pesquera de estos productos es exportada. Los beneficios de estas pesquerías son multidimensionales ya sea sociales, culturales, económicos y de biodiversidad.

Respecto a los Planes de Acción, son herramientas de planificación y gestión de recursos naturales de mediano y largo plazo que precisa los objetivos, metas y actividades, que son consideradas relevantes para abarcar en forma integral la conservación de estas especies tanto a nivel nacional como internacional. En general los Planes de Acción necesitan un gran esfuerzo para generar sinergia intra e intersectorial, orientada a posibilitar la viabilidad y sustentabilidad de las actividades de conservación en el país y también en el ámbito internacional (FAO, 1999). Al mismo tiempo, son procesos de integración social, ya que requieren de la participación ciudadana, cuyo propósito es cumplir una función de intermediación entre los principios y los objetivos derivados del bien común y los intereses de los usuarios, grupos de opinión y de las comunidades locales.

El Chile se desarrolló un Plan de Acción Nacional para la conservación de tiburones (SUBPESCA, 2007), documento que fue elaborado el año 2006 y tiene por objeto asegurar la conservación de la biodiversidad nacional de Chondrichthyes (tiburones, rayas y quimeras) y sus pesquerías para su aprovechamiento sostenible a largo plazo y está concebido como instrumento de planificación y gestión, constituido por 30 objetivos que responden a 6 líneas de acción o áreas consideradas relevantes para el desarrollo pesquero nacional: conservación; acceso y asignación; gobernabilidad; monitoreo, control, vigilancia y sistema de sanciones; investigación e institucionalidad.

También existe en el país, el Plan de Acción Nacional de Chile para mitigar efectos de la pesca de palangre sobre Aves Marinas (Moreno & Arata, 2004), instrumento elaborado el año 2003. En general estos planes siguen directrices propuesta por la FAO, en el sentido de que los países que pescan con palangre deberían tener un Plan de Acción Nacional para mitigar la mortalidad incidental de aves marinas en dichas pesquerías en forma voluntaria. Chile el año 2003 emprendió esta tarea haciendo un diagnóstico de dicho problema (Moreno *et al*, 2003) y luego inició los pasos que lo llevaran a tener un Plan de Acción para mitigar la mortalidad de albatros y petreles en las pesquerías de palangre (Moreno & Arata, 2004).

Al respecto, a la fecha no se han elaborado en Chile, el Plan de Acción Nacional de tortugas marinas y de mamíferos marinos. Y se ha planificado en los Comités científicos que el año 2016 el país cuente con estas directrices.

En términos globales el estado actual del conocimiento sobre los depredadores tope y las prácticas empleadas en su pesca, causan problemas de conservación y ordenamiento debido a la falta de datos disponibles sobre capturas, esfuerzo, desembarques y comercio, así como a la información limitada sobre parámetros biológicos de muchas especies y su identificación taxonómica (FAO, 1999).

En este trabajo se muestran avances en este sentido, a partir de la información recopilada con Observadores Científicos en la flota palangrera, redera y espinelera. Las distribuciones geográficas de los lances de pesca de la pesquería de recursos altamente migratorios se muestran en el Figura 1. Y la ubicación geográfica de interacciones con naves pesqueras, es una información básica importante para cuantificar estas interacciones con tortugas marinas (Figuras 2), aves marinas (Figura 3) y mamíferos marinos (Figura 4). Además se han desarrollado indicadores para medir tasas de mortalidad por pesca de estas especies. (Barría *et al.*, 20012, 2013 y 2014).

Respecto a las investigaciones que se desarrollan en depredadores topes podemos mencionar que se orientan a determinar en primer término la identificación de las especies por métodos taxonómicos y genético y la aplicación de genética de poblaciones para establecer unidades poblacionales en el Océano Pacífico Sur Oriental.

Además se ha avanzado en determinar la estructura poblacional y diversidad genética de haplotipos, con métodos de ADN mitocondrial y ADN nuclear. Determinación de ciclos migratorios mediante el uso de marcadores tradicionales tipo espagueti y la incorporación el próximo año 2015 de marcas satelitales en tiburones. Durante una década se ha avanzado en estudios de tramas tróficas oceánicas de depredadores topes, con la utilización de diferentes metodologías como análisis tradicional de contenidos estomacales y análisis con isótopos estables tanto de las especies depredadoras y sus presas, y estudios específicos en cefalópodos, especies claves de los ecosistemas pelágicos. También se han efectuado estudios calorimétricos de la fauna acompañante del pez espada. A nivel individual se han efectuado análisis de composición de grasas totales tanto en músculo hígado y gónadas y este año se esta poniendo a prueba el métodos de ácidos grasos como señal de especies presas (Barría *et al.*, 2012 y 2013)

Respecto a parámetros del ciclo vital de los depredadores tope oceánicos se ha avanzado en el determinación de la edad y crecimiento de las siguientes especies *Xiphias gladius*, *Isurus oxyrinchus*, *Prionace glauca* y este año *Lamna nasus*, se esta iniciando la toma de información en *Coryphaena hippurus*. Respecto a estimación de parámetros reproductivos se ha avanzado en peces óseos la determinación de estadios de madurez, fecundidad total. En otras especies no ha sido factible avanzar debido a que las zonas de desove se encuentran fuera de las zonas habituales de pesca. Existe una base de datos de estas pesquerías que permite disponer de la información para iniciar los estudios de índices de tendencia poblacional tiburones marrajo, azulejo. También se han realizado revisión de la información biológico-pesquera para el metanálisis de las especies bandera de tiburones oceánicos altamente migratorios en el océano pacífico Sur Oriental; investigación colaborativa entre los países de la Comisión Permanente del Pacífico Sur y la IUCN. (Barría *et al.*, 2014).

En relación a la explotación racional de los depredadores topes, en la última década se ha introducido el concepto de captura equilibrada, que hace referencia a una estrategia de ordenación encaminada a distribuir la presión pesquera (mortalidad) en todos los niveles tróficos para garantizar el mantenimiento

de las relaciones tróficas entre las diferentes especies y tamaños. La captura equilibrada suele representarse mediante una pirámide trófica en la que se indica el volumen de captura que debería corresponder a los distintos niveles tróficos, de manera proporcional a sus niveles de productividad (FAO, 2014).

La pesca que se centra en especies de un determinado nivel trófico (i.e grandes depredadores) puede reducir o eliminar un componente del ecosistema, con el consiguiente efecto en cascada de las especies dependientes. Lo anterior significa un cambio de paradigma y encierra grandes desafíos para la conservación y administración de estas especies. Tarde o temprano los países pesqueros deberán abordar estos desafíos que involucra esfuerzos importantes en gestión, fiscalización, control y en la investigación científica; en el sentido que normalmente las estrategias de captura no toman en consideración las relaciones tróficas y existen investigaciones científicas sobre los efectos negativos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Smith *et al.*, 2011). Como solución se han recomendado tasa de cosecha sostenida más conservadoras, inferiores al rendimiento máximo sostenible a fin de dejar a los depredadores marinos suficiente forraje (Smith *et al.*, *op.cit.*).

## **Bibliografía**

BARRÍA, P., Y D. DEVIA 2014. Metanálisis de las especies banderas. Documento técnico IFOP – Subsecretaría de Economía. 50 pp.

BARRÍA P., J. AZÓCAR, A. GONZÁLEZ, C. BERNAL, S. MORA, F. CERNA, D. DEVIA Y H. MIRANDA Y. 2014. Convenio I. Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura 2013. Proyecto 1.14. Programa de Seguimiento de Recursos Altamente Migratorios. Informe final. IFOP -Subsecretaría de Economía: 155 p. (más tablas y anexos).

BARRÍA P., J. AZÓCAR, A. GONZÁLEZ, C. BERNAL, S. MORA, F. CERNA, H. MIRANDA Y D. DEVIA. 2013. Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura. Actividad 1. Seguimiento General de pesquerías. Pesquerías Recursos Altamente Migratorios, 2012. Informe final. IFOP SUBPESCA: 137 p. (más tablas y anexos).

BARRÍA P., J. AZÓCAR, C. BERNAL, A. GONZÁLEZ, S. MORA, F. CERNA Y H. MIRANDA. 2012. Programa Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Investigación Situación Recursos Altamente Migratorios, 2011. Informe de Avance. IFOP SUBPESCA: 144 p. (más anexos).

FAO, 1999. International Plan of Action for Reducing Incidental Catch of Seabirds in Longline Fisheries. International Plan of Action for the Conservation and Management of Sharks. International Plan of Action for the Management of Fishing Capacity. FAO, Rome, p. 26.

FAO 2003. Departamento de Pesca. El enfoque de ecosistemas en la pesca. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. No. 4, Supl. 2. Roma, FAO. 133 pp.

FAO, 2014. El estado mundial de la pesca y acuicultura. Oportunidades y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Roma, 2014. 253 pp.

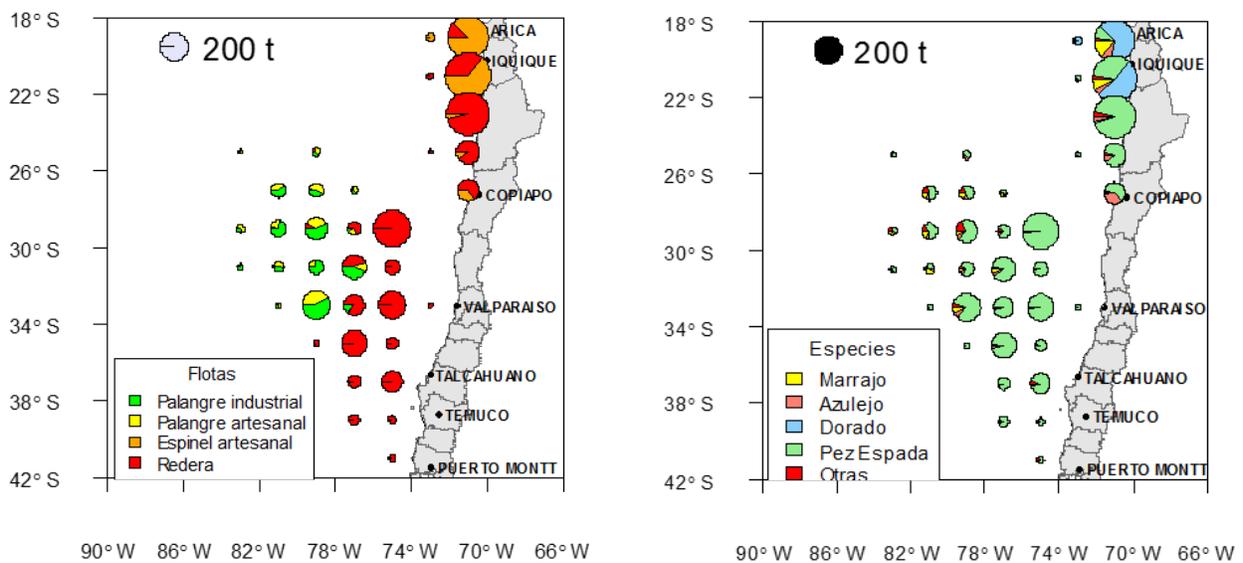
MORENO, C.A., HUCKE-GAETE, R., ARATA, J., 2003. Interacción de la pesquería de bacalao de profundidad con mamíferos y aves marinas. Informe final del Proyecto FIP 2001–31. Universidad Austral de Chile, pp. 199.

MORENO, C.A., ARATA, J., 2004. Informe final del Proyecto FIP 2003–21. Plan de Acción Nacional de Chile para mitigar efectos de la pesca de palangre sobre Aves Marinas (PAN-AM). Final report, Project FIP 2003–21, pp. 132.

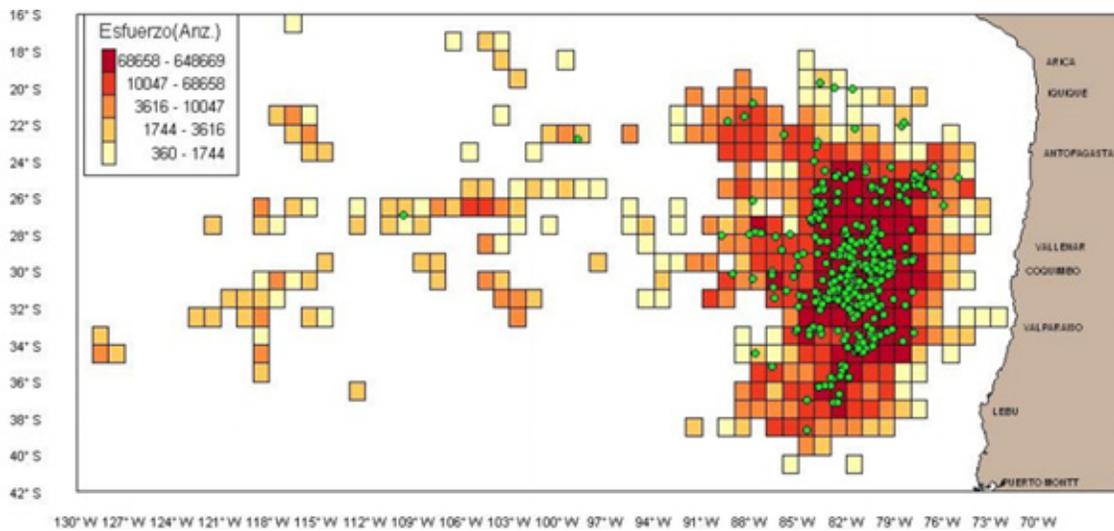
SMITH, A.D.M., BROWN, C.J., BULMAN, C.M., FULTON, E.A., JOHNSON, P., KAPLAN, I.C., LOZANO-MONTES, H., MACKINSON, S., MARZLOFF, M., SHANNON, L.J., SHIN, Y.L., Y TAM, J. 2011. Impacts of fishing low-trophic levels species on marine ecosystem. *Science*, 333(6046):1147-1150.

SUBPESCA 2007. Plan de Acción Nacional para la conservación de tiburones. Subsecretaría de Pesca, Decreto Supremo No. 198. (2007).

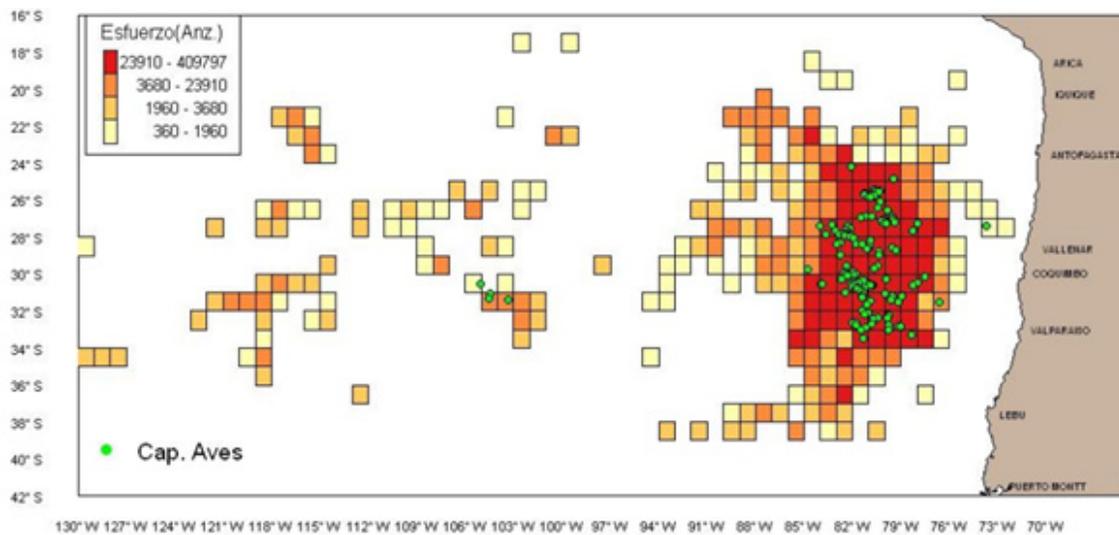
**Figuras**



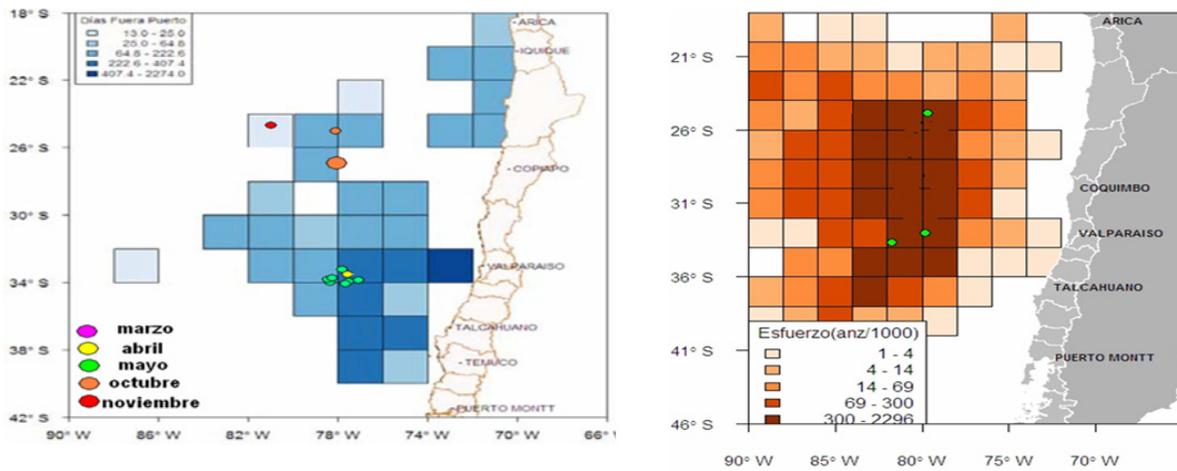
**Figura 1.** Der. Distribución espacial de las flotas pesqueras que operaron sobre recursos pelágicos mayores durante el año 2013. El tamaño de las burbujas es proporcional a las capturas. Izq. Distribución espacial de las capturas por especie, considerando todas las flotas durante el año 2013. El tamaño de las burbujas es proporcional a las capturas.



**Figura 2.** Distribución espacial del esfuerzo de pesca de la flota palangrera de superficie y los registros de captura incidental de tortugas marinas. Período 2007-2013.



**Figura 3.** Distribución espacial del esfuerzo de pesca de la flota palangrera de superficie y los registros de captura incidental de aves marinas. Período 2005-2013.



**Figura 4.** Der. Distribución espacial del esfuerzo de pesca de la flota redera y los registros de captura incidental de mamíferos marinos periodo 2007-2013. Izq. Distribución espacial del esfuerzo de pesca de la flota palangrera y los registros de captura incidental de mamíferos marinos periodo 2007-2013.

Especies. Orca, ballena jorobada, delfín de Risso, tursion y lobo fino de Juan Fernandez.

## Los recursos pota, perico y vinciguerría en el Perú

***Teobaldo Dioses Romero***

Área Funcional de Investigaciones de Recursos Transzonales y Altamente Migratorios (AFIRTAM) Instituto del Mar del Perú, IMARPE, Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú. [tdioses@imarpe.gob.pe](mailto:tdioses@imarpe.gob.pe).

La variabilidad espacio temporal de los recursos pesqueros responde a una serie de factores intrínsecos y extrínsecos, como consecuencia de cambios drásticos en el medio ambiente o debido a la acción del hombre. Estudios realizados por IMARPE han determinado que la abundancia de los recursos de nuestro ecosistema guardan cierta relación con la variación e interacción en latitud, longitud y en profundidad de las masas de agua y el complejo sistema de corrientes superficiales y subsuperficiales que se presentan frente a nuestro litoral. Este comportamiento ambiental determina la gran variabilidad de nuestro ecosistema, que viene hacer en realidad nuestra normalidad. Esta variabilidad ambiental se presenta en periodos de corto plazo (estacionales, verano-invierno), mediano plazo (interanuales, el Niño, La Niña), largo plazo (periódicas, oscilaciones decadales) y muy largo plazo (seculares, ciclos ambientales de alta y baja variabilidad).

El Niño extraordinario de 1997-1998 marco el fin de un régimen cálido, para dar inicio a un régimen frío, con el desarrollo de dos importantes pesquerías, La pesquería de calamar gigante (pota o gibia) y la pesquería del perico o dorado. Otro punto destacable fue la localización de importantes biomásas (más de 15 millones de toneladas) de peces meso pelágicos, como vinciguerría y mictófidós, que son alimento de recursos oceánicos como atunes y calamares gigantes. Estos tres recursos van hacer el tema de la presente exposición.

### **El recurso perico o dorado (*Coryphaena hippurus*)**

El perico es una especie circuntropical, con amplios desplazamientos. Se encuentra en las aguas tropicales y subtropicales en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. En el Pacífico Oriental se distribuye desde San Diego – California (Estados Unidos) hasta Antofagasta (Chile), habitando el pelagial oceánico. En el Perú se presenta a lo largo de la costa (Paita, Salaverry, Pucusana e Ilo), asociado a aguas cálidas. Vive en aguas de temperatura de 21 – 30 °C, pudiendo ser aguas oceánicas o costeras. Su pesca es más intensa durante la primavera y verano y disminuye en otoño e invierno. Con frecuencia se le encuentra alrededor de las islas oceánicas, ocasionalmente penetra a zonas estuarinas. Sus desplazamientos están asociados a movimientos de las aguas cálidas que constituyen su hábitat

El perico, es una especie epipelágica oceánica y nerítica de aguas tropicales, de cuerpo esbelto, alargado y comprimido lateralmente con escamas muy pequeñas que le da apariencia de “liso”. Cuando está vivo, tiene el cuerpo de color verde azulado amarillento brillante con tintes iridiscentes, plateado a los costados tornándose dorados y cuando mueren cambian rápidamente a un color grisáceo verdoso.

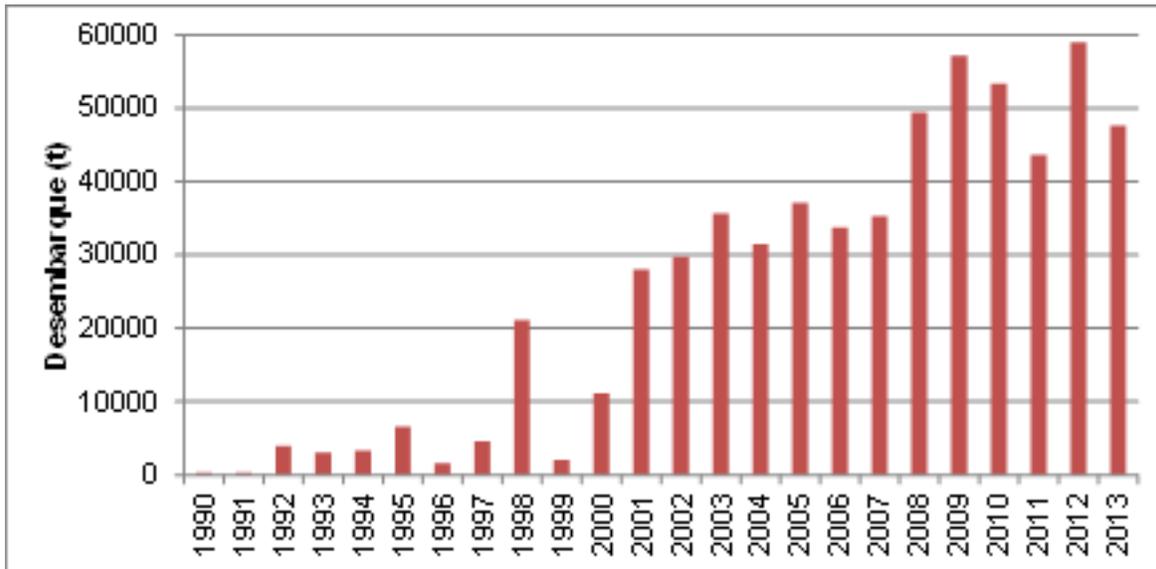
Morfológicamente presentan diferenciación sexual a partir de la talla de 30 cm por el desarrollo de una cresta en la cabeza del macho de forma vertical (cabeza convexa en las hembras). El perico es una especie pelágica oceánica, pero también se aproxima a la costa y es frecuente alrededor de islas. En estadios juveniles ocasionalmente se presenta en las bahías. Viven formando cardúmenes pequeños constituidos por 10 a 30 individuos; en la época de reproducción nada en parejas.

En la literatura científica el nombre de dorado es invariablemente usado como el nombre común dado a *Coryphaena hippurus*. Debido a la distribución geográfica que tiene este recurso a nivel mundial, en los países que lo capturan se lo conocen con diferentes nombres: Estados Unidos de América, dolphinfish, common dolphinfish, dorado, México, dorado, doradilla, delfín; Chile palometa, dorado de alta mar; Nicaragua, dorado; Costa Rica, dorado; Colombia, dorado, delfín; Panamá, pez dorado, Hawaii, mahi- mahi, Perú, perico, Alemania, goldmakrele, España, llampuga, Francia Coriphene o dorad creole, Finlandia, dolfini, Holanda, goudmakreel, Italia, lampuga, Japón, shira, Corea, man –sae-gi, Noruega, gullmakrell .

Es considerado altamente migratorio, el patrón de migración no es totalmente conocido. La temperatura del agua parece ser una influencia importante en los hábitos migratorios, donde el pez prefiere aguas calientes. Dada la ocurrencia periódica del evento El Niño en las aguas del Océano Pacífico esta preferencia tiene claras implicaciones para la disponibilidad de esta especie.

En la actualidad no hay alguna evidencia sobre si este recurso en el Pacífico Sur está conformado por una sola población o constituido por varias sub-poblaciones, situación que requiere ser investigada; mientras tanto debe de ser considerado como un stock administrativo.

Los mayores desembarques de perico en la costa peruana se produjeron en los años 1983, 1987 y 1998, favorecidos por la presencia de El Niño, sin embargo, a partir del 2001, se observa un incremento en las capturas, asociadas a una mayor disponibilidad y un mayor esfuerzo pesquero, especialmente de la flota artesanal. El desarrollo de esta pesquería artesanal ha permitido sostener una actividad socioeconómica muy importante en el país, porque es fuente de trabajo directo e indirecto para miles de peruanos, brindando productos frescos para consumo humano directo. Fig. 1



**Figura 1.** Desembarque anual de perico por la flota artesanal entre 1980 y 2013

Entre las especies oceánicas que destacan por su volumen de desembarque podemos mencionar a *Coryphaena hippurus* “perico”, *Sphyrna zygaena* “tiburón martillo”, *Prionace glauca* “tiburón azul”, *Isurus oxyrinchus* “tiburón diamante”, *Alopias vulpinus* “tiburón zorro” y *Myliobatis peruvianus* “raya águila”. Durante primavera y verano las especies oceánicas se hacen más accesibles, sobretodo el “perico”, alcanzando en los desembarques más del 65 % de la pesca artesanal.

Los registros de desembarque de esta especie en la costa del Perú sólo existen desde 1971. La captura del perico está relacionada con la pesca del atún (por la distancia a la costa y la presencia de aguas cálidas). Las variaciones de la pesquería del perico presentan sus máximos desembarques en los años 1982-83, favorecido por la presencia de El Niño, donde se le capturó conjuntamente con el “barrilete negro” *Auxis rochei*, el “barrilete común” *Katsuwonus pelamis* y el “atún aleta amarilla” *Thunnus pelamis* y el “atún aleta amarilla” *Thunnus albacares*. Otros años de desembarque alto, donde esta especie no aparece asociada a aguas anormalmente cálidas, se explicaría por la presencia zonal de aguas oceánicas no registradas (1987) y con temperaturas no necesariamente anómalas. Posteriormente se observa, bajas muy considerables en sus capturas.

Cabe señalar que la captura del año 1998 fue notable con 21104 t debido al ingreso de aguas oceánicas hacia la costa por El Niño 1997-98, lo que aumento la accesibilidad de esta especie a la flota artesanal. Accesibilidad que se ha incrementado en estos últimos años con capturas superiores a 30 mil toneladas, como consecuencia de la presencia de aguas cálidas frente a la costa peruana durante este período frío que experimentamos.

## **El recurso calamar gigante, pota o gibia (*Dosidicus gigas*)**

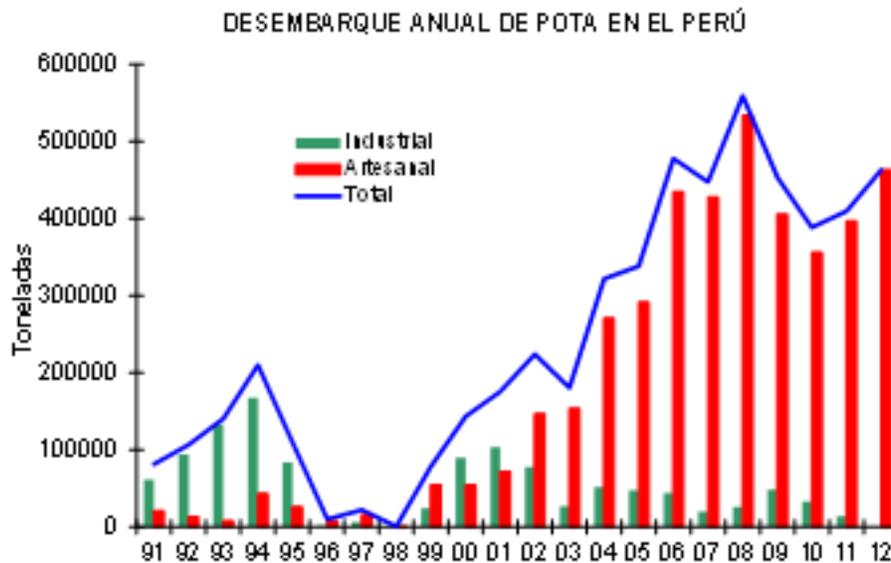
El calamar gigante (*Dosidicus gigas*) es una especie nerítica oceánica de amplia distribución en el Pacífico Este, desde Baja California (México) hasta Chile, llegando a ampliar su extensión en ambos hemisferios después de El Niño 1997-1998. Como las demás especies de calamares es un recurso de vida corta, semélparos (desovan una vez y mueren) y oportunistas que responden rápidamente a los cambios ambientales.

La alta plasticidad fenotípica (adaptación a cambios ambientales), rápido crecimiento y oportunismo ecológico posibilitan que esta especie pueda ocupar áreas dejadas por otras especies. Pero asimismo, su amplia distribución, grandes migraciones y alta mortalidad natural posibilitarían que sus abundancias puedan disminuir rápidamente ante condiciones adversas.

El calamar gigante constituye el recurso de mayor importancia económica entre los cefalópodos pelágicos del Pacífico Oriental. La gran abundancia de este recurso motivó el aumento del esfuerzo de pesca de la flota artesanal dedicada a la extracción de la pota, con valores de desembarque comprendidos entre 400 mil y 500 mil toneladas en los últimos años, con un el máximo de 533 mil toneladas durante el 2008.

La captura del calamar gigante (Fig. 2) presenta dos periodos de alta abundancia, el primero de 1991 a 1995, con un máximo de 210 mil toneladas en 1994, el segundo periodo de 1999 a 2012, con capturas máximas de 478 mil toneladas en el 2006 y 559 mil toneladas en el 2008, en el primer periodo las mayores capturas fueron realizadas por la flota calamarera y en el segundo por la flota artesanal (el 2012 no operaron embarcaciones calamareras). Las estimaciones de biomasa por el método acústico también han registrado un incremento sostenido, los cuales son evidencias de la alta abundancia del recurso y su manejo adecuado.

La flota industrial normalmente opera entre las 20 y 200mn de la costa, eventualmente también en aguas adyacentes (milla 201) , las mayores concentraciones se ubican desde la frontera norte y los 9°S y de los 11° a 17°S. Hasta 1999 la flota operó principalmente en la zona norte, como se observa en el año 1994; y posteriormente, a partir del 2000 también cubrieron la zona sur, especialmente durante los años 2001 y 2002 en el sur se reportaron concentraciones importantes del calamar gigante, desde las 20 mn hasta las 180 mn aproximadamente, en los últimos años la concentración del recurso se observa tanto al norte como al sur.



**Figura 2.** Desembarque anual de *D. gigas* por la flota industrial y artesanal entre 1991 y 2012

La captura mensual del calamar gigante registrada por la flota calamarera, presentó una estacionalidad marcada en el periodo 1991-1997, siendo invierno y primavera los trimestres de mayores capturas e índices de abundancia; en el periodo 1999-2011 la captura mensual de .la pota registró fluctuaciones menos notorias que en el periodo antes mencionado.

### **El recurso vinciguerría (*Vinciguerria lucetia*)**

Es un pez mesopelágico oceánico y en algunas oportunidades nerítico. Usualmente pequeño, de cuerpo alargado, dorso oscuro y lados plateados con una talla máxima de 7,5 cm. Presenta dos hileras de “fotóforos” a cada lado del vientre y a lo largo de todo el cuerpo. Sirve de alimento a especies como jurel, caballa, merluza, pota y túnidos. Presentan una distribución vertical entre 5 y 400 m. Sus mejores distribuciones se presentan entre 150 – 350 m. Generalmente se le encuentra con otros recursos como el esperlán plateado, los mictófidos y el calamar. Este recurso se encuentra ligado a Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) o aguas de alta salinidad.

En el Perú esta especie han empezado a ser evaluadas desde 1998, año en que se registró una biomasa de 11 millones 125 mil toneladas de la especie *Vinciguerria lucetia*. Conjuntamente con esta especie se ha evaluado el esperlán plateado *Leuroglossus urotronus* y al grupo mictófidido que incluye a los *Lampanyctus parvicauda*, *L. idostigma* y el *Myctophum nitiludum*.

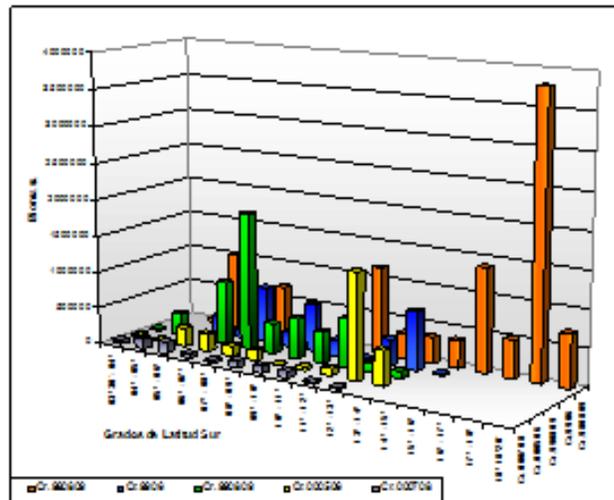
La migración ha sido detectada entre 2 m y 350m de profundidad. Es notoria su distribución nictameral en horas diurnas se encuentra profunda, con buenas concentraciones entre 200-300 m, 100-150 m y 50-70 m y en horas nocturnas en aguas más superficiales entre 2-70 m y 100-150 m. Durante la noche los

peces en las capas superiores estuvieron activos, nadando horizontalmente, mientras que los peces que permanecieron a profundidad a menudo fueron observados en estado inmóvil.

El forraje principal parece ser los crustáceos, siendo los ítems más importantes los copépodos, eufáusidos, ostrácodos, anfípodos y pequeños decápodos. Generalmente parece ser que la mayoría de los peces mesopelágicos se alimentan en forma oportunista, consumen cualquier alimento disponible dentro de los tamaños límites que ellos pueden manejar. Es muy difícil evaluar la ración diaria de comida que consumen en regímenes de digestión, los cuales no son conocidos. Se asume que sus estómagos se llenan una vez cada noche de alimentaciones cíclicas.

Existen muchas observaciones de que varias especies de peces y otros animales marinos se alimentan de peces mesopelágicos. En cuanto a la vinciguerría, se ha observado en varios cruceros que esta especie sirve de alimento a la merluza cuando esta abandona la plataforma continental, el jurel, la caballa y los cefalópodos, especialmente la pota o calamar gigante. Existe una evidencia conflictiva sobre la alimentación de los atunes con peces mesopelágicos si es que estos son un componente importante dentro de su dieta,

El análisis de biomásas latitudinales obtenidas de cinco cruceros realizados entre los años 1998 y 2000 se observan que las mejores concentraciones se encuentran en la parte sur del litoral peruano entre los 15° y 18°20' L.S., otra entre los 11° y 14° L.S. y en la parte norte entre los 05° y 08° L.S. Fig. 3



**Figura 3.** Biomásas latitudinales de vinciguerría durante el periodo 1998 y 2000

Especies como la vinciguerría y algunos peces linterna son materias primas de bajo contenido grasa, y que por sus tamaños se adaptan fácilmente para el procesamiento de una serie de productos secos, incluidos cocidos, sazonados o ahumados, de tradicional consumo en muchos de los países del sudeste asiático.

Estudios preliminares efectuados para la utilización de vinciguerría en la elaboración del Niboshi (nombre genérico para productos cocidos-secos en el Japón), han permitido establecer un alto grado de adaptación de estos recursos, considerando que cumplen con las especificaciones técnicas para el mencionado producto como son: tamaño, contenido de humedad, proteínas y grasa.

### **Referencias Bibliográficas**

BUITRON, B., E. MECKLENBURG y A. PEREA. 1998. Condición reproductiva de *Vinciguerría lucetia pacifici* durante el Crucero BIC Humboldt 9808-09. Inf. Inst. Mar Perú 141 : 34-41.

CORNEJO, R. y R. KOPPELMANN 2006. Distribution patterns of mesopelagic fishes with special reference to *Vinciguerría lucetia* Garman 1899 (Phosichthyidae: Pisces) in the Humboldt Current Region off Peru. Marine Biology 149: 1519–1537.

DIOSES, T. 2004. El recurso vinciguerría en el Perú. Rev. Pesca nov-dic 2004. 4-7

ITP, 1999. Alternativas tecnológicas para recursos pesqueros no explotados. Rev. Focus Año 2 N° 1 Setiembre 1999: 38 pp.

MARIATEGUI, L.R. 2009. Pesquería sostenible del calamar gigante *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) en el mar peruano. Tesis para optar el grado académico de Doctor. Universidad Nacional Federico Villareal. 195 pp.

SOLANO, A., A.TRESIERRA, V.GARCIA, T.DIOSES, W.MARIN, C.SANCHEZ y C. WOSNITZA MENDO. 2008. Biología y pesquería del perico. WEB IMARPE 23 pp.



## Usando análisis de isótopos estables para entender la ecología trófica del pez espada (*Xiphias gladius*) en el Océano Pacífico Sur Oriental

***Sebastian López K.\****

\*Centro de Investigación Marina Quintay CIMARQ. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Andrés Bello. Av. República 237, Santiago, Chile. slopez@unab.cl.

El pez espada (*Xiphias gladius*) es un predador de amplio espectro trófico en el Océano Pacífico Sur Oriental (OPSO). Se han realizado esfuerzos para entender sus patrones tróficos -a través de estómagos- donde todos encuentran una alta incidencia de los cefalópodos. El objetivo de este estudio fue usar los análisis de isótopos estables (SIA) para entregar una nueva visión en la ecología trófica de los peces espadas en OPSO.

Entre febrero y noviembre del 2012, 61 individuos fueron capturados con el objeto de obtener tejido muscular, los cuales fueron analizados para valores de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ). Se usaron modelos de mezcla con inferencias bayesianas. Para la información a prior fueron usados los contenidos estomacales de los mismos individuos capturados, además se utilizó una distribución dirichlet para incorporar los valores de dependencia en el modelo.

En términos generales los peces espadas se alimentaron en mayor parte de jureles (0.5) en aguas OPSO, totalmente diferente con los reportes anteriores. No se detectaron cambios ontogénicos en presas específicas, donde los jureles dominaron en todos los tamaños. Sin embargo, fue encontrado un incremento en la media de  $\delta^{15}\text{N}$  por tallas, lo que sugiere una tasa de alimentación diferencial, como también en los comportamientos alimenticios. Estos resultados demuestran como SIA pueden entregar una nueva visión para entender la trofodinámica de los depredadores marinos, sobre todo cuando estos son importantes económicamente en aguas del OPSO.



# Cefalópodos en la trama trófica de recursos pesqueros altamente migratorios, entre los años 2002 y 2012 en el océano pacífico sur oriental.

**Sergio Letelier<sup>1</sup>, Esteban Carreño<sup>2</sup>, Patricio Barría<sup>3</sup>, Andrea Rebolledo<sup>2</sup>, Pedro Báez<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Laboratorio de Malacología Museo Nacional de Historia Natural de Santiago de Chile (MNHNCL)

<sup>1</sup>Laboratorio de Carcinología, Museo Nacional de Historia Natural de Santiago de Chile (MNHNCL) sletelier@mnhn.cl; <sup>2</sup>Sociedad Malacológica de Chile (SMACH), <sup>3</sup>Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso

## Introducción

El presente trabajo aporta datos sobre la alimentación de tres tipos de peces, analizando principalmente los contenidos estomacales de pez espada, tiburón marrajo y tiburón azulejo. Entre el año 2002 y 2012 se realizó el seguimiento del análisis del contenido estomacal de *X. gladius*, recurso pesquero altamente migratorio, frente a las costas del centro Norte de Chile. El número de estómagos, analizados en el Laboratorio de Malacología del MNHNCL, correspondió a 689 unidades de ejemplares adultos, entre 50 y 80 cm de longitud (L). En 495 estómagos de pez espada se encontraron contenidos o restos de cefalópodos; en 190 estómagos, presencia de peces, excluyendo carnada; en 2 restos de crustáceos y en uno, un delfín nonato. Los peces fueron identificados en el Laboratorio de Ictiología del MNHNCL.

### Justificación del estudio

El actual trabajo realizado en el marco de la investigación sobre contenidos estomacales de peces altamente migratorios del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y el Museo Nacional de Historia Natural, tiene por objeto generar información sobre la alimentación de estas especies, principalmente pez espada, tiburón marrajo y azulejo y establecer el rol trófico que cumplen las especies de cefalópodos y otros grupos de invertebrados en las costas del centro Norte de Chile.

## Metodología

La clasificación de los cefalópodos se realizó a través de las mandíbulas inferiores de acuerdo a los criterios taxonómicos propuestos por Iverson y Piankas (1971), Wolff (1984), Clarke (1986) y Roper *et al.* (1988) así como las regresiones para peso por especie de Clarke, 1980. García-Tello, 1965 y Wolff 1982. Para el análisis cualitativo de los contenidos estomacales se utilizaron los métodos numérico (%N), de frecuencia (%FO), gravimétrico (%W) y el índice de importancia relativa (IIR).

## Resultados y conclusiones

El pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, es una especie pelágica, oceánica y altamente migratoria que se distribuye en zonas tropicales, templadas y en ocasiones frías, generalmente en aguas con temperaturas superficiales sobre los 13°C (Nakamura, 1985).

Este pez es un depredador oportunista de amplio espectro trófico. La ecología trófica del pez espada en el Océano Pacífico ha sido escasamente estudiada, aunque Markaida y Sosa-Nishizaki (1998) incrementan el conocimiento de los hábitos alimenticios del pez espada de Baja California. Daza et al. (2002) demuestra que en el Pacífico Suroriental no existen diferencias significativas en el consumo de cefalópodos por sexo, aunque es más marcada la presencia de cefalópodos en la dieta en los meses de invierno con respecto a los peces.

Ibáñez et al. (2004) estudiaron la alimentación de *X. gladius* frente a Chile (32°30' – 33°10'S) durante el invierno de 2003, encontraron que se alimenta de cefalópodos y peces principalmente, entre estos últimos destacan el jurel (*Trachurus murphyi*) y la sierra (*Thyrsites atun*). Daza et al. (2002), indican que en las cercanías de la Isla de Pascua en los veranos de 2001 - 2002, y en la pesquería palangrera frente a nuestras costas entre febrero y diciembre de 2001, el espectro trófico del pez espada aumenta de 6 a 34 especies conocidas, compuestos de 17 taxa de cefalópodos, 16 de peces óseos, un pez cartilaginoso y tres taxa de crustáceos, siendo, en términos de biomasa, los peces el grupo más importante en la dieta del pez espada (60,2 %), seguidos de los cefalópodos (39,4%). Yáñez et al. (2004) sobre la cordillera de Nazca (20°40' - 25°40'S), entre febrero y agosto de 2003, dan cuenta de la alimentación de peces espadas juveniles e indican que está sostenida en un 60% de cefalópodos, el resto está constituido por peces y crustáceos. Castillo et al. (2006), para el área frente a Talcahuano y la Isla Mocha y, alrededores del Archipiélago de Juan Fernández, en el período otoño - invierno de 2004, señalan a los cefalópodos con diez taxa y cuatro especies de teleósteos como parte de su alimentación. Letelier et al. (2009) estudian la alimentación del pez espada frente a Chile centro-norte durante el año 2005, concluyendo que los cefalópodos, principalmente *Dosidicus gigas* es el alimento principal, seguido de los peces óseos y crustáceos.

En relación a la diversidad sistemática de la clase Cephalopoda encontrada en los estómagos de *X. gladius*, ésta correspondió al Orden Teuthida, Familia Ommastrephidae, *Dosidicus gigas*, *Todarodes filippovae* y *Ommastrephes bartramii*; *Histioteuthidae*, *Histioteuthis heteropsis*, *H. hoylei*, *H. sp "A1"*, *Lychoteuthidae*, *Lychoteuthis lorigera* y *Lychoteuthis diadema*; *Chirotheuthidae*, con *Chirotheutis veranyi veranyi*; *Octopoteuthidae*, *Cirrothauma sp*; Orden Vampyromorphida, *Vampyroteuthidae*, *Vampyrotheutis infernalis*; Orden Octopoda, *Tremoctopidae*, *Tremoctopus violaceus gracilis*.

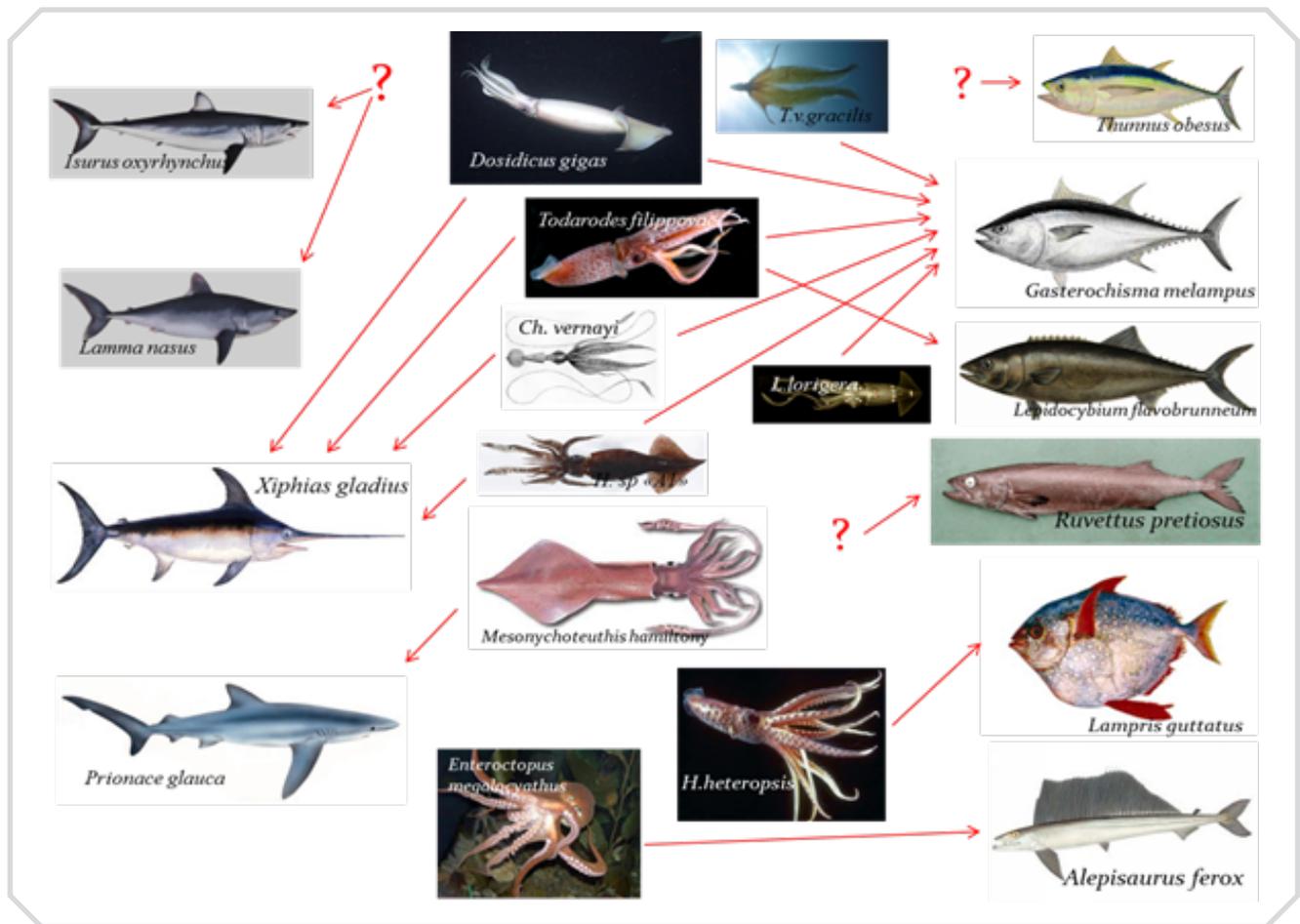
La frecuencia de especies de cefalópodos varía durante cada año pero *D. gigas*, en base al %IIR, se mantiene como ítem presa más importante en la alimentación del pez espada, tanto en %FO como en peso húmedo, corroborando a Pinkas et al., (1971).

El marrajo *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, es un tiburón epipelágico altamente migratorio (Compagno 1984, Compagno *et al.* 2005, López 2008). Su distribución ocurre desde aguas tropicales a frías (Acuña *et al.* 2002). En la zona del Pacífico suroriental, el marrajo es capturado como fauna concurrente (bycatch) de la pesquería palangrera industrial cuya especie objetivo es el pez espada (*Xiphias gladius* Linneaus, 1758) (Barría *et al.* 2006). No es común encontrar investigaciones sobre la alimentación de esta especie, sólo hay una mayor incidencia en el Océano Atlántico, como los trabajos de Stillwell & Kohler (1982) para el Atlántico Noroccidental, Vaske-Junior & Ricon-Filho (1998) suroriental, Cliff *et al.* (1990) en el área de SudÁfrica y Maia *et al.* (2007) para las costas de Portugal, reportan que peces teleósteos y cefalópodos son los ítems más importantes dentro de la dieta de *Isurus oxyrinchus*. En Chile no existen estudios sobre la dieta de *I. oxyrinchus*.

El azulejo *Prionace glauca* (L) es una especie epipelágica altamente migratoria que habita preferentemente aguas entre 7° y 25° (Compagno *et al.*, 2005). Los estudios de alimentación de azulejo han sido hechos principalmente en aguas del Pacífico Norte y el Atlántico, en ellos ésta especie presenta un amplio espectro trófico (Cortés, 1997, 1999), el cual incluye cefalópodos y peces epipelágicos como sus presas más importantes (Cortés, 1999). En el Pacífico Sur Oriental, la dieta del azulejo no ha sido estudiada. Si ha sido estudiada la dieta del tiburón martillo *Sphyrna lewini*, capturado en el Pacífico ecuatoriano, indicando que las muestras analizadas, de acuerdo al índice de importancia relativa, los cefalópodos *Histioteuthis* spp (22,7%) y *D. gigas* (21,9%) fueron las presas principales (Estupiñán-Montaña *et al.*, 2009).

En relación a los peces óseos *Cubiceps pauciradius* aparece como el segundo ítem en la alimentación del pez espada, sin embargo se desconoce la distribución y abundancia de esta especie en el Océano Pacífico Oriental. Dentro de los crustáceos, predomina *Haliporoides diomedea*.

Se establece que en el análisis de la trama trófica propuesta para los peces altamente migratorios, como el pez espada, tiburón marrajo y tiburón azulejo, los cefalópodos son el principal componente de su dieta, particularmente *Dosidicus gigas* en este sector del Océano Pacífico Sur Oriental, seguidos de peces óseos entre el año 2002 y 2012.



**Fig. 1.** Trama trófica simplificada de cefalópodos en la dieta de peces pelágicos del Océano Pacífico Sur Oriental frente a Chile (2010-2012). Se destaca el rol de la especie *D. gigas*. (Los signos de interrogación corresponden a ausencia de presas en la dieta para este estudio).

## Referencias

- ACUÑA, E., JUAN C. VILLARROEL & RODRIGO GRAU 2002. Fauna íctica asociada a la pesquería del pez espada (*XIPHIAS GLADIUS LINNAEUS*) Gayana 66(2): 263-267.
- BARRÍA P, M DONOSO, J AZÓCAR, F CERNA, V CATASTI, C BERNAL & H MIRANDA. 2006. Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación situación recursos altamente migratorios, 2005. Informe Final. IFOP-SUBPESCA: 1-140.
- CASTILLO, K, C.M. IBAÑEZ, C. GONZÁLEZ y J. CHONG. 2006. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 en distintas zonas de pesca frente a Chile Central durante el otoño de 2004. Revista de Biología Marina y Oceanografía 42(2): 149-156.
- Clarke, M.R. 1980. Cephalopoda in the diet of sperm whales of the southern hemisphere and their bearing on sperm whale biology. Discovery Reports 37, 1-324.

- CLARKE M.R. 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press, Oxford. : pp.273.
- CLIFF, G., S.F.J. DUDLEY & B. DAVIS. 1990. Sharks Caught in the Protective Gill Nets off Natal, South Africa. 3. The Shortfin Mako Shark *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque). S. Afr. J. Mar. Sci. 9: 115-126.
- COMPAGNO LJV. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part. 2 Carcharhiformes. FAO Fisheries Synopsis 4(2): 1-269.
- COMPAGNO LJV, M DANDO & S FOWLER. 2005. Sharks of the world. Princeton Field Guides, 368 pp. Princeton University Press.
- CORTES E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 54: 726-738.
- CORTES E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES Journal of Marine Science 56: 707-717.
- DAZA, E., C. OYARZÚN, G. AEDO y M. DONOSO. 2002. Dinámica trófica del pez espada *Xiphias gladius* en el Pacífico Sur oriental. Resúmenes XXII Congreso de Ciencias del Mar, Valdivia, Chile.
- GARCIA-TELLO, P. 1965. Utilización de la mandíbula inferior de la jibia *Dosidicus gigas* (D'Orb.) en el cálculo su peso total (Mollusca, Cephalopoda, Ommastrephidae). Rev. Biol.Mar. 12 (1,2y 3): 185-198.
- ESTUPIÑAN-MONTAÑO, C., L.G: CEDEÑO-FIGUEROA y F. GALVÁN-MAGAÑA. 2009. Hábitos alimentarios del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834)(Chondrichthyes) en el Pacífico ecuatoriano. Rev. biol. mar. oceanog..v.44 n.2. Valparaíso, Chile.
- IBÁÑEZ, C.M., C. GONZÁLEZ y L. CUBILLOS. 2004. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, en aguas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 32(2):113-120.
- IVERSON, I.L. y L. PINKAS. 1971. A pictorial guide to beaks of certain Eastern Pacific Cephalopods. Food Habits. Fish Bulletin 152: 83 – 10.
- LETELIER, S. y R. MELÉNDEZ C. 2009. Alimentación del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) y antecedentes sobre contenidos estomacales de los tiburones marrajo (*Isurus oxirinchus* Rafinesque, 1810) y Azulejo (*Prionace glauca* Linnaeus, 1758) frente al norte de Chile, en 2007. Informe Seguimiento de recursos altamente migratorios Enero 2009

- LÓPEZ S. 2008. Alimentación y relaciones tróficas de peces oceánicos altamente migratorios en el Pacífico Sur Oriental. Tesis para optar al grado de Magíster en Biología Marina, Facultad de Ecología y Recursos Naturales. Universidad Andrés Bello, Santiago, 90 pp.
- MAIA A, N QUEIROZ, J CORREIRA & H CABRAL. 2007. Food habits of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, off the southern coast of Portugal. *Environmental Biology of Fishes*. 77: 157-167.
- MARKAIDA, U. y O. SOSA-NISHIZAKI. 1998. Food and feeding of swordfish, *Xiphias gladius* L., caught off western Baja California. In I. Barret, O. Sosa-Nishizaki, y N. Bartoo (eds.), *Biology and fisheries of swordfish, Xiphias gladius*, p. 245-259. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 142.
- NAKAMURA, I. 1985. Billfishes of the world: an annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes know to date. *FAO Fish. Synop.* 125(5):1- 65.
- PINKAS, L., M. S. OLIPHANT, y Z. L. IVERSON. 1971. Food habits of Albacore bluefin tuna and bonito in California waters. *Dep. Fish & Game Fish. Bull.* 152: 1-105.
- ROPER, C.F., M.J. SWEENEY y M.R. CLARKE. 1988. Cefalópodos. En: W. Fischer & J.C. Hureau. *Océano Austral. Área de la convención CCAMLR, áreas de pesca 48, 58 y 88. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de pesca.* FAO. Vol. I:117–205.
- STILLWELL E & E KOHLER. 1982. Food, feeding habits, and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 39: 407-414.
- VASKE-JUNIOR T & G RINCON-FILHO. 1998. Stomach content of blue sharks (*Prionace glauca*) and anequim (*Isurus oxyrinchus*) from oceanics waters of southern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 58(3): 445-452.
- WOLFF, G.A. 1984. Identification and estimation of size from the Beaks of 18 species of Cephalopods from the Pacific Ocean. *NOAA Technical Report NMFS* 17:50 pp.
- YAÑEZ, E., C. SILVA, J. MARABOLÍ, F. GÓMEZ, N. SILVA, E. MORALES, A. BERTRAND, J. CAMPALANS, A. GAMONAL, J. CHONG, P. ROJAS, B. MENARES Y J. SEPÚLVEDA. 2004. Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada. *Informe Final FIP 2004-2.* 389 págs.

# Avances en los estudios trofodinámicos del calamar gigante y otros meso-depredadores

*Pepe Espinoza Silvera*

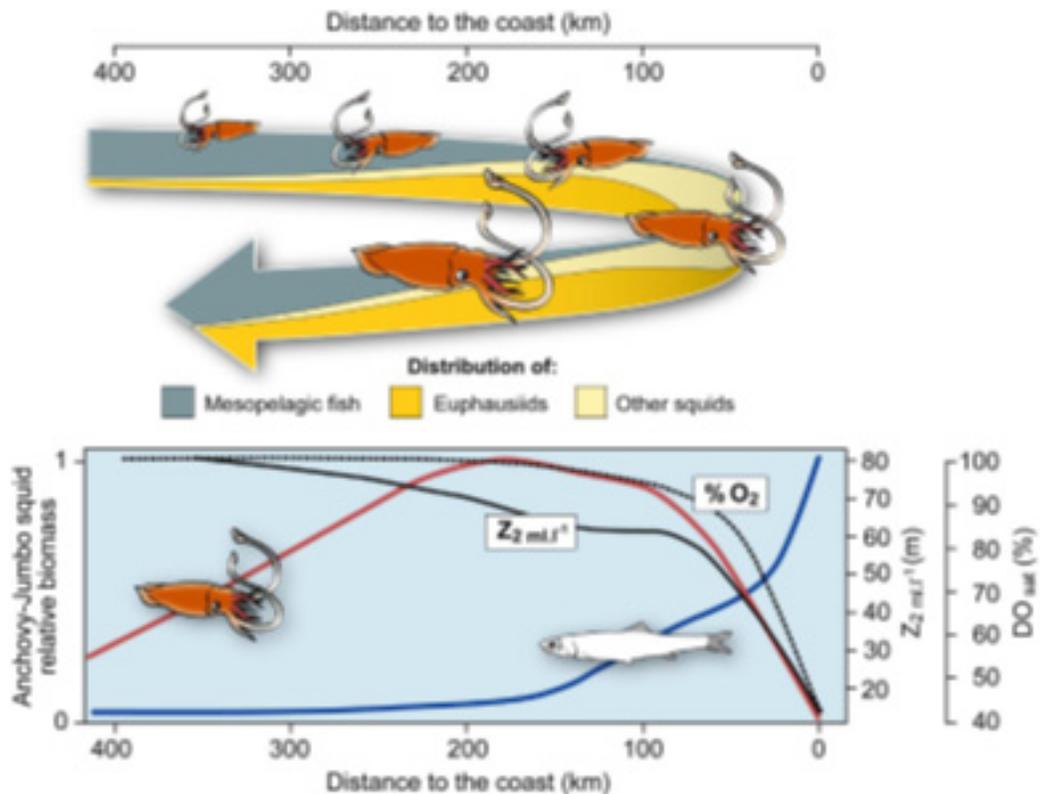
Área Funcional de Investigaciones de Peces Demersales, Bentónicos y Litorales (AFIPDBL), Instituto del Mar del Perú, IMARPE, Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú. [pepinoza@imarpe.gob.pe](mailto:pepinoza@imarpe.gob.pe).

Los estudios trofodinámicos en el IMARPE han ido incorporando progresivamente a otras especies cuyo rol trófico necesita ser revisado. Tenemos el caso de tres especies tales como el calamar gigante *Dosidicus gigas*, el perico *Coryphaena hippurus* y el bonito *Sarda sarda chiliensis*. Para este efecto se ha revisado la información disponible y se tiene el siguiente panorama:

## **Calamar gigante (*Dosidicus gigas*)**

Al igual que en otros ecosistemas, esta especie juega un rol muy importante como depredador y presa. Puede migrar hasta 1200 m de profundidad, impactando probablemente el flujo de energía desde la superficie hacia la profundidad, lo que ligado a su rol depredador puede afectar a otros componentes del ecosistema. Recientemente, debido a la expansión de su área de distribución se planteó la posibilidad que depreda fuertemente a la anchoveta. Es por ello que se dedicó especial atención a este caso y se revisó toda la información disponible.

De este modo, la información de dieta del periodo 2004-2011, fue analizada mediante algunos métodos estadísticos a una serie de 3618 estómagos colectados frente a la costa peruana. Se reconocieron 55 presas y se descartó la hipótesis que selecciona la presa más abundante y de mayor contenido energético dentro de la oferta alimentaria presente ignorando a las otras presas disponibles. Es así que aplicando modelos multinomiales se determinó que la mayor llenura estomacal se asocia con mayor número de especies mientras que a menor llenura se encontraron de una a dos presas. Esto refuta la hipótesis que el calamar gigante localiza visualmente densas agregaciones mono-específicas.



Adicionalmente, se observó que consume poca anchoveta a pesar de la gran disponibilidad frente a la costa peruana. Al parecer no puede alcanzar las aguas insaturadas de oxígeno superficial y cerca de la costa donde habita la anchoveta. Por lo tanto la co-ocurrencia de ambas especies estaría limitada por la concentración de oxígeno e impidiendo la relación depredador-presa. Para este caso se propuso un modelo conceptual que grafica esta relación (Alegre *et al.* 2014).

### Perico (*Coryphaena hippurus*)

Generalmente a esta especie se le ha catalogado como una especie voraz y oportunista, que presenta un amplio espectro trófico relacionado con el ambiente epipelágico. En un estudio preliminar durante el período 1998-2014, frente a la costa peruana, se ha reconocido 55 presas. Asimismo, dentro de las 30 millas náuticas de distancia de la costa, los individuos menores de 70 cm pueden depredar anchoveta, calamar gigante y otros peces costeros, siempre y cuando se aproximen a esta zona. Los individuos mayores de 70 cm ingieren principalmente *Vinciguerria lucethia* y peces voladores de la Familia Exocoetidae. Esta visión inicial aún necesita de mayor información que permita determinar con mayor precisión el rol ecológico específico.

### **Bonito (*Sarda sarda chiliensis*)**

Esta especie se considera como depredadora del subsistema pelágico, alimentándose mayormente de clupeidos y pequeños crustáceos. La presa más importante es la anchoveta y se ha establecido que tiene un efecto moderado sobre el stock de anchoveta (Pauly et al. 1987). Resultados preliminares del periodo 1998-2013, concuerdan en términos generales con estudios anteriores. Sin embargo, dentro de las 10 millas náuticas de distancia de la costa, los individuos menores de 30 cm se alimentan de anchoveta y peces costeros mientras que entre las 50 y 70 millas incrementan la ingesta de otros peces. En toda el área de estudio la anchoveta estuvo presente entre un 50 y 81.3% en la dieta. Se necesita reforzar estos estudios con otras variables que den a entender con mayor precisión el rol trófico que desempeñan.

### **Referencias:**

- ALEGRE A, MÉNARD F, TAFUR R, ESPINOZA P, ARGUELLES J, MAEHARA V, SIMIER M, BERTRAND A. 2014. Comprehensive model of jumbo squid *Dosidicus gigas* trophic ecology in the northern Humboldt Current system. PLoS ONE 9(1): e85919. doi:10.1371/journal.pone.0085919
- PAULY D, CHIRINOS DE VILDOSO A, MEJIA J, SAMAME M, PALOMARES ML. 1987. Population dynamics and estimated anchoveta consumption of bonito (*Sarda chiliensis*) off Peru, 1953 to 1982. In: Pauly, D., Tsukayama, I. (Eds). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. ICLARM Studies and Reviews 15, pp. 248-267.



# Alimentación de Cetáceos: Odontocetos *Physeter macrocephalus* o Cachalote y Mysticetos, *Megaptera novaeangliae* o Ballena Jorobada

**Anelio Aguayo Lobo**

Departamento Científico - Instituto Antártico Chileno

## Introducción

La separación entre Odontoceti y Mysticeti indica las diferencias en su alimentación. Los Odontocetos son masticadores o raptoriales, y los Mysticetos son filtradores. Los Odontocetos se pueden agrupar en consumidores de peces (ictiófagos), calamares (teutófagos) y carne (sarcófagos). Los Mysticetos que se alimentan de plancton y micro-necton, se denominan planctófagos.

Aunque los Odontocetos pueden tener dientes en las maxilas y mandíbulas, los dientes tienden a la homodoncia y a disminuir en número, modificando la forma de atrapar y deglutir el alimento.

## Odontoceti: Cachalote

En esta especie polígama la vida de la hembra es eminentemente social, siempre está acompañado de otras hembras con sus respectivas crías.

Las hembras, que acompañan a la hembra madre matriarca, son parientes cercanas o son sus descendientes directos. De esta forma, el elemento básico de la sociedad del Cachalote es la Unidad Familiar, compuesta por unas doce hembras y sus respectivas crías de diferentes edades, entre uno y tres años. A veces, durante las migraciones se pueden registrar 30 a 40 hembras desplazándose juntas. Las hembras defienden a sus crías de sus predadores, adoptando una formación parecida a una flor denominada Margarita (*Bellis perennis*), con la cabeza hacia el centro (**1**), donde se ubican las crías, para defenderlas del ataque de Orcas, *Orcinus orca*. Otros investigadores (**2**) denominan a esta formación "Roseta".

Los machos jóvenes se separan de las unidades familiares entre las cuatro y cinco años hasta los 15 o 18, formando grupos denominados "solteros". De esta manera, cuando alcanzan la madurez sexual y luego la madurez social entre los 19 y 22 años, intentan cada uno de ellos de formar su propio harem.

## Alimentación

Cuando esta especie se alimenta, los ejemplares realizan inmersiones profundas sobrepasando normalmente los 500 y 600 metros, pudiendo llegar hasta los 1500-2000 metros de profundidad, especialmente los machos. Después de cada inmersión, los ejemplares ventilan respirando un período de 5 a 8 minutos. Sus buceos a veces son casi verticales, lo mismo que su ascenso, excepto cuando son perseguidos por los cazadores balleneros.

Se conoce que los cachalotes usan el sonar biológico para localizar a sus presas con longitudes de onda determinadas; se comunican también unos con otros con diferentes longitudes de onda, y navegan con otras frecuencias. Este sistema se denomina eco-ubicación o Echo-location. Según diversos autores (3); (4); (5); (6); (2), los calamares constituyen el principal alimento de los cachalotes, seguido por los peces demersales y pelágicos.

Entre 1959 y 1962 se examinaron y muestrearon en aguas de Perú y de Chile los estómagos de 1409 machos y de 994 hembras de Cachalote (7; 6). Se obtuvieron 8561 restos de calamares grandes o jibias, perteneciendo 8373 restos a la especie *Dosidicus gigas* (Cabezas y cuerpos de calamares). Las otras dos especies encontradas fueron *Ansistrocheirus lesueurii*, presente solo en 0.36% de los machos y en 0.64% de las hembras y el calamar *Histioteuthis sp.* presente en el 0.38% en los estómagos de las hembras, pero no en el de los machos.

Aunque (5) en un trabajo previo informaron que *Dosidicus gigas* contribuyó solo en un 3.6% en número y un 32% del peso de la biomasa de calamares como presas del Cachalote del Pacífico Suroriental, nuestro punto de vista fue que las otras especies de calamares fueron alimento de *Dosidicus gigas* y no de los Cachalotes en forma directa. Por tanto, para nosotros (7) la dieta de *Physeter macrocephalus* en aguas del Pacífico Suroriental es prácticamente mono específica. Sin embargo, (8) estudiando la alimentación del cachalote en aguas ecuatorianas adyacentes a las islas Galápagos, analizando fecas de Cachalotes recolectadas en el mar, no encontraron picos de *Dosidicus gigas* sino que picos de calamares más pequeños, concluyendo que los Cachalotes en las aguas del Pacífico Suroriental tienen una dieta variada, la cual incluye a *Dosidicus gigas* y otras especies de calamares.

## Capturas de *Dosidicus gigas* en el Pacífico Suroriental

En el Cuadro, se muestran las capturas de *Dosidicus gigas* en las aguas del Pacífico Suroriental, (Fuente: FAO, en el trabajo de (8)).

**Cuadro: Captura de *Dosidicus gigas* expresado en toneladas métricas del Pacífico Suroriental**

Año	Capturas, <i>Dosidicus gigas</i> , (Tm)	Año	Capturas, <i>Dosidicus gigas</i> , (Tm)
1984	16	1992	58291
1986	15.709	1993	119388
1986	964	1994	192831
1987	84	1995	99393
1988	852	1996	36807
1989	2992	1997	31666
1990	9263	1998	718
1991	39914		

La jibia o calamar gigante, *Dosidicus gigas*, según (9) en Perú se le denomina “Pota”. Los ejemplares adultos de esta especie miden en promedio 2,20 m y pesan en promedio 6.5 kilos. La longitud estándar de las jibias comprende el cuerpo y los brazos pero no se toman en cuenta los tentáculos.

En los cuadros 24 – 41 del trabajo de (6), se calculó que un macho adulto de Cachalote de 17 a 18 metros de largo y con un peso de 65 toneladas consume hasta saciarse un promedio de 666 kilos de calamares. Al día, el Cachalote come con una frecuencia de 3,5 veces, consumiendo al día 2330 kilos de calamar. Por tanto, el consumo anual de una población de Cachalotes macho estimada en 29.629 ejemplares (23.529 –40.000) y de 18417 hembras (11882 – 40926), se calculó en 8,6 millones de toneladas (6 millones – 13 millones) en el Pacífico Suroriental (10).

La madurez sexual del Cachalote macho, se alcanza a los 12,5-13 metros promedio de largo (11) y la madurez social se logra entre los 14 y los 15 metros (7).

Según (12) la población de Cachalotes era de alrededor de 48000 ejemplares; y estaba empezando a caer del rendimiento máximo sostenido, llevando a la comisión ballenera internacional a declarar la veda total de la especie en el Pacífico Suroriental 20 años después, es decir en 1982.

### **Mysticeti: Ballena Jorobada**

La cabeza de los mysticetos se ha modificado, agrandando la cavidad bucal para poder dar cabida a las barbas, que constituyen el aparato filtrador de las ballenas.

Las barbas son diferentes en tamaño, grosor y coloración en cada especie de ballena. Cada barba es una lámina triangular de queratina que en su borde interno está deshilachado en flecos semejantes a pelos gruesos, que conforman la parte más fina de la estructura filtradora de las ballenas. Las barbas se insertan en los bordes externos del paladar, sumando entre 150-180 unidades a cada lado del mismo, variando así en cada ejemplar de ballena entre 300-400 unidades.

En los misticetos se han descrito tres formas de capturar el alimento para después filtrarlo y deglutirlo. La primera es la denominada desnatadora o “skimming”, segunda las engullidoras o “gulping” y tercera, las aradoras del fondo marino, como la Ballena gris (*Eschrichtius robustus*) de Baja California, México. Ejemplo de las desnatadoras son los miembros de la familia Balaenidae, como la Ballena franca del sur, *Eubalaena australis*. Ejemplo de los engullidores son los miembros de la familia Balaenopteraeidae o rorcuales; grupo al cual también pertenece la Ballena jorobada, especie que captura su alimento en la parte superior de la columna de agua, es decir, entre los 0 a 200 m de profundidad, emitiendo redes de burbujas.

Esta especie de rorcual se distribuye en todos los mares del mundo, siendo por tanto una especie cosmopolita, altamente migratoria, cambiando de lugar para alimentarse en altas latitudes y para reproducirse en bajas latitudes; es decir, se alimenta en los meses de verano-otoño en aguas polares productivas y se reproduce en los meses de invierno-primavera en aguas tropicales o ecuatoriales (13). En Chile, se le ha registrado en aguas del ecosistema de Humboldt, desde Arica hasta el Sur de Chiloé, golfo Corcovado en los 43-44 ° S, y en las aguas de la Corriente del cabo de Hornos hasta los 56°S, en el Archipiélago de las Islas Diego Ramírez; sin mencionar a las aguas del sector Antártico chileno, donde es posible observarlas durante todos los meses del verano (14).

El Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional, reconoce 7 unidades poblacionales en el hemisferio Sur, una de las cuales corresponde a las aguas del Pacífico Sur Oriental denominado Stock G. Estos ejemplares se alimentan en aguas al oeste de la península Antártica en los meses de verano; así como, en las aguas del Estrecho de Magallanes y del Golfo Corcovado (15; 16 y 21) Los ejemplares adultos de la ballena jorobada miden entre 15-16 m, siendo las hembras 1 m más grande que los machos. Sus características morfológicas más notorias son sus aletas. Las aletas pectorales son muy largas, cuya longitud se ha estimado en un tercio de la longitud total del cuerpo. La aleta dorsal es baja, y está localizada encima de un solevantamiento (joroba) situado en la parte posterior del dorso. La aleta caudal es importante para la identificación en el mar de la especie, pues presenta su borde posterior aserrado, semejante a los dientes de un serrucho, los cuales varían en cada individuo, así como también varía la coloración blanco y negro que presenta la aleta caudal en su cara inferior o ventral.

### Alimentación en el Hemisferio Sur

En el hemisferio sur en aguas Antárticas esta especie de misticeto se alimenta de krill, *Euphausia superba* (17; 18). En aguas de África del Sur y en Australia esta especie consume sardinas (*Sardinops sagax*) y otra especie de eufáusidos, *Nyctiphanes australis* (19).

En Chile, en aguas del estrecho de Magallanes (53-54°S) se alimenta de langostinos (*Munida gregaria*), de eufáusidos (*Euphausia lucens*) y de sardinas (*Spratus fueguensis*) (20; 21) variando la proporción de sus presas en las diferentes temporadas y en los meses de una misma temporada.

En el golfo Corcovado (43-44°S) se alimenta de krill (*Euphausia valentini*) y de *Munida spp.* (15). Las especies de peces disponibles para servir de alimento a la Ballena jorobada en el golfo Corcovado serían *Engraulis ringens* (anchoveta), *Strangomera bentincki* (sardina común) y *Sprattus fueguensis* (sardina fueguina) (22).

En la isla Chañaral (29°02`S) y en las islas Choros y Damas (29°13-14`S) se ha informado la presencia de *Euphausia mucronata*, como alimento del Rorcual común (*Balaenoptera physalus*) (23) los peces disponibles para presas de la Ballena jorobada en esas aguas podrían ser según (24), la anchoveta *Engraulis ringens* y la sardina común *Strangomera bentinckii*.

### Tamaño poblacional

Estimaciones parciales de (25), para las aguas antárticas en el Área 1, variaron entre 663 y 3851 ejemplares; sin embargo, el tamaño poblacional del Pacífico Suroriental es aún mayor, debido a que en el Catálogo de las Ballenas jorobadas para esta área de estudio, figuran 4561 ejemplares diferentes. Para la Unidad de ballenas en el estrecho de Magallanes el Catálogo indica 144 ballenas diferentes, representando el 3.2% del total del Pacífico Suroriental.

### Agradecimientos

A los organizadores del Taller Binacional, Subsecretaría de Pesca e Instituto de Fomento Pesquero, y al Instituto Antártico Chileno, junto con los colegas D. Haro, G. Garrido y B. Cáceres.

### Referencias

1. Nishiwaki, M. 1962. Norsk Hvalfangsttid; 51: 395 -398.
2. Whitehead, H. 2003. The University of Chicago Press. Chicago. 431 págs.
3. Mathews, L.H. 1938. Discovery Report, 17: 93 – 168.
4. Clarke, R. 1956. Discovery Report, 28: 237 – 298.
5. Clarke, M., N. Mackleod y O. Paliza. 1976. Journal Zoology, 180: 477 – 493.
6. Clarke, R., O. Paliza y A. Aguayo – Lobo. 1988. Investigation of Cetacea 21; University of Berne, 386 págs.
7. Clarke, R., O. Paliza y A. Aguayo Lobo. 1980. Rep. Int. Whal. Comm, 30: 289 – 305.
8. Smith, S.C y H. Whitehead. 2000. The diet of Galapagos sperm whales *Physeter macrocephalus* as indicated by fecal simple analysis. Mar. Mammal Sci, 16: 315 – 325.
9. Vinatea, J. E. 1965. Estudio cuantitativo del contenido estomacal del cachalote en el área de Pisco (1961 – 1963). Tesis de Bachiller Universidad Nacional de San Marcos, Lima. 101 págs.
10. Clarke, R., O. Paliza y A. Aguayo – Lobo. 1993. Boletín de Lima. 87: 73 – 78.
11. Aguayo Lobo, A. 1963. Montemar, 11: 99 – 25.
12. Saetersdahl, G., J. Mejía y P. Ramírez. 1963. Vol. Inst. Invest. Rs. Mar. Callao, 1: 45 – 84.
13. Aguayo Lobo, A., J. Acevedo y S. Cornejo. 2013. La Ballena Jorobada, Conservación en el Parque Marino Francisco Coloane. Fundación Biomar. Ocho libros Editores. Santiago. 180 págs.
14. Aguayo Lobo, A., D. Torres y J. Acevedo. 1998. Serie Científica INACH, 48: 19 – 169.
15. Hucke-Gaete, R., D. Haro, J. Torres Flores, Y. Montecinos, F. Vidli, L. Bedriñana Romano, M. Nery y J.

- Ruiz. 2013. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem. DOI: 10. 1002/aqc. 2343.
16. Haro, D. 2009. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 99 págs.
  17. Mathews, L.H. 1937. Discovery report 17: 7 – 92.
  18. Mackintosh, N.A. 1965. Bucjland Foundation, Fishing News (Books) Ltd. London, 232 págs.
  19. Gill, P. E y K. J Evans. 1998. Records of the Queen Victoria Museum Raunceston, 107: 1-5
  20. Acevedo, J., J. Plana, A. Aguayo – Lobo y L. Pastene. 2011. Rev. Biol. Mar y Oceanogr. 46 (3): 483 – 490.
  21. Haro, D. 2013. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Magallanes. Punta Arenas, Chile. 142 págs.
  22. Aranís, A., A. Gómez, L. Caballero y G. Eiseler. 2012. XXXII Congreso de Ciencias del Mar. Octubre. Punta Arenas, Chile.
  23. Pérez, M. J., F. Thomas, F. Uribe, M. Sepúlveda, M. Flores y R. Moraga. 2006. Aquatic Mammals 32 (1): 109-113
  24. Reyes, P. y M. Hune. 2012. Ocho libros Editores. Santiago, 497 págs.
  25. Stevick, P., A. Aguayo Lobo, J.M Allen, K. Chater, L. Dallas Rosa, C. Olavarría y E. Sacchi. 2006. Report SC/A06/HW54/IWC. Howard, Australia 3-7 Abril 2006.

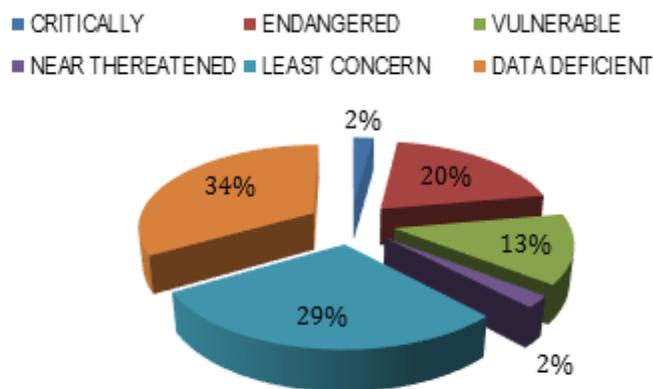
# Interferencia del lobo marino común con la pesca y acuicultura en Chile: Propuesta de Plan de Manejo.

**Doris Oliva <sup>(1,2)</sup> & René Durán <sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup>Instituto de Biología, <sup>(2)</sup> Centro de Investigación y Gestión de los Recursos Naturales (CIGREN), Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Gran Bretaña 1111, Playa Ancha, Valparaíso. Doris.Oliva@uv.cl

De acuerdo al Informe del World Ocean Assessment en su capítulo 37 referente a los mamíferos marinos (Smith *et al.*, 2014) se menciona que las interacciones tanto directas como indirectas con actividades humanas han afectado a la mayoría de las especies de mamíferos marinos al menos en cierto grado. Aun cuando la explotación directa ha disminuido en las últimas décadas, las actividades humanas continúan reduciendo la disponibilidad y la calidad del hábitat para los mamíferos marinos, lo que hace que la recuperación de las poblaciones alcanzando los niveles históricos no sea factible. Adicionalmente, las muertes accidentales debido a la interacción con los aparejos de pesca o choques con las embarcaciones continúan siendo un impacto considerable. En el caso de los pinnipedios existió una gran explotación entre los siglos XVIII al XX orientado al uso de su grasa y piel llevando algunas especies a la extinción y otras a disminuir sus poblaciones. Sin embargo algunas poblaciones se han recuperado y en algunos casos han recolonizado habitats donde habían estado ausente por mucho tiempo.

En América del Sur se distribuyen 46 especies de mamíferos marinos (6 Mysticetos, 25 Odontocetos, 5 Focidos, 6 Otáridos, 2 Mustelidos y 2 Sirenidos) y representan el 37% de la biodiversidad mundial. Sin embargo, si analizamos el estado de conservación de las especies (UICN, 2014) llama la atención que el 34% de las especies la información disponible para su calificación es deficiente.



**Figura 1:** Estado de conservación de los mamíferos marinos en América del Sur.

El Plan de acción para la conservación de los mamíferos marinos en el Pacífico Sudeste considera 4 componentes, el primero asociado a la formulación y/o revisión de políticas que incorpore el estudio de las legislaciones nacionales y convenios internacionales, el segundo aborda los avances en el conocimiento científico, el tercero considera la aplicación de medidas para la conservación de los mamíferos y el cuarto la educación ambiental y capacitación. El desarrollo de este plan considera dar prioridad a las especies y poblacionales cuya sobrevivencia está amenazada por interacciones antrópicas; el establecimiento de un sistema de información regional sobre mamíferos marinos; identificación de zonas críticas de conflicto con las pesquerías y determinación de abundancia, distribución y otros aspectos biológicos y ecológicos básicos.

En Chile recientemente se forma el Grupo de Trabajo de Mamíferos Marinos, como parte del Comité Científico de Recursos Altamente Migratorios, Condictios y Biodiversidad. Este Grupo de Trabajo abordará un Plan de acción para la conservación de los mamíferos marinos en Chile y los principales desafíos a abordar son la determinación de la abundancia poblacional, distribución, estado de conservación, factores de amenaza e interacción con actividades antrópicas.

En Chile, el lobo marino común *Otaria byronia*, es el mamífero marino que presenta interacción con la pesca y acuicultura. Además se ha descrito la interacción del cachalote con la pesca de bacalao (Hucke-Gaete *et al*, 2004). El lobo marino común (LMC), se distribuye en América del Sur y las colonias reproductivas se encuentran desde Zorritos en Perú (4°S) por el Océano Pacífico hasta Torres en Brasil (29°S) por el Océano Atlántico (Crespo *et al*, 2012). De acuerdo a los últimos censos realizados (Durán *et al* 2011, Oliva *et al*, 2013) se estima que la población del lobo marino común sería de 500.000 animales en toda su área de distribución y en Chile cerca 180.000, con una concentración de animales en la zona norte (XIV, I y II Región) y otra en la zona sur (X y XI Regiones).

Las poblaciones del lobo marino común interfieren con la pesca artesanal y los centros de cultivos de salmones, alimentándose de la pesca y causando daño a las artes y aparejos. Durante la época no-reproductiva las interacciones se intensifican y los pescadores artesanales reclaman a la autoridad pesquera por las pérdidas económicas generadas por la interacción. Como una forma de resolver los conflictos y conservar las poblaciones del LMC, la Subsecretaría de Pesca decidió generar un plan de acción y de manejo para el LMC en la zona sur de Chile.

Para diseñar el plan de acción se generó una mesa público-privada en el seno del Consejo Zonal de Pesca en la X Región aplicando una metodología de talleres participativos. Se definieron y validaron los actores relevantes (stakeholders), se estableció la estrategia participativa a utilizar, la estructura para la toma de decisiones, una visión compartida y la planificación de la gestión del plan de manejo en base a un cronograma de actividades.

Se trabajaron tres de las cuatro fases del Plan de Manejo con el apoyo del Grupo Técnico Asesor (GTA) constituido por especialistas nacionales en lobos marinos y con un enfoque basado en el desarrollo sustentable.

La *Fase Descriptiva* del Plan de manejo incorporó una descripción de los ejes económico y sociales asociados a las actividades de pesca artesanal, salmonicultura y turismo; una actualización de la abundancia poblacional del LMC como parte de la descripción del eje de los recursos y el registro de la interacción entre lobos marinos y pesca artesanal.

En la *Fase de Ordenamiento* se diseñaron 13 medidas de mitigación, 5 para la pesca artesanal, 5 para la salmonicultura y 3 para la conservación del LMC y se desarrollaron indicadores biológicos (tendencia poblacional y salud), sociales (bitácoras de denuncias) y económicos (registro de mortalidad de peces, valorización de pérdidas) para evaluar la eficacia de las medidas.

En La *Fase operativa* se generó un Plan de Investigación quinquenal valorizado para actualizar el Plan de Manejo y monitorear el desempeño de los indicadores. Los proyectos se agruparon en 5 áreas: Estudios de interacción, Conservación y manejo, Alimentación, Dinámica poblacional y Monitoreo poblacional.

El plan de acción para el LMC fue presentado en otras regiones para su análisis y adaptación a la problemática local. Una evaluación ex post de la aplicación del plan de manejo permite indicar que de las 13 medidas propuestas se abordaron 11 de ellas.

#### **Literatura Citada:**

Crespo, E., D. Oliva, S. Dans & M. Sepúlveda. 2012. Estado de situación del lobo marino común en su área de distribución. Editorial Universidad de Valparaíso CPPS, Plan de Acción para la conservación de los mamíferos marinos en el Pacífico Sudeste. 15pp

Durán, R., D. Oliva, M. Sepúlveda & A. Urra. 2011. Interacción entre el lobo marino común y la salmonicultura en Chile: buenas prácticas para su mitigación.

Hucke-Gaete, R., C.A. Moreno & J. Arata. 2004. Operational interactions of sperm whales and killer whales with the Patagonian toothfish industrial fishery off southern Chile. CCAMLR Science 11:127-140.

Oliva, D., M. Sepúlveda, L. R. Durán, A. Urra, W. Sielfeld, R. Moraga, G. Pavés & L. Muñoz. 2012. Cuantificación poblacional de lobos marinos en las Regiones X –XI y propuesta de escenarios de manejo. Informe Final Proyecto FAP ID 4728-46-LP11, 100 pp. + Anexos

Smith, T.D., J. Bannister, E. Hines, R. Reeves, L. Rojas-Bracho & P. Shaughnessy. 2014. World Ocean Assessment, Capítulo 37. 15pp.

UICN. 2014. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 05 November 2014.



# Dieta de lobos marinos e interacciones con la flota de cerco: pesquería de anchoveta en el Perú

***Sofía Rivadeneyra Villafuerte***

Oficina de Investigaciones en Depredadores Superiores. Instituto del Mar del Perú, IMARPE, Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú. [srivadeneyra@imarpe.gob.pe](mailto:srivadeneyra@imarpe.gob.pe)

## Resumen

### Dieta de lobos marinos

El Ecosistema de Afloramiento Peruano es altamente variable a diferentes escalas espacio-temporales y alberga la pesquería mono-específica más grande del mundo; donde los depredadores superiores son un componente importante, debido a que son grandes consumidores que afectan directamente el flujo de energía entre niveles tróficos.

En la costa peruana habitan dos especies de Otáridos: el lobo chusco (*Otaria flavescens*) y el lobo fino (*Arctocephalus australis*), el primero se distribuye entre los 5° y 18° de latitud sur, mientras que el segundo, el lobo fino, se distribuye entre los 13° y los 18° de latitud sur. Estos mamíferos se alimentan de una diversidad de peces e invertebrados, muchos de los cuales son utilizados para el consumo humano y/o para la producción de harina de pescado, mientras que las diferencias estacionales en su dieta podrían reflejar la disponibilidad y/o selectividad de diferentes especies presa. El conocimiento más detallado de sus hábitos alimenticios podría ayudar a dilucidar si existe una competencia con las pesquerías por las mismas especies presa y a tener un mejor entendimiento del ecosistema marino.

La metodología empleada para el estudio de la dieta de mamíferos marinos se basa en el análisis del contenido estomacal, fecas y regúrgitos, con la consecuente determinación de la abundancia de las presas consumidas por los lobos marinos, mediante la identificación y conteo de partes duras no digeridas (otolitos de peces y picos de cefalópodos). Los resultados señalan que la alimentación de ambas especies de lobos marinos se basa principalmente de peces pelágicos más abundantes como la anchoveta, *Engraulis ringens* y camotillo, *Normanichthys crockeri*, las cuales son especies de interés comercial, y en especies de invertebrados, como el calamar y la munida.

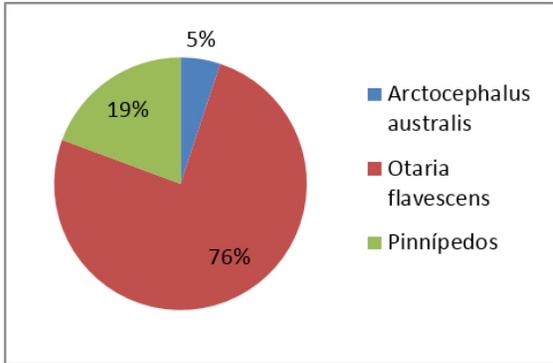
### Interacción de lobos marinos con la flota de cerco

La actividad pesquera en Perú no es ajena a los problemas de interacción con depredadores superiores. Los pinnípedos interactúan con estas pesquerías, ya que se reproducen en islas costeras y están asociados con áreas de alta productividad, ocasionando conflictos que varían desde un traslape en las zonas de

extracción y de forrajeo, hasta capturas dirigidas en ciertas zonas de pesca. Estas interacciones, además, el impacto de la sobrepesca sobre el ecosistema marino, podrían tener efectos negativos sobre sus poblaciones a largo plazo, ya que se trata de especies vulnerables por su longevidad, su reproducción tardía y su bajo número de crías.

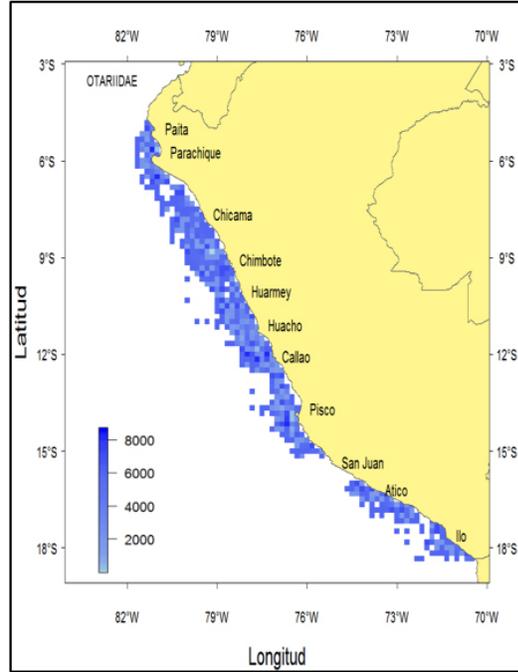
La metodología utilizada para describir la interacción entre los lobos marinos y las operaciones de pesca se lleva a cabo por los observadores del Programa Bitácoras de Pesca del IMARPE, y se fundamenta en muestreos en todos los lances efectuados durante los viajes de pesca, donde los observadores se ubican en la banda de estribor de la embarcación, observando de forma directa y continua la operación de pesca, sin interferir con las actividades realizadas por los pescadores. Los datos obtenidos son: especies involucradas en la interacción, cantidad de individuos, momento de la operatividad en que se ocasiona la interacción, comportamiento de los animales, conjuntamente con la información geográfica.

El análisis de la interacción de la flota de cerco de anchoveta con los depredadores superiores entre los años 2006 y 2013 resaltó que el lobo chusco fue la especie más representativa durante los lances de pesca (76 % del total de observaciones, Fig. 1), mientras que solo el 5 % de observaciones correspondió al lobo fino, cuando no fue posible identificar a la especie, los individuos fueron identificados como pinnípedos (19 % de los registros). Los resultados también demostraron que los lobos marinos estuvieron presentes en toda la costa donde se desarrollan actividades pesqueras (Fig. 2). Debido a que esta especie es oportunista y a que en los años en que disminuye la disponibilidad del recurso anchoveta, por un desplazamiento hacia la costa, el lobo chusco va a interactuar con mayor intensidad con la flota pesquera.



**Fig.1 (izq.):** Proporción de observaciones de especies de pinnípedos registrados interactuando durante los lances de pesca.

**Fig. 2 (der.):** Abundancia relativa y distribución de pinnípedos observados interactuando durante los lances de pesca.





# Monitoreo de aves marinas como herramienta para detectar cambios en los ecosistemas marinos

**Alejandro Simeone<sup>1</sup> y Luis A. Cabezas B.<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ecología y Biodiversidad, Facultad de Ecología y Recursos Naturales, Universidad Andrés Bello, República 470, Santiago, Chile. E-mail: asimeone@unab.cl

<sup>2</sup>Albatross Task Force, BirdLife International, Chile.

<sup>3</sup>Programa de Doctorado en Ciencias mención Recursos Naturales Acuáticos, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso, Casilla 5080-Reñaca, Viña del Mar, Chile.

Las aves marinas están entre las aves más amenazadas a nivel global y los Procellariiformes (albatros, petreles y fardelas) concentran la mayor cantidad de especies amenazadas. En este contexto, es de gran importancia entender las tendencias numéricas de dichas especies como una herramienta para su conservación y para detectar cambios en los ecosistemas marinos.

Desde el año 2006 a la fecha mantenemos un programa de monitoreo mensual de la diversidad de aves marinas de la Bahía de Valparaíso (33°S) utilizando transectos de ancho fijo desde una embarcación.

Presentamos los resultados para la fardela negra (*Puffinus griseus*) y fardela blanca (*P. creatopus*), dos especies amenazadas y con roles clave en la Corriente de Humboldt. *P. griseus* mantuvo una presencia constante durante el período de estudio ( $\chi^2 = 1,8$ ;  $p = 0,62$ ) con abundancias máximas en otoño y primavera. *P. creatopus* tuvo una presencia marcadamente estacional ( $\chi^2 = 21,2$ ;  $p < 0,001$ ) con baja (o nula) presencia en otoño e invierno.

Al analizar las anomalías estacionales de abundancia para el período 2006-2012, hay una tendencia negativa para *P. griseus* durante otoño (regresión lineal simple,  $p = 0,015$ ), lo que podría deberse a mortalidad en pesquerías en la costa centro-sur durante la migración postreproductiva hacia el norte. Para *P. creatopus*, la tendencia fue significativamente negativa en primavera ( $p=0,045$ ), lo que sugiere que hay mortalidad de esta especie en sus áreas de invernada en alguna parte de la costa entre Perú y Canadá.

Financiamiento: proyectos AR-03-05, DI-07-08, DI-48-10, DI-132-12 and DI-486-14 de la Vicerrectoría de Investigación y Doctorado, Universidad Andrés Bello.



# Investigaciones en depredadores superiores como indicadores de cambios en el ecosistema y ecología de la alimentación de aves guaneras en el Perú

***Elisa Goya Sueyoshi***

Oficina de Investigaciones en Depredadores Superiores, Instituto del Mar del Perú, IMARPE, Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú. [egoya@imarpe.gob.pe](mailto:egoya@imarpe.gob.pe)

La distribución de los depredadores superiores así como los cambios en su abundancia, dieta y reproducción son reflejan en el ecosistema, a su vez, estos cambios son el producto de distintos factores tanto naturales como antrópicos que afectan la producción, la fluctuación en la disponibilidad de presas, sobreexplotación de recursos y contaminación, entre otros. Conocer los roles funcionales y estructurales de los depredadores en el ecosistema marino, es un aspecto de suma importancia en el manejo del ambiente marino y las pesquerías; y en el monitoreo del estado de salud del ecosistema.

Los objetivos de la Oficina de Investigaciones en Depredadores Superiores, son evaluar los cambios en la distribución y de disponibilidad de presas, así como cambios en el medio marino a través del monitoreo de la dieta, reproducción y de los niveles poblaciones de las aves marinas y mamíferos marinos. De modo que los parámetros ecológicos de estas especies sirvan de indicadores independientes de cambios oceanográficos y de la oferta de recursos en nuestro mar, como un medio alternativo y natural para el monitoreo ambiental y la oferta de recursos. Las investigaciones se llevan a cabo constantemente a través de evaluaciones de campo en las islas y puntas guaneras de nuestro litoral y por medio de los cruceros de investigación que desarrolla el IMARPE.

De las 19 especies de aves marinas que reproducen a lo largo del Perú y sus islas, las especies más importantes numéricamente son el guanay *Phalacrocorax bougainvillii*, el piquero peruano *Sula variegata* y el pelícano peruano *Pelecanus thagus*, y son conocidas como aves guaneras. Hasta el momento, se mantiene actualizada la serie de datos de poblaciones de aves guaneras desde el año 1953 hasta el 2012. Es ampliamente reconocido que los aspectos reproductivos de las aves marinas pueden ser utilizados como indicadores de la disponibilidad de alimento, y en consecuencia del estado del ambiente marino. La dinámica poblacional y el desempeño reproductivo de las aves marinas que se reproducen en el litoral peruano están influidas principalmente por la disponibilidad de alimento, las condiciones climáticas y las actividades humanas.

En el Perú habitan dos especies de lobos marinos de la familia Otariidae, siendo la más numerosa y la de mayor rango de distribución, el lobo marino chusco (*Otaria byronia*), el cual se distribuye en la costa peruana desde Los Órganos (4°10.36' S – 81°07.56' W) hasta Morro Sama (17°42'S – 71°22'W). Estas dos especies de lobos marinos tienen temporadas reproductivas distintas.

IMARPE realiza anualmente desde el año 1996, dos censos nacionales, una para cada especie durante su respectiva época reproductiva, abarcando todo su rango de distribución. El censo nacional de lobo fino se realiza en noviembre-diciembre, mientras que el de lobo chusco ocurre en febrero-marzo. Ambas especies muestran tendencia poblacionales crecientes con variaciones en algunos años, siendo especies de vida larga y tasas reproductivas bajas, es necesario contar con una serie poblacional bastante larga para obtener tendencias poblacionales reales.

Aprovechando las plataformas de observación que brindan los Cruceros de Evaluación, se realizan evaluaciones de aves y mamíferos. Los datos de avistamientos obtenidos en los cruceros comprenden el registro de la composición, abundancia y comportamiento de forrajeo de aves y mamíferos marinos; los cuales permiten conocer, la composición de especies de aves y mamíferos marinos, tanto residentes como migratorias; sus abundancias relativas; la distribución espacial y uso de hábitat, relacionada tanto a variables oceanográficas como acústicas de los cardúmenes; y el comportamiento de forrajeo a los cambios en la disponibilidad de las presas, relacionado con la estimación acústica de los cardúmenes de las presas.

El estuario de Virrilá se ubica a 40 km al sur de Sechura, Piura, (05°44' S y 80°51' W), es considerado un área importante de alimentación de tortugas marinas. Considerando su ubicación y sus características particulares, así como por reportes de avistamientos de tortugas marinas, en diciembre de 2012 se inició un proyecto de investigación con el fin de a) estimar la población de tortugas marinas presentes en el estuario, uso de hábitat, zonas de mayor incidencia, y su variación estacional con relación a los parámetros oceanográficos; e b) identificar los principales problemas de interacción antropogénica.

Un tema importante que está captando la atención mundial en los últimos años, es la captura incidental de aves, mamíferos y tortugas marinas en las operaciones de pesca, dado que se trata de especies que se encuentran en un estado de conservación muy crítico. Para ello, se aprovechan las plataformas que brindan algunos programas de observadores a bordo, para obtener información de las interacciones.

En los últimos años, se han incrementado la ocurrencia en nuestras costas de eventos de mortandad masiva de aves marinas, así como el varamiento de mamíferos marinos, ya sea debido a causas naturales o como consecuencia de actividades humanas. Por ello desde el 2012, IMARPE ha intensificado las investigaciones respecto a este tema.

### **Ecología de alimentación de aves guaneras**

Las aves marinas interactúan con la pesquería comercial en una variedad de formas, ya sea consumiendo presas del mismo tamaño o edad que las que extraen las pesquerías o alimentándose en las mismas áreas donde las embarcaciones operan.

En el Perú los estudios sobre dieta de aves guaneras despertaron interés desde la mitad del siglo pasado, ante la potencial competencia entre estas aves y la industria pesquera por los recursos. Desde entonces, se realizaron una serie de trabajos que mostraron la importancia de la anchoveta *Engraulis ringens* como

presa principal en la dieta de estas aves (Gamarra 1941; Ávila 1954; Jordán 1959, 1961; Galarza 1968; Tovar y Galarza 1984; Tovar y Guillén 1988, 1989; Tovar *et al.* 1988; Guillén 1993).

A partir de 1995 el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) inició un monitoreo permanente de la dieta del guanay y el piquero, recolectando y analizando periódicamente bolos de guanay y regúrgitos de piquero.

Este estudio tiene la finalidad de monitorear los cambios en el ambiente marino y obtener información indirecta sobre los stocks de sus principales presas, principalmente la anchoveta. Estos datos complementan la información obtenida a través de las estadísticas pesqueras y diferentes cruceros hidroacústicos de evaluación de recursos pelágicos. Proporcionan además, indicadores de disponibilidad de juveniles de anchoveta para 7 áreas a lo largo de la costa, dichos indicadores son independientes de los datos de pesquerías. Este trabajo ha permitido observar que las variaciones latitudinales y estacionales en el consumo de anchoveta se relacionan con los patrones conocidos de disponibilidad de esta presa (Jahncke y Goya 1997, Zileri 1997). Es decir, si bien la anchoveta constituye la principal en la dieta del guanay a lo largo de la costa peruana, existe una diferencia marcada en el consumo de presas principales entre la región norte-centro y la región sur.

Varias especies de aves regurgitan materiales de desecho luego de la digestión. En el caso del guanay *Phalacrocorax bougainvillii*, los restos duros de peces y otros alimentos ingeridos son expulsados envueltos en una capa pseudomembranosa formando lo que se conoce como bolo residual (Jordán 1959). En estos bolos se pueden encontrar restos de huesos, escamas, otolitos y cristalinos de peces, picos y cristalinos de cefalópodos y restos de crustáceos y moluscos; los otolitos pueden ser usados para identificar y determinar el tamaño de los peces consumidos por las aves. El estudio se basa en el análisis de bolos de guanay y regúrgitos de piquero. Los bolos se recolectan por la mañana, inmediatamente después que las aves abandonan las colonias para alimentarse y así evitar que fueran comidos o destruidos por gaviotas (*Larus belcheri* y *L. dominicanus*). Sólo se recolectan bolos frescos. Estos bolos contienen los restos no digeribles de las presas consumidas el día anterior (Jordán 1959, Cabrera 1979). El análisis se realiza en el campo, durante el día de recolección, separándose e identificándose los otolitos sagitta, picos de cefalópodos y restos de crustáceos y moluscos, los mismos que son almacenados en frascos para su posterior comprobación. Para la identificación de los otolitos se utilizan los patrones descritos por García-Godos (1996<sup>1</sup>(1)). Los regúrgitos de piquero se recolectan por la tarde, cuando las aves regresan a la colonia, después de alimentarse. Para ello se hace levantar vuelo a una parte de la colonia para obligarlas a regurgitar. Los regúrgitos, recogidos individualmente, son analizados en el lugar de recolección, registrándose el peso fresco total del alimento regurgitado y el peso de cada una de las especies de peces encontradas, midiendo cada ejemplar por separado.

---

1 <sup>(1)</sup> GARCÍA-GODOS, A. 1996. Patrones morfológicos del otolito sagitta de los peces de la costa central de Perú. Informe final CONCYTEC. Lima. 90 pp.

La dieta del guanay está constituida básicamente por peces (99.5%), aunque también se han encontrado en muy poca cantidad, restos de crustáceos y moluscos. Esta especie puede alimentarse de una amplia gama de presas, se han encontrado aproximadamente 70 especies de peces, sin embargo, la anchoveta constituye la presa dominante. Otras especies importantes son pejerrey *Odonthesthes regia* y camotillo *Normanichthys crockeri*. El guanay es una especie oportunista que preda sobre grandes cardúmenes de especies pelágicas (Jahncke y Goya 1997).

Los stocks de peces son muestreados diariamente por las aves marinas, cuya dieta refleja probablemente la abundancia relativa de peces, tanto por tamaño (clase de edad) como por especie. Entre las diferentes especies de aves marinas disponibles para la investigación, la dieta de las especies generalistas reflejarán mejor la estructura de la comunidad local de peces; mientras que la dieta de las especialistas indicará las diferencias en los stocks de una especie en particular o grupo de especies, entre años o entre estaciones (Greenstreet 1999). En este sentido, el monitoreo continuo de la dieta del guanay representa una herramienta efectiva para el conocimiento de la distribución de los recursos pelágicos de importancia comercial en el mar peruano, principalmente la anchoveta.

La mayoría de evaluaciones pesqueras no contienen predictores del reclutamiento, ya que resulta difícil conocer la abundancia de individuos juveniles por debajo de la talla comercial. En este sentido, el monitoreo de la dieta del guanay constituye una herramienta importante de información sobre abundancia de juveniles de anchoveta en la costa peruana.

Por otro lado, el piquero peruano es una especie especialista en anchoveta. Los altos valores de similitud encontrados con respecto a las tallas de anchoveta consumida por el piquero peruano y la pesca industrial coinciden con lo reportado por Jahncke y Zileri en 1998, quienes concluyeron que tanto los piqueros como la pesquería explotan en cada área la misma parte del stock. El piquero preda mayormente sobre anchovetas de tallas adultas, ya que el consumir presas de menor tamaño representaría un alto costo energético.

Weimerskirch *et al.* (2012), usando GPS y TDR (registradores de tiempo-profundidad), pudieron determinar que los guanayes pueden alcanzar los 32 m como profundidad máxima de buceo, sin embargo, normalmente se alimenta en las capas superficiales, en promedio 4 m de profundidad. Mientras que los piqueros pueden ocasionalmente alcanzar los 10 m de profundidad, sin embargo, generalmente comen en superficie, en promedio hasta los 2 m.

## Referencias

- ÁVILA, E. 1954. Potencia deyectiva del guanay *Phalacrocorax bougainvillii*. Bol. Cía. Admora. Guano 1(2): 22-49.
- CABRERA, D. 1979. Bases para el manejo sostenido del recurso aves guaneras. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Trujillo. 44pp.
- GALARZA, N. 1968. Informe sobre los estudios ornitológicos realizados en el laboratorio de la Puntilla (Pisco) en setiembre de 1965/66. Ser. Inf. Esp. Inst. Mar Perú 31: 1-20.
- GAMARRA, L. 1941. Relación de cantidad de alimento ingerido por las aves guaneras y el guano aprovechable que producen. Bol. Cía. Admora. Guano 17(3): 103-116.
- GUILLÉN, V. 1993. Alimentación de aves guaneras y reproducción de lobos marinos en el Perú. Bol. Lima 85: 79-95.
- GREENSTREET, S.P.R., BECKER, P.H., BARRETT, R.T., FOSUM, P.Y M. F. LEOPOLD. 1999. Consumption of pre-recruit fish by seabirds and the possible use of this as an indicator of fish stock recruitment. En: Diets of seabirds and consequences of changes in food supply. Furness, R.W. y M.L. Tasker (Eds.) ICES Cooperative Research Report. No. 232
- Jahncke, J. y Goya, E. 1997. Variación latitudinal y estacional en la dieta del guanay (*Leucocarbo bougainvillii*) y el piquero peruano (*Sula variegata*) en la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 16(1): 23-41.
- JAHNCKE, J. Y GOYA, E. 1998. Las dietas del guanay y del piquero peruano como indicadores de la abundancia y distribución de anchoveta. Bol. Inst. Mar Perú 17(1 y 2): 15-33.
- JAHNCKE, J. Y ZILERI. 1998. Estudios sobre dieta de piqueros como indicadores de la estructura por tallas de los stocks de anchoveta en el mar peruano. Bo. Inst. Mar Perú 17(1-2): 47-54.
- JORDÁN, R. 1959. El fenómeno de regurgitaciones en el guanay *Phalacrocorax bougainvillii* y un método para estimar la ingestión diaria. Bol. Cía. Admora. Guano 35(4): 23-40.
- JORDÁN, R. 1961. Las aves guaneras, la cadena alimentaria y la producción de guano. Bol. Cía. Admora. Guano 37(3): 19-20.
- TOVAR, H.YN.GALARZA. 1984. Cambios en el régimen alimentario del Guanay *Phalacrocorax bougainvillii*. Bol. Lima. 35: 85-91.

TOVAR, H. Y V. GUILLÉN. 1988. Comportamiento alimenticio del piquero *Sula variegata*, ave guanera peruana. Bol. Lima 60: 85-90.

TOVAR, H., V. GUILLÉN. 1989. Composición por especies del contenido estomacal de guanay. p: 307-312. En: Memorias del Simposio Internacional de los recursos vivos y las pesquerías en el Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número especial).

TOVAR, H., D. CABRERA Y V. GUILLÉN. 1988. Depredación de piquero *Sula variegata* (Aves Sulidae) sobre peces en el litoral peruano. p: 329-334. En: Salzwedel, H. y A. Landa (Eds.). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Bol. Inst. Mar Perú Vol. Extraordinario. 382 pp.

WEIMERSKIRCH, H., BERTRAND, S., SILVA J., BOST, C.A., PERALTILLA, S. 2012. Foraging in Guanay cormorant and Peruvian booby, the major guano-producing seabirds in the Humboldt Current System. Marine Ecology Progress Series. 2012, 458, 231-245

# Ecología trófica de la tortuga verde *Chelonia mydas* de las Islas Galápagos, por medio del análisis de isótopos estables de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ )

**Patricia Zárate.**

Fundación Charles Darwin, Islas Galápagos, Ecuador

Recientemente, el uso de isótopos estables, una técnica no invasiva, ha probado ser una herramienta muy útil para determinar nivel trófico, identificar fuentes de alimento y para establecer el comportamiento migratorio de especies con grandes rangos geográficos de distribución (Peterson & Fry 1987; Hobson & Clark 1992; Rubenstein & Hobson 2004). El análisis se basa en el supuesto que el contenido isotópico de la presa es transferido a los tejidos del consumidor una vez consumido (Hobson 1995). El  $\delta^{13}\text{C}$  en los sistemas marinos indica ubicación geográfica debido a la predecible variación que ocurre a lo largo de varios gradientes ya sea entre hábitats costero y oceánico, bentónico y pelágico y a nivel latitudinal. Los valores del  $\delta^{15}\text{N}$  se usan principalmente como indicadores del nivel trófico debido al enriquecimiento de  $\delta^{15}\text{N}$  que ocurre en cada nivel trófico dentro una trama alimentaria (Hobson & Clark 1992).

El análisis de isótopos estables ha sido recientemente utilizado en las investigaciones sobre tortugas marinas. Algunos de los aspectos estudiados incluyen la discriminación de isótopos estables entre tejidos (Seminoff *et al.* 2006); el establecimiento del estado o nivel trófico y análisis de la ecología alimenticia (Cardona *et al.* 2009, Graham 2009, Arthur *et al.* 2009, Burkholder *et al.* 2011); la identificación de las áreas de forrajeo (Hatase *et al.* 2002, Pajuelo *et al.* 2012, Allen *et al.* 2014) y en la identificación de las diferencias en los regímenes del ciclo del nitrógeno en las cuencas oceánicas en referencia a las firmas isotópicas de las tortugas laúd (Wallace *et al.* 2006).

Las islas Galápagos ubicadas a 1000 km del Ecuador continental son uno de los pocos lugares en el mundo donde la tortuga verde *Chelonia mydas* se alimenta y se reproduce. Estas islas han sido consideradas como uno de los áreas de anidación más importantes en el Pacífico oriental para esta especie (National Marine Fisheries Service and US Fish and Wildlife Service 1998, Seminoff 2004) y son también reconocidas por tener importantes áreas de alimentación para el desarrollo de juveniles y adultos (Green 1994, Zárate 2012, 2014). Las tortugas verdes de Galápagos han sido consideradas como organismos de hábitos herbívoros que se alimentan predominantemente de algas y en menor grado de mangles (Green 1994, Zárate y Carrión-Cortez 2007, Carrión-Cortez *et al.* 2010, Zárate unpubl.data). Aun cuando estos resultados sobre dieta, basados en el análisis de contenidos esofágicos, proporcionan importante información sobre el comportamiento alimenticio de la tortuga verde en Galápagos, están basados en un pequeño número de individuos. Por este motivo es necesario complementar estos métodos tradicionales con otras alternativas para obtener un mejor entendimiento de la ecología alimenticia de esta población.

Este estudio representa la primera investigación sobre el comportamiento alimenticio de la tortuga verde de Galápagos usando el análisis de isótopos estables. Esta investigación busca identificar y caracterizar los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  y así determinar el nivel trófico de las tortugas verdes que se alimentan en áreas claves de la Reserva Marina de Galápagos (RMG).

## **Materiales y Métodos**

### *Área de estudio*

Esta investigación se llevó a cabo en tres áreas de alimentación de la tortuga verde en la RMG: Caleta Derek (CD; 0.64° S, 91.09° W) y Bahía Elizabeth (BE; 0.59° S, 91.07° W) ubicadas en el lado oeste de la Isla Isabela, y en Punta Espinoza (PE; 0.26° S, 91.44° W) ubicada en la región noreste de la Isla Fernandina Island (Fig. 1). El estudio fue realizado en el 2004.

Las tortugas fueron capturadas a mano y con redes de enmalle (100 x 4 m, ojo de malla = 50 cm) específicamente diseñadas para este estudio. La red fue colocada durante el día y monitoreada regularmente por un periodo de 2 hrs. Las capturas a mano fueron realizadas mediante snorkelling durante dos horas y a no más de 6 metros de profundidad. En el sitio de estudio las tortugas fueron transportadas en un zodiac hasta una embarcación mayor donde fueron marcadas con placas metálicas en cada una de sus aletas anteriores (Inconel tags style 681, National Band and Tag Company) y medidas. La medida registrada para este estudio fue el largo curvo de caparazón (LCC;  $\pm 0.1$  cm) medido desde el centro del borde de la placa nucal hasta la porción más posterior del borde de las placas marginales mediante cinta métrica (Bolten 1999). Las tortugas fueron liberadas en el sitio de captura aproximadamente a las 4 horas de su captura.

Las muestras de piel provenientes de la región central del cuello de las tortugas fueron colectadas por medio de un sacabocado de biopsia (6 mm). Estas fueron etiquetadas con el número de placa de la tortuga, la fecha y el sitio de captura, luego fueron mantenidas en seco en tubos pequeños y refrigeradas para ser posteriormente almacenadas en etanol (75%) hasta su procesamiento. Previo al análisis las muestras fueron lavadas en agua destilada, secadas por 48 hrs a 60°C y finamente cortadas con una hoja de bisturí. Los lípidos fueron extraídos de la muestra seca de piel en un aparato Soxhlet con una mezcla de solvente éter de petróleo a éter etílico 1:1 por a lo menos dos ciclos de 10 hrs. Posteriormente las muestras fueron secadas a 60°C por 24 hrs para remover cualquier residuo del solvente. Aproximadamente 1 mg de tejido fue cargado en una capsula de estaño.

Las muestras de algas y de mangle rojo (*Rhizopora mangle*) fueron colectadas en Bahía Elizabeth en el 2004 y 2011, respectivamente. Estas fueron secadas a 60°C por 24 h, y homogeneizadas a <1 mm usando un molinillo Wiley; muestras de entre 2.0-10.0 mg fueron cargadas en capsulas de estaño.

Todas las muestras (piel, algas y mangle) fueron analizadas en un espectrómetro de masa de razones isotópicas ThermoFinnigan Delta Plus XL (Bremen, Germany) con interfase a un aparato ConFlo III y a un analizador elemental Costech ECS 4010. La preparación de la muestra fue realizada en el laboratorio

de Isótopos Estables del Southwest Fisheries Science Center NOAA-NMFS en La Jolla, California, EUA. Las concentraciones de los elementos (%C, %N) como también el análisis de  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  se realizaron en el laboratorio de Isótopos Estables del Departamento de Geología en la Universidad de Florida en Gainesville, Florida, EUA.

Las abundancias de isótopos estables se expresaron en notación delta ( $\delta$ ) definida como partes per mil (‰) en relación a los estándares como:  $\delta = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}}) - 1] (1000)$  donde  $R_{\text{muestra}}$  y  $R_{\text{estándar}}$  son las razones correspondientes del isótopo pesado al liviano ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) en la muestra y el estándar, respectivamente. La media y las desviaciones estándar se calcularon para  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ .

## Resultados

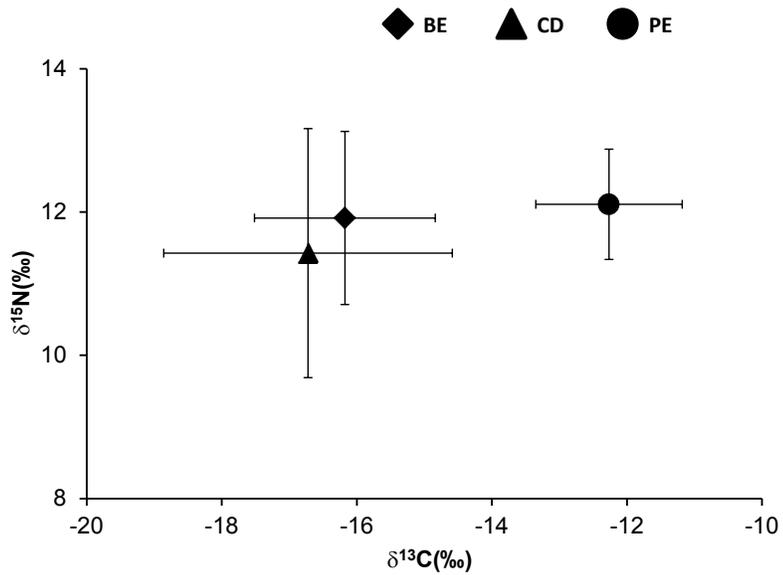
Los valores del  $\delta^{13}\text{C}$  para para la piel de las tortugas verdes ( $n = 106$ ) varió entre  $-24.8$  a  $-12.1$ ‰ (media =  $-14.8 \pm 2.6$ ‰), y para  $\delta^{15}\text{N}$  varió desde  $8.5$  to  $16.2$ ‰ (media =  $11.8 \pm 1.3$ ‰) (Fig. 2). Las tortugas de Bahía Elizabeth y Caleta Derek tenían rangos mayores de valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  que aquellos encontrados en Punta Espinoza (Fig. 2). No hubo diferencias significativas entre las áreas de forrajeo para los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $F_{2,103} = 2.7, P = 0.07$ ). Valores significativamente mas altos para  $\delta^{13}\text{C}$  se registraron en Punta Espinoza en comparación con los de Caleta Derek y Bahía Elizabeth ( $F_{2,103} = 92.3, p < 0.001$ ) (Fig. 2). No hubo efecto de la talla (LCC) sobre el  $\delta^{13}\text{C}$  de la piel de las tortugas para ningún sitio (correlación Spearman, Bahía Elizabeth:  $r_s = -0.3, N = 32, P = 0.07$ ; Caleta Derek:  $r_s = -0.2, N = 33, P = 0.2$ ; Punta Espinoza:  $r_s = -0.2, N = 41, P = 0.3$ ), y solo las tortugas de Caleta Derek tenían una correlación negativa significativa entre la talla y el  $\delta^{15}\text{N}$  (Spearman:  $r_s = -0.4, N = 33, P = 0.01$ ; coeficiente de regresión:  $r^2 = 0.20, P = 0.01$ ).

Las medias de  $\delta^{13}\text{C}$  de las algas fueron similares a los valores de la piel de las tortugas verde. Comparados con las tortugas, los valores de mangle rojo de  $\delta^{13}\text{C}$  fueron  $\sim 11$ ‰ más bajos. Los valores de la media de  $\delta^{15}\text{N}$  de las tortugas fueron  $5.6$ ‰,  $6.3$ ‰ y  $5.6$ ‰ más altos que los de algas verdes, pardas y rojas de Bahía Elizabeth, respectivamente (diferencia media es  $5.7$ ‰).

## Discusión y conclusiones

Los valores isotópicos de la piel de las tortugas en tres áreas de forrajeo fueron similares excepto que los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  fueron significativamente más altos en Punta Espinoza. Estos altos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  podrían resultar de tortugas en Punta Espinoza consumiendo especies diferentes que las que consumen las tortugas en otras áreas de forrajeo y con valores isotópicos distintos. Las condiciones oceanográficas en Punta Espinoza, la cual está altamente impactada por surgencia (Alava 2009), podrían dar como resultado estos altos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en las especies presa. La surgencia produce afloramientos de fitoplancton que disminuyen la concentración del  $\text{CO}_2$  disuelto. Esta disminución en el  $\text{CO}_2$  disuelto tiende a reducir la discriminación hacia el  $\delta^{13}\text{C}$  durante la fotosíntesis lo que se traduce en valores superiores de  $\delta^{13}\text{C}$  (France 1995). Esta misma situación también se ha observado en lobos marinos que provienen de áreas afectadas por surgencia (Jeglinski *et al.* 2012).





**Figura 2.** Valores promedio de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para la piel de tortugas verde en áreas de forrajeo de las Islas Galápagos. Líneas representan la desviación estándar para cada sitio. BE=Bahía Elizabeth, CD=Caleta Derek, PE=Punta Espinoza.



## Composición de la dieta de la tortuga verde en áreas de alimentación en el Perú

***Evelyn Paredes Coral***

Oficina de Investigaciones de Depredadores Superiores – Instituto del Mar del Perú, IMARPE, Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú. [eparedes@imarpe.gob.per](mailto:eparedes@imarpe.gob.per)

Las tortugas marinas son predadores superiores que forman parte de la red trófica marina. En el Perú habitan cinco de las siete especies de tortugas marinas a nivel mundial, entre ellas, la tortuga verde del Pacífico Este *Chelonia mydas agassizii*. Esta especie, luego de dispersarse de sus zonas de anidación en Islas Galápagos (Ecuador) y Michoacán (México) se moviliza hacia hábitats neríticos costeros para alimentarse y desarrollarse. Debido a diversos factores, principalmente, la captura incidental y dirigida, sus poblaciones se han visto depletadas y actualmente se encuentra categorizada como *en peligro* (Seminoff, 2004); es por ello que el conocimiento de la composición de su dieta es fundamental para el desarrollo de estrategias de conservación y protección de las áreas que proveen dichos alimentos. Las tortugas verdes del Pacífico Este que habitan las aguas de Perú se congregan en áreas de alimentación costeras. La zona norte (3° 45" – 7° LS) concentra la mayor parte de las áreas de alimentación como es el caso de Tumbes, El Ñuro, bahía Sechura, estuario de Virrilá e islas Lobos de Tierra. Sin embargo, también se congregan en la bahía de Paracas que está localizada a 13° 45" LS y es una de las áreas de alimentación más sureñas para la tortuga verde del Pacífico Este. Para las tortugas verdes, la dieta está directamente relacionada con el éxito en el crecimiento y la reproducción (Carr & Carr, 1970; Hadjichristophorou & Grove 1983). Su dieta ha sido descrita principalmente para el Caribe (Atlántico Oeste), Baja California (Pacífico Este) y Australia (Pacífico Oeste), reportando una alimentación basada en algas y pastos marinos (Mortimer 1981); sin embargo, esto puede variar en espacio y tiempo (Seminoff *et al.*, 2002).

La dieta de las tortugas marinas puede ser determinada por una variedad de métodos como análisis de contenido estomacal, fecal, observación directa de tortugas alimentándose en el medio natural, inspecciones bajo el agua e isótopos estables; sin embargo, la técnica idónea sin perjuicio al animal es la técnica de lavado esofágico (Forbes y Limpus, 1993). Esta técnica, permite la recuperación rápida de alimento no digerido del esófago y de la región anterior del estómago; consiste en introducir a través de la boca de la tortuga un tubo para bombear agua de mar y otro tubo para coleccionar el alimento, para ello, las tortugas son puestas sobre su caparazón a una altura que permita que la cabeza quede más abajo que el domo de su caparazón, permitiendo el libre acceso a la cabeza del animal. El tubo colector termina en una malla que colecciona el contenido. El contenido es conservado para su análisis en laboratorio e identificación con claves taxonómicas. Se realiza un análisis cuantitativo detallado de la composición de la dieta y la contribución relativa de cada componente. Adicionalmente, se realiza una colecta de la oferta alimentaria en la zona de estudio para contrastar con los componentes de la dieta.

Una de las principales ventajas de esta técnica es que se realiza en ejemplares vivos, permite la recuperación de alimento no digerido de una manera rápida y económica, es una técnica que se realiza en campo y los ítems alimenticios se pueden identificar en su mayoría hasta el nivel de especie y además ha sido ampliamente utilizada con éxito en diversas especies de tortugas marinas con medidas de largo curvo de caparazón en un intervalo de aproximadamente 25 a 115 cm (Eckert *et al.*, 2000). Entre las desventajas de esta técnica se puede mencionar su naturaleza invasiva, sin embargo se ha logrado disminuir la duración del lavado y por consiguiente el nivel de estrés del animal. Además, se debe tener cuidado en la interpretación del significado de la muestra obtenida ya que el contenido de la muestra está en función del tamaño del tubo colector usado, el tamaño de los componentes de la dieta en la parte anterior del tracto digestivo, la duración del lavado, la profundidad a la que ingresa el tubo digestivo de muestreo y la experiencia de la persona que realiza el lavado.

Recientemente, el IMARPE realiza investigaciones sobre la dieta de tortugas marinas en áreas de alimentación al norte y sur de la costa utilizando para ello la técnica de lavado esofágico. El objetivo principal es determinar la composición de la dieta de la tortuga verde del Pacífico Este y las diferencias entre áreas de alimentación así como su variación estacional. Los resultados preliminares en bahía de Paracas indican que la dieta de la tortuga verde estuvo compuesta por 11 ítems. Las algas estuvieron altamente representadas en las muestras (95.65%) resaltando la presencia de *Ulva* sp. y Rhodophiceas, seguido de materia animal (82.61%) donde destacan cnidarios como la anémona *Paranthus* sp. y la medusa Scyphozoa *C. plocamia*, así como crustáceos, poliquetos nereidos y moluscos. Adicionalmente se registró la presencia de desechos marinos en menor porcentaje.

## Referencias

CARR, A. AND. H. CARR. 1970. Modulated reproductive periodicity in Chelonia. *Ecology* 51:335-337.

ECKERT, K. L., K. A. BJORN DAL, F. A. ABREU-GROBOIS Y M. DONNELLY (EDITORES). 2000 (Traducción al español). Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4.

FORBES, G. Y C. J. LIMPUS. 1993. A non-lethal method for retrieving stomach contents from sea turtles. *Wildlife Research* 20:339-343.

HADJICHRISTOPHOROU M., GROVE D.J. 1983. A study of appetite, digestion and growth in juvenile green turtle (*Chelonia mydas* L.) fed on artificial diets *Aquaculture*, 30 (1-4), pp. 191-201.

MORTIMER, J. A. 1981. The feeding ecology of the west Caribbean green turtle (*Chelonia mydas*) in Nicaragua. *Biotropica* 13:49-58.

SEMINOFF, J.A. (SOUTHWEST FISHERIES SCIENCE CENTER, U.S.) 2004. *Chelonia mydas*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2.

SEMINOFF JA, RESENDIZ A, NICHOLS WJ. 2002. Diet of the east Pacific green turtle, *Chelonia mydas*, in the central Gulf of California, Mexico. *J Herpetol* 36:447-453.



## Discriminando especies de depredadores topes analizando señales de los ácidos grasos

*Ángel Urzúa<sup>1</sup>, Sergio Mora<sup>2</sup>, Nicole Badilla<sup>1</sup>, Esthefany Reyes<sup>1</sup>*

1: Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción-UCSC, Concepción, Chile, Campus San Andrés. Alonso de Ribera 2850, Concepción, Chile. aurzua@ucsc.cl

2: Instituto de Fomento Pesquero-IFOP, Talcahuano, Chile.

Las interacciones tróficas entre depredadores topes y especies presas en ambientes marinos ha sido estudiada principalmente mediante métodos de observación y análisis de su contenido estomacal y/o dietas, los cuales proporcionan información sobre el comportamiento de los depredadores y de sus presas. Sin embargo varios factores pueden limitar la utilidad de este método en investigaciones cuantitativas de las dietas. Por ejemplo, los análisis del contenido estomacal son basados solo en un breve periodo de tiempo, y que en la gran mayoría de los casos, corresponde al último evento de depredación y/o alimentación (1-2 días). Además la composición de la dieta de los depredadores topes puede variar espacial y temporalmente, y de esta forma complica la evaluación exacta de la dieta. En este contexto, la propuesta de un método alternativo como el análisis de señales ácidos grasos, tiene importantes ventajas sobre otros métodos de evaluación de dietas. Por ejemplo, dado que el número de ácidos grasos que pueden ser bio-sintetizados por los animales es limitado, la presencia de algunos compuestos se pueden atribuir solo a su dieta, y de esta forma permite obtener medidas de mayor precisión sobre la composición de la dieta de especies de depredadores topes.

En el presente estudio se determinó y cuantificó el contenido de lípidos y ácidos grasos de recursos marinos altamente migratorios: tiburón sardinero (*Lamna nasus*), tiburón marrajo (*Isurus oxyrinchus*), tiburón azulejo (*Prionace glauca*), pez sol (*Lampris sp.*) y pez espada (*Xiphias gladius*), todas especies consideradas como depredadores tope. Estas especies fueron colectadas por un Observador Científico del IFOP, a bordo de la embarcación Iveth 1 de flota redera artesanal, durante mayo del 2014, cuya zona de pesca se ubicó desde los 35° 32' hasta los 37° 00' Lat. Sur y a una distancia de 120 a 300 mn. de la costa; además se tomaron medidas morfométricas de los ejemplares y muestras de tejidos. Las muestras biológicas fueron trasladadas al Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, las cuales fueron congelados a -20 para su posterior análisis de lípidos y ácidos grasos de estos órganos internos. La determinación y cuantificación de lípidos totales y ácidos grasos fueron determinados mediante métodos gravimétricos y cromatografía de gases para ácidos grasos esteres metílicos, respectivamente. A partir de estos métodos se obtuvieron el contenido de lípidos y los perfiles de ácidos grasos con sus respectivas concentraciones para cada muestra analizada.

Los resultados revelan que en las especies analizadas, el contenido de lípidos totales entre especies varía significativamente, presentando mayores valores en las especies de tiburón sardinero (633 mg, 27 % del peso seco), tiburón marrajo (389 mg, 25% del peso seco); con valores intermedio en las especies de tiburón azulejo (274 mg, 21% del peso seco); y en menores valores el pez sol (283 mg, 16% del peso seco) y finalmente el pez espada (186 mg, 15% del peso seco). A su vez la composición de ácidos grasos identificados (N= 18) indica que en todas las especies estudiadas los ácidos grasos predominantes fueron el C16:0 (ácido palmítico), C18:1n9 (ácido oleico), C22:6n3 (DHA) y el C20:5n3 (EPA). Los porcentajes de estos ácidos grasos también varían entre especies. Por ejemplo para el tiburón sardinero se encontraron en el hígado los siguientes porcentajes: ácido palmítico= 3,90%, ácido oleico= 4,33%, DHA= 4,63%, EPA= 1,1%; para el tiburón marrajo: ácido palmítico= 8,66%, ácido oleico= 6,5%, DHA= 9,12%, EPA= 1,12%; para el tiburón azulejo: ácido palmítico= 8,51%, ácido oleico= 5,67%, DHA= 6,68%, EPA= 2,03%; para el pez sol: ácido palmítico= 6,78%, ácido oleico= 10,19%, DHA= 7,14%, EPA= 1,95% y finalmente para el pez espada: ácido palmítico= 6,76%, ácido oleico= 21,0%, DHA= 5,82%, EPA= 0,41%.

Por otro lado, a partir de los análisis de lípidos y ácidos grasos, se observa que para el tiburón sardinero se obtuvo un alto contenido de lípidos en comparación con las otras especies estudiadas. Esto puede ser explicado debido a que la dieta del tiburón sardinero es en base principalmente de sardinas, la cual es un especie muy rica en lípidos y ácidos grasos. Para las demás especies se observó que los porcentajes de los ácidos grasos esenciales EPA y DHA varía en forma diferencial en función a la distribución que presentan sus presas en la cadena trófica (i.e. presas bentónicas, demersales, pelágicas etc). En este contexto es importante mencionar que las especies de depredadores tope actúan como un bioacumulador de diversas presas, y que ellas a su vez pueden presentar diversos tipos de alimentación (i.e. detritívoras, planctívoras, carnívoras). Los altos niveles de ácido oleico y palmítico son explicados porque estos son componentes estructurales de las membranas celulares de estos organismos depredadores, mientras que los bajos niveles de ácidos grasos esenciales como EPA y DHA, son explicados por un efecto cascada de utilización de estos ácidos grasos esenciales por las distintas especies presas a través de la cadena trófica, es decir pasan desde el fito y zooplancton a través de peces planctívoros y finalmente hasta las especies depredadores tope.

El alto contenido de lípidos como también el gran número y proporción de ácidos grasos encontrados en este estudio, sugieren que en futuros estudios se deben realizar investigaciones detalladas sobre la composición de ácidos grasos tanto de especies depredadores tope como también de los organismos marinos y/o potenciales presas que se encuentran en los niveles tróficos más bajos (e.g. jibias, peces y organismos planctónicos), y que de este modo nos permita entender la dinámica e interacciones tróficas entre depredadores tope y especies presas que ocurren en ambientes marinos. Adicionalmente, la cuantificación de lípidos y determinación de ácidos grasos en recursos marinos altamente migratorios puede ser utilizada como un nuevo indicador para la evaluación de pesquerías sustentables dentro de un enfoque ecosistémico a través de la cadena trófica marina o “marine food web”.

# Modelos tróficos de balance de masas en ecosistemas marinos de Chile

Hugo Arancibia<sup>1,2</sup> y Sergio Neira<sup>1,3</sup>

1: Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción. Casilla 160-C, Concepción

2: Email: harancib@udec.cl

3: Email: seneira@udec.cl

## Resumen

Se presenta ejemplos de aplicaciones de modelos ecotróficos multiespecíficos con balance de masas basados en la aproximación Ecopath with Ecosim, EwE (Christensen and Pauly, 1993; Walters *et al.*, 1997) para ecosistemas del norte (Barros *et al.*, in press), centro (Arancibia and Neira, 2008; Arancibia *et al.*, 2010a; Arancibia *et al.*, 2010b) y sur de Chile (Neira *et al.*, 2012), considerando presas desde fitoplancton y zooplancton hasta depredadores tope. Básicamente, Ecopath es un modelo que representa interacciones entre grupos funcionales y se basa en dos ecuaciones principales para describir (i) la utilización de la producción de cada grupo del modelo en el sistema, y (ii) el balance de masa en cada grupo del modelo. El principal supuesto de la primera ecuación es que la utilización de la producción de cada grupo  $i$  puede separarse en los siguientes componentes:

Producción = capturas + mortalidad por depredación + acumulación de biomasa + migración neta + otras mortalidades

O más formalmente,

$$P_i = Y_i + B_i \cdot M2_i + E_i + BA_i + P_i \cdot (1 - EE_i)$$

Donde:  $P_i$  es la tasa de producción total del grupo  $i$ ;  $Y_i$  es su tasa de captura total;  $M2$  es la tasa de depredación total para el grupo  $i$ ,  $B_i$  es la biomasa total del grupo  $i$ ;  $E_i$  es la tasa de migración neta (emigración-inmigración),  $BA_i$  es la acumulación de biomasa del grupo  $i$ ;  $P_i (1 - EE_i) = MO_i$  es la tasa de "otra mortalidad" y que corresponde a aquella mortalidad que es independiente de la depredación y las capturas.

La ecuación anterior puede re-expresarse como:

$$B_i \cdot \left( \frac{P}{B} \right)_i - \sum_{j=1}^n B_j \cdot \left( \frac{Q}{B} \right)_i \cdot DC_{ji} - \left( \frac{P}{B} \right)_i \cdot B_i \cdot (1 - EE_i) - Y_i - E_i - BA_i = 0$$

Donde:  $(P/B)_i$  es la razón producción biomasa, que es equivalente a la mortalidad total  $Z_i$  bajo ciertas condiciones;  $(Q/B)_i$  es la razón consumo de biomasa;  $DC_{ji}$  es la fracción de la presa  $i$  en la dieta del predador  $j$ .

A su vez, la ecuación básica de Ecosim describe la dinámica de los grupos funcionales en el ecosistema de la siguiente forma:

$$\frac{dB_i}{dt} = f(B) - M_0 B_i - F_i B_i - \sum_{j=1}^n C_{ij}(B_i, B_j)$$

Donde:  $f(B)$  es una función de  $B_i$ ;  $F_i$  es la tasa de mortalidad por pesca del grupo  $i$ ;  $c_{ij}(B_i, B_j)$  es la función que predice el consumo de la presa  $i$  por el predador  $j$ .

## Resultados

Para el ecosistema del norte de Chile (21 grupos funcionales), la mortalidad por depredación (M2) es la principal fuente de mortalidad en el sistema, particularmente en anchoveta (*Engraulis ringens*) y peces mesopelágicos, aunque la mortalidad por pesca (F) es importante en anchoveta, caballa (*Scomber japonicus*), dorado de altura (*Coriphaena hyppurus*) y jurel (*Trachurus murphyi*). Los depredadores tope en el sistema son jibia (*Dosidicus gigas*), lobo marino (*Otaria flavescens*), aves marinas, delfín común, cetáceos, tiburones pelágicos y pez espada (*Xiphias gladius*).

Para el ecosistema de Chile central (29 grupos funcionales), las principales presas son peces mesopelágicos, anchoveta (juvenil), sardina común (juvenil) y zooplancton, y los depredadores tope son lobo marino, jibia, aves marinas y otros. La principal causa de mortalidad es la depredación, aunque la mortalidad por pesca es más importante en recursos pesqueros. La jibia no es el principal responsable de la mortalidad de merluza común (*Merluccius gayi*), sino el canibalismo y la pesca.

En el ecosistema de la zona sur-austral (13 grupos funcionales), la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) juvenil es un componente clave como principal presa de otros recursos pesqueros tal como merluza austral (*Merluccius australis*) y la propia merluza de cola (adultos) vía canibalismo, aunque la mortalidad por pesca es muy importante en congrio dorado (*Genypterus maculatus*), merluza de cola adultos y merluza austral.

## Referencias

- Arancibia H. and S. Neira. 2008. Overview of the Chilean hake (*Merluccius gayi*) stock, a biomass forecast, and the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) predator-prey relationship off central Chile (33°S – 39°S). CalCOFI Report, 49: 104 – 115.
- Arancibia H., R. Roa, S. Neira, E. Niklitschek y M. Barros. 2010a. Informe Final Proyecto FIP 2009-22. Evaluación de estrategias de recuperación en la pesquería de merluza común. Universidad de Concepción, 302 p. + Anexos.
- Arancibia, H., S. Neira, M. Barros, C. Gatica, M. J. Zúñiga, R. Alarcón y E. Acuña. 2010b. Formulación e implementación de un enfoque multiespecífico de evaluación de stock en recursos demersales de la zona sur austral – Fase I. Informe Final Proyecto FIP 2008-23. Universidad de Concepción / Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A., 303 p. + Anexos.
- Barros, M. E., S. Neira and H. Arancibia. In press. Trophic interactions in northern Chile upwelling ecosystem, year 1997. Latin American Journal of Aquatic Research, 42(5):
- Christensen V., C.J. Walters, D. Pauly. 2005. ECOPATH with ECOSIM: a User's Guide. Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, November 2005 edition, 154 p.
- Neira, S., H. Arancibia, R. Alarcón, M. Barros, S. Cahuin, L. Castro, L. Cubillos, C. Castillo, G. Daneri, H. González, J. Iriarte, S. Lillo, P. Montero. 2012. Informe Final Proyecto "Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral (ID 4728-23-LP11)". Universidad de Concepción, 266 p. + Anexos.
- Walters, C., V. Christensen, D. Pauly. 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 7: 139-172.



# Pronóstico de la pesquería palangrera de pez espada (*Xiphias gladius*) frente a Chile bajo el escenario A2-IPCC del cambio climático

**Claudio Silva<sup>1</sup>, Eleuterio Yáñez<sup>1</sup>, Claudio Bernal<sup>2</sup> y M.A. Barbieri<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Altamirano 1480 Valparaíso, Chile.  
claudio.silva@ucv.cl

<sup>2</sup>Instituto de Fomento Pesquero, Blanco 839, Valparaíso, Chile.

Estudios recientes muestran los efectos del cambio climático, tanto en las condiciones oceanográficas como en la abundancia y distribución de recursos pesqueros. Se estudian los impactos del cambio climático en la pesquería industrial de pez espada que se desarrolla frente a Chile utilizando predicciones de modelos climáticos globales (modelo NCAR escenarios de emisión A2 del IPCC), modelos bioclimáticos y temperatura superficial del mar (TSM) estimada de modelos regionales de alta resolución para el período 2020 a 2065. Las predicciones de TSM de modelos climáticos globales se regionalizaron usando la técnica Delta de regionalización (downscaling) estadística.

Los resultados demuestran una tendencia en el aumento de la temperatura superficial del mar de aproximadamente 0.0196°C por año en la zona de estudio, equivalente a 0.98°C para el horizonte de simulación y para un escenario de alta emisión de CO<sub>2</sub> (A2). El modelo bioclimático se desarrolla con datos históricos (2001-2011) ambientales y pesqueros mensuales incluyendo el índice de abundancia relativa captura por unidad de esfuerzo (CPUE) que corresponde a la captura (kg) por cada 1000 anzuelos calados en una cuadrícula de pesca de 1° latitud x 1° longitud. Los datos ambientales incluyen: temporal (mes), espacial (latitud) y físico (TSM).

La modelación bioclimática consiste en construir un modelo aditivo generalizado (GAM) como herramienta exploratoria para identificar las relaciones funcionales entre variables ambientales y CPUE, luego se parametrizan estas relaciones utilizando un modelo lineal general (GLM) para proveer una herramienta de predicción robusta. Utilizando este enfoque de modelación, las variables ambientales explican el 58.7% de la variación de la CPUE de pez espada en el modelo GLM final.

Usando el SIG IDRISI, estos modelos GLM simulan cambios en la abundancia relativa y distribución del pez espada forzado por los cambios en la TSM regionalizada. Las simulaciones predicen una leve disminución de 3% (12 kg/1000 anzuelos) en el promedio espacial de la abundancia relativa de pez espada hacia 2065.

Financiamiento: Proyectos FONDECYT (1130782) y FONDEF (D1111137) de CONICYT. Marzo 2013 – Septiembre 2015.



# Métodos y tecnologías actuales para el estudio de tramas tróficas

**Sergio Mora O.<sup>1</sup>, Patricio Barría M.<sup>2</sup>**

1 Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Colón 3656, Talcahuano.sergio.mora@ifop.cl.

2 Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Blanco 839, Valparaíso.

En general, el consumo de alimento en vertebrados se analiza desde la perspectiva de conocer: que cosa es comida, que patrones están involucrados en el proceso de alimentación y cuanto es comido. A estos tópicos se agregan otras consideraciones a conocer, tales como *amplitud dietaria, sobre posición de alimento con otras especies, posibles mecanismos de partición de los nichos en especies simpátricas*, saber que ocurre con el alimento una vez ingerido, *incluyendo las tasas de digestión y evacuación del alimento*, pasando por antecedentes que es necesario conocer como es la absorción, asimilación y conversión de alimento ingeridos (Bradley M. Wetherbee B.M. & Eric Cortés; 2004).

El conocimiento de cada una de estos tópicos se realiza ocupando diversos métodos y técnicas por lo cual el propósito de esta presentación es examinar los principales métodos de análisis de contenido gástrico y revisar brevemente algunas ventajas y desventajas de cada uno de ellos y como pueden influir en la apreciación de los reales hábitos alimentarios y de qué manera se pueden considerar como una fuente confiable en la descripción de las dietas de peces y otros vertebrados marinos

Los primeros estudios se limitaron a describir o cuantificar en forma sencilla las presas que conformaban la dieta de las diferentes especies, utilizándose esta información como base para determinar la importancia de cada presa en los hábitos alimentarios de los respectivos depredadores. Como lo anterior no era suficiente, nació la importancia de disponer de estudios que describieran en forma más rigurosa las dietas de las distintas especies (cambios ontogenéticos, variación geográfica en la dieta, efecto del sexo, amplitud de la dieta, sobreposición trófica, etc.), idea que fue reforzada por Schindler *et al.*, (2002) quienes plantearon que dicha información adquiriría mucha importancia para la formulación de modelos predictivos del impacto de la pesca sobre relaciones depredador- presa en ambientes marinos. Una información detallada de cada uno de estos tópicos fortalece los diseños y análisis de balance de masa, sirve para la construcción y análisis de redes tróficas, facilita la determinación de la topología de especies clave, llegando incluso a enriquecer los análisis de estructura de redes con relación a la pérdida de biodiversidad y robustez de las redes tróficas.

## Tamaño de la muestra

En general, lo primero que se debe considerar en estos estudios es si el tamaño de la muestra describe con precisión la dieta de un depredador, para lo cual, Cortés, (1997), propuso utilizar la medida de

diversidad trófica o curva de acumulación de especies. Se sugiere además que la construcción de esa curva sea un proceso aleatorio, utilizando el sistema estadístico de iteraciones.

### **Cuantificación de la dieta**

Lo más básico de un estudio sobre dieta de una especie, corresponde a un simple listado de los ítems presas, donde se identifican taxonómicamente. Este agrupamiento es la base para clasificar a las especies en los diferentes niveles tróficos y todos los otros estudios que se desarrollen. Posterior a este simple listado es preciso avanzar hacia una cuantificación de los ítems encontrados, usando conteos, obteniendo los siguientes tópicos:

- Número de estómagos con una presa específica (Frecuencia de ocurrencia; **O**)
- El número total de una presa específica encontrada en los estómagos (**N**).
- Peso total (**W**) o volumen (**V**) de un ítem presa específico

Cada uno de ellos tiene deficiencias para expresar con seguridad la cantidad de varias presas que constituyen la dieta de un consumidor. Así, el conteo puede dar la impresión que un ítem específico muy frecuente en los estómagos, representa una de las más importantes presas. Sin embargo, si son pequeñas, pueden representar solo una pequeña porción del total de alimento consumido. De igual modo, el peso o volumen de una sola presa grande, implicaría que esta presa es la mayor componente de la dieta, cuando en el hecho muy pocos individuos pueden haberlo consumido. Para sobrellevar tales limitaciones, la dieta a menudo ha sido establecida en términos de un uso combinado de estos índices, tales como el índice de importancia relativa (Pinkas et al. 1971).

$$IIR = \%F (\%W + \%N)$$

Esta expresión compuesta de la dieta provee estimaciones menos sesgadas de la contribución de varias presas en la dieta de un consumidor. Se utiliza también el %IIR (Cortés 1997), como una manera del estandarizar el IIR para efectos comparativos.

### **Desarrollo de nuevos métodos**

El desarrollo tecnológico ha permitido que existan avances en nuestra capacidad para evaluar la dieta de los depredadores topes, basados sobre el análisis de compuestos bioquímicos y desarrollo de marcadores acústicos, con sus ventajas y limitaciones por lo cual se aconseja un uso combinado de los métodos, obteniendo de esa forma una poderosas herramientas para estudios tróficos.

### **Trazadores Bioquímicos**

Estas técnicas permiten un análisis de la dieta integrada sobre tiempo y espacio además proveen métodos bien establecidos para la investigación de relaciones tróficas, que ofrecen varias ventajas sobre el análisis del contenido estomacal.

## **Métodos de isótopos estables**

Es una técnica complementaria al tradicional análisis del contenido estomacal y utiliza como marcadores bioquímicos al  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ . Es un indicador de la posición relativa del nivel trófico y entrega información integrada sobre una escala de tiempo.

Los valores del isótopo  $\delta^{15}\text{N}$  son típicamente usados para estimar el nivel trófico, debido a que los consumidores son isotópicamente enriquecidos en comparación a su presa en un rango de un 3 a 5%. De este modo, el  $\delta^{15}\text{N}$  de cada animal llega a constituirse en un índice, respecto a la posición trófica relativa al  $\delta^{15}\text{N}$  de un productor primario o consumidor. Los isótopos de nitrógeno pueden ser usados como trazadores tanto como del camino trófico, así como movimientos geográficos de depredadores tope y presas (Popp *et al.*, 2007).

En contraste, los valores del  $\delta^{13}\text{C}$  permanecen relativamente inalterados en los diferentes niveles tróficos, variando en promedio en aproximadamente un 1% entre el paso desde el fitoplancton hasta un depredador tope. Por esta razón son utilizados como indicadores de cambios que ocurren en la base de la cadena alimenticia en el espacio y tiempo.

En ecosistemas marinos, valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de depredadores tope han sido usados para evaluar la explotación de los hábitat de altas Vs bajas latitudes y costeros Vs oceánicos

## **Método de ácidos grasos.**

Esta técnica está basada sobre el hecho de que organismos que se encuentran en la base de la cadena trófica, tienen perfiles de ácidos grasos, que son transportados, casi sin modificar, a depredadores de niveles superiores (Parrish, 2013). Este método tiene grandes ventajas de identificación, ya que el número de ácidos grasos que pueden ser bio-sintetizados por los animales es limitado, por lo cual la presencia de algunos compuestos sólo se puede atribuir a su dieta y de este modo se pueden obtener medidas de mayor precisión sobre la composición de la dieta de especies de depredadores tope. Además, ha mostrado ser un poderoso método para la valoración de transferencia de energía en especies individuales y ecosistemas marinos.

## **Elementos en traza y metales.**

Son elementos que se acumulan en tejidos blandos y duros de los depredadores tope (Ramos y González-Solís, 2012)

Los compuestos persistentes inorgánicos (ej. cadmio) y orgánicos (ej. PAHS, PCB y pesticidas), junto con metales en traza (ej. Methylmercurio) han probado ser muy útiles, mayormente debido a su alta capacidad de transferirse de presa a depredador, muy absorbibles en el estómago y limitada capacidad para ser metabolizados. Estos compuestos pueden ser usados para indicar contaminación antropogénica, tales como las que provienen de gasolinas e hidrocarburos de derrames de petróleo (Young *et al.*, 2014)

En estudios de alimentación, ellos pueden ser usados para mostrar una dieta especializada o hábitat alimenticio, tales como el consumo de presas de profundidad basados en los niveles de mercurio (Choy *et al.*, 2009) y el consumo de cefalópodos, donde se utiliza el cadmio (Bustamante *et al.*, 1998).

**El método molecular** es rápido e inequívoco para la identificación visual de especies presentes en el contenido estomacal (King *et al.*, 2008).

Esta técnica usa marcadores genéticos cortos del DNA, obtenido de tejidos de organismos pertenecientes a una especie en particular. La región de barcode más comúnmente utilizada, corresponde a un segmento de aproximadamente 600 pares de bases del gen mitocondrial Citocromo oxidasa1 (COI

Ensayos realizados en especies presas específicas pueden ser utilizadas para detectar la presencia de estas presas en un rango de potenciales depredadores (Albaina *et al.*, 2010); Albaina *et al.* 2012). La aplicación de tales técnicas moleculares puede proveer un rápido screening de un gran número de potenciales especies para un taxón presa dado. Esta técnica puede incluir estados críticos como son los huevos y larvas que de otra manera son difíciles de identificar visualmente. En este sentido, el rápido avance de metodologías de barcoding de DNA, proveen un medio adicional para identificar contenidos de estómagos a nivel taxonómico, lo cual puede ser usado para validar estudios de isótopos estables, por ejemplo. Esta técnica se ha usado en pinnipedios, encontrando una gran presencia de presas cartilaginosas y otros organismos de cuerpo blando en la alimentación marina

Existe un potencial para establecer un metabacoding de DNA, para resolver la importancia de organismos gelatinosos y otros de cuerpos blandos. Existen iniciativas en torno a crear un banco de DNA a gran escala, que constituyan una gran base de datos y que ayuden como referencia para identificar potenciales especies presas.

### **La telemetría**

Este método permite que los hábitats de los organismos puedan ser mapeados y desde allí poder hacer algunas inferencias de alimentación.-

La telemetría informa sobre aspectos de trofodinámica en dos formas: 1) la localización espacial de animales en el mar y las profundidades que ellos frecuentan, informando sobre los requerimiento del hábitat e infiere sobre el tipo de presa 2) Algunos aparatos proveen información directa del tipo de presa, aunque la composición exacta de la presa es raramente observada directamente. Las cámaras en los animales permiten observación directa del tipo de presa y frecuencia de captura de la presa (Davis *et al.*, 2013; Madden *et al.*, 2008). Nuevos sensores adheridos a las mandíbulas han permitido observación directa de la frecuencia de alimentación. La miniaturización de los sensores y la instrumentación está disponible para ampliar el uso de tales métodos (Davis, 2008)

## Referencias bibliográficas.

- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish, Aquat. Sci.* 54:726-738.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES J. Mar. Sci.* 56:707-717.
- Davis, R. W., 2008. Bio-logging as a method for understanding natural systems, international Conference on informatics Education and research for Knowledge- Circulating Society, 2008. IEEE, pp. 12-17.
- Davis, R.W., Fuiman, L.A., Madden, K.M., Williams, T.M. 2013. Classification and behavior of free- ranging Wedell seal dives based on three-dimensional movements and- video-recorded observations. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 88-89, 65-77.
- Hanzen, E.L., Maxwell, S.M. Bailey, H., Bograd, S.J. Hamann, M., Gaspar, P., Godley, B.J., Shillinger G.L., 2012. Ontogeny in marine tagging and tracking science: Technologies and data gaps. *Marine Ecology progress series* 457,221-240.
- Hindell, M. a., Crocker, D.E., Mori, Y., Tyack. P.L., 2010. Foraging behavior, marine mammal ecology and conservation: A handbook of techniques. Oxford University Press, New York, pp. 243-262.
- Hopkins III, J.B., Ferguson, J.M., 2012. Estimating the diets of animals using stable isotopes and comprehensive Bayesian mixing model. *Plos One* 7,e28478.
- Hyslop, E.j., 1980. Stomach content analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17, 411-429.
- King, R.A., Read, D.S., Traugott, M., Symondson, W.O.C. 2008. Molecular analysis of predation: a review of best practice for DNA-based approaches. *Molecular Ecology* 17. 947-963.
- Madden, K., Fuiman, L., William, T., Davis, R., 2008. Identification of foraging dives in free-ranging Wedell seals *Leptonychotes weddellii*: confirmation using records. *Marine Ecology Progress Series* 365, 263-275..
- Madden, K., Fuiman, L., William, T., Davis, R., 2008. Identification of foraging dives in free-ranging Weddell seals *Leptonychotes weddellii*: Confirmation using video records. *Marine Ecology Progress Series* 365, 263-275.
- Masbou, J., Point, D., Sonke, J.E., 2012. Application of a selective extraction method for methylmercury compound specific stable isotope analysis (MeHg-CSIA) in biological material. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 28, 1620-1628.
- Parrish, C.C. 2013. Lipids in Marine Ecosistem. *ISRN Oceanography*

- Papastamatiou, Y.P., Meyer, C.G., Carvalho, F., Dale, J.J., Hutchinson, M.R., Holland, K.N., 2013. Telemetry and random-walk models reveal complex patterns of partial migration in a large marine predator. *Ecology* 94, 2595-2606.
- Pethybridge, H. R., Nichols, P.D., Virtue, P., P., Jackson, G.D., 2013. The foraging ecology of an oceanic squid, *Todarodes filippovae*: The use of signatures lipid profiling to monitor ecosystem change. *Deep Sea research Part II: Topical studies in Oceanography* 95, 119-128..
- Popp, B.N., Graham B.S., Olson R.J., Hannides C.C., Lott M.J., López-Ibarra G.A., Galván-Magaña F, B, F., 2007. Insight into the trophic ecology of yellowfin tuna, *Tunnus albacares*, from compound-specific nitrogen isotope analysis of proteinaceous amino acids. *Stable Isotopes as indicators of Ecological change*, Elsevier/Academic press.
- Ramos, R., J., González-Solis. 2012. Trace me if you can: The use of intrinsic biogeochemical markers in marine top predators. *Frontiers in Ecology and the environment* 10, 258-266..
- Wetherbee, B. M. y E. Cortés. 2004. Food consumption and feeding habits. 225-246. En: Carrier, J. C., J. A. Musick y M. R. Heithaus (Eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press. Boca Ratón, EE. UU. 596 p.
- Young J.W., Brian P.V., Hunt, T., Cook, J., Llopiz, E., Hazen, H., Pethybridge, D., Ceccarelli, A., Lorrain, R. J., Olson, V., Allain, C., Menkes, T., Patterson, S., Nicol, P., Lehodey, R., Kloser, H., Arrizabaga, C.A., Choy. The trophodynamic of marine top predators: Current knowledge, recent advances and challenges. *Deep-Sea research II*, <http://doi.org/10.1016/j.dsr2.2014.05.015>

**Tabla 1.**

Resumen de métodos empíricos utilizados para estudios de trofodinámica  
(Tomado de Young, J. W. *et al.*, 2014)

Métodos	Aplicación	Limitaciones	Futuras direcciones y prioridades	Tipo de referencia
<p>Contenido estomacal: (%N,%P,%F, IIR, %IIR)</p>	<p>Alta resolución taxonómica.</p> <p>Descripción de la composición de dietas.</p> <p>Se puede obtener la tasa de consumo</p>	<p>Consumidor de tiempo</p> <p>Requiere de grandes números de muestras letales.</p> <p>Digestión diferenciada de grupos de presas conducen a una evaluación sesgada, no permitiendo el reconocimiento de las especies.</p>	<p>Esfuerzo continuado para estandarizar el tratamiento de los datos de estómagos (ej. Usando clasificaciones completas y árbol de regresión Kunhet <i>et al.</i> 2010</p>	<p>Hyslop (1980)</p>
<p><b>Trazadores Bioquímicos</b>  (<b>incluye los métodos de: Isotopos estables, ácidos grasos, contaminantes y elementos en traza y métodos moleculares</b>)</p>	<p>-Actúan sobre compuestos previsiblemente alterados-mejorando el conocimiento sobre tiempo y espacio.</p> <p>-Se pueden utilizar diferentes tejidos de los organismos, para conocer las dietas en diferentes tiempos (días, años) y escalas biológicas (especie a sistemas).</p> <p>-Requiere menor cantidad de muestra que los análisis de contenido estomacal.</p> <p>-Puede no ser letal (utilizando biopsias de tejidos, dientes, escamas de peces, pelos, etc).</p> <p>-Otorgan la oportunidad para análisis retrospectivo.</p>	<p>Pobre comprensión de la influencia de procesos metabólicos sobre las señales bioquímicas y escasos de datos sobre amplio espectro de potenciales presas de los depredadores topes</p> <p>Requieren conocimiento de la presa clave de un organismo y de su composición bioquímica en el área de estudio.</p> <p>A menudo está basada sobre asunciones no probadas o irreales relacionadas a escasos de estudios experimentales.</p> <p>Múltiples fuentes con la misma señal.</p>	<p>Avances y estandarización de métodos estadísticos.</p> <p>Multi trazadores y acercamiento de la combinación entre trazadores y telemetría.</p> <p>Comprensión del estado dinámico de los constituyentes del cuerpo de presas y predadores.</p> <p>Más experimentos de laboratorio</p>	<p>Ramos &amp; González-Solis (2012); Hopkins &amp; Ferguson (2012);</p> <p>Budge <i>et al.</i> (2006);</p> <p>Parrish (2013);</p> <p>Masbou <i>et al.</i>(2013)</p> <p>Germain <i>et al</i> (2013);</p> <p>Albaina <i>et al</i> (2012)</p>
<p><b>Telemetría</b>  (<b>o marcadores electrónicos</b>)</p>	<p>Distribución mapeada</p> <p>Estimaciones de donde y cuando un predador interactúa con la presa.</p> <p>Conteo en tiempo real de los patrones de movimiento de los diferentes organismos y las condiciones medioambientales.</p>	<p>Son caros (limita el tamaño de las muestras).</p> <p>Asume que el comportamiento individual de corto tiempo, es reflejo de la población media</p> <p>Imposible de ser instalados sobre organismos pequeños o gelatinosos debido al peso del aparato o resolución de los registradores.</p>	<p>Miniaturización de sensores e instrumentación de amplio uso.</p> <p>Incremento de la duración de las baterías, de manera que serie de datos de más largo tiempo puedan ser colectados.</p>	<p>Evans <i>et al</i> (2012);</p> <p>Papastamatiou <i>et al</i> (2013), Hanzen <i>et al</i> (2012);</p> <p>Hindel <i>et al.</i> (2010).</p>



## Aplicación de isótopos estables para determinación de dietas.

---

*Sebastian López K.\**

\*Centro de Investigación Marina Quintay CIMARQ. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Andrés Bello. Av. República 237, Santiago, Chile. slopez@unab.cl.



# Aspectos metodológicos del estudio de la dieta del calamar gigante y otros mesodepredadores

*César Fernández Ojeda*

Área Funcional de Investigaciones en Peces Demersales, Bentónicos y Litorales (AFIPDBL). Instituto del Mar del Perú, IMARPE, Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú. cfernandez@imarpe.gob.pe

## Objetivos

Determinar y cuantificar las relaciones tróficas del calamar gigante, *Dosidicus gigas*, y otros mesodepredadores como el perico, *Coryphaena hippurus*, y el bonito, *Sarda chiliensis chiliensis*, para definir la estructura y dinámica de la red alimentaria del ecosistema marino de Perú con la finalidad de obtener insumos necesarios para la toma de decisiones en el manejo de la pesquería dentro del marco del enfoque ecosistémico.

Además se analizaron las relaciones tróficas intra e interespecíficas, se cuantificó la depredación que podrían ejercer el calamar gigante, el perico y el bonito sobre especies de importancia comercial; también se rescató y almacenó información básica de la dieta y finalmente formular un modelo conceptual del ecosistema (espacial-temporal).

## Métodos

Se estimó el tamaño mínimo de la muestra, a través de la curva de acumulación de especies para cuantificar el esfuerzo del muestreo. El número de estómagos colectados puede ser una medida indirecta del esfuerzo del muestreo; a mayor esfuerzo, mayor número de estómagos colectados. Se utilizó el programa Primer versión 6.

Para el análisis del contenido estomacal del calamar gigante, perico y bonito se siguió un procedimiento similar.

La colecta provino de las capturas de la flota artesanal e industrial a lo largo del litoral peruano. Se utilizó el método de muestreo al azar simple y se consideraron todos los individuos registrados en el muestreo biológico. Se registraron en la ficha de muestreo los datos: fecha, puerto de desembarque, área isoparalitoral, talla, peso, sexo y estadio de madurez de cada individuo. Las muestras se colectaron en recipientes plásticos y se preservaron con alcohol al 96%. Los estómagos provenientes de los laboratorios costeros llegaron atados con pavilo, en orden correlativo y fijados con formol al 10%.

Cada contenido estomacal se vertió en placas de Petri, se observó y separó con ayuda de un microscopio estereoscópico (60X y 120X). Muchas veces este contenido presentó alto grado de digestión, por lo tanto, se filtró la muestra con tamices de 500  $\mu$  y se obtuvo estructuras duras: otolitos, huesos, picos de cefalópodos y cefalotórax de crustáceos que permitieron la determinación de las presas al mínimo taxón posible con la ayuda de la bibliografía especializada para peces (Fitch y Brownell 1968, Chirichigno 1998, García-Godos 2001), cefalópodos (Wolff 1984), crustáceos (Méndez 1981), moluscos (Alamo y Valdivieso 1987) y plancton (Trégouboff 1957, Newel 1963). Luego las presas se cuantificaron y pesaron por taxón. La información se anotó en un formulario de muestreo, digitada en una hoja de cálculo Excel y se revisó.

La información del número y peso se expresó en cantidades relativas de acuerdo con los criterios de agrupamiento por tallas (cada 5 cm) y latitud (norte de 3°-9°S, centro de 10°-14°S y sur de 15°-18°S), distancia de la costa (0-60 mn, 61-90, 91-150, >150) según los métodos numérico (% N), gravimétrico (% P) y de frecuencia de ocurrencia (% FO) (Berg 1979, Hyslop 1980). Además se utilizó el Índice de Importancia Relativa (IRI) descrito por Pinkas *et al.* (1971) (en Lima & Goitein, 2001; Aguilar & González, 2010) y modificado por Hacunda (1981) (Jaramillo, 2009). Se calcula sumando los porcentajes en número y peso, multiplicando esta suma por la frecuencia de ocurrencia expresada en porcentaje, por cada tipo de alimento (Figura 1).

El tratamiento estadístico, utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que es un método de comparación múltiple ANOVA no paramétrico debido a la alta variabilidad en los pesos de contenido estomacal, se determinó qué poblaciones presentaban diferencias significativas. Además el análisis de similaridad dietaria, donde la matriz de datos básicos de la dieta de las especies de importancia comercial tiene la estructura  $S \times n$ , ( $S$  = número de muestras, fechas, estaciones, zonas de procedencia, etc.;  $n$  = especies-presa). Se empleó la transformación de tipo raíz cuarta para reducir la variabilidad de los datos. En otras palabras, se comprimió los valores altos y expandió los valores pequeños (Giraldo y Rodríguez 1997). El método de clasificación mediante el criterio de promedio por pares agrupados produce un dendrograma de fácil interpretación. La ventaja es la simplicidad de la representación gráfica. El ordenamiento espacial y de tipo complementario a la clasificación se empleó la técnica MDS (escalamiento multidimensional). El valor del estrés fue el indicador del ajuste (Clarke 1993). Y para complementar los resultados se utilizó el modelo aditivo generalizado (GAM) con el fin de determinar la relación entre el peso promedio de la llenura estomacal con la talla, latitud, distancia de la costa y tiempo (Hastie y Tibshirani 1990, Wood 2006). El GAM se define como un método semi-paramétrico que mediante funciones suavizadas permite determinar la relación entre variables ambientales y bióticas (Swartzman 1997).





## Aplicación de ácidos grasos para determinar presas en depredadores tope

*Ángel Urzúa<sup>1</sup>, Sergio Mora<sup>2</sup>, Nicole Badilla<sup>1</sup>,*

1: Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción-UCSC, Concepción, Chile.

2: Instituto de Fomento Pesquero-IFOP, Talcahuano, Chile.

La estructura de la red trófica o alimentaria, la dinámica depredador-presa, el comportamiento de forrajeo, y las consecuencias de estos factores para el crecimiento individual, la reproducción y la supervivencia son fundamentales para nuestra comprensión de la estructura y funcionamiento del ecosistema. Por otra parte, en el contexto actual de la comprensión y manejo de los ecosistemas ante el cambio climático global, se plantean importantes preguntas tales como: ¿Cuáles son las presas críticas de consumidores clave en relación con la abundancia de presas, la disponibilidad y la calidad nutricional? ¿Cuáles son los procesos eco-sistémicos responsables de la producción de la red alimentaria? .Un requisito fundamental para responder estas preguntas, y entender cualquiera de estas áreas, es un evaluación precisa de las relaciones tróficas y las dietas de los consumidores. Sin embargo, en ecosistemas marinos, esa información por lo general no es fácil o fiable de obtener. En estos ecosistemas, la relativa inaccesibilidad de capturar organismos marinos de vida libre y la imposibilidad de observar directamente las interacciones entre especies hacen que sea difícil de caracterizar con precisión la dieta de las especies marinas. Los métodos tradicionales, tales como el examen de contenido intestinal, han sido reconocido como evaluaciones sesgadas además representan sólo “fotos instantáneas” de comidas recientes y pueden por lo tanto no ser indicadores fiables de la dieta de una especie a largo plazo. Por lo tanto, métodos alternativos han sido desarrollados, los cuales utilizan diversos tipos de marcadores tróficos. Uno de los más prometedores de estos métodos es el uso de lípidos y ácidos grasos (AG) para estudiar la dinámica de la red alimentaria.

Los lípidos comprenden un gran grupo de compuestos químicamente heterogéneos, la mayoría de los cuales incluyen ésteres de AG como parte de su estructura. Los AG representan los «bloques de construcción» de los lípidos y son el mayor componente de los lípidos neutrales (NL), tales como los triglicéridos (TAG) y ésteres de cera (WE), así como de los fosfolípidos polares (PL). Todos los AG consisten en cadenas de átomos de carbono, que son comúnmente pares y rectos, conteniendo 14-24 átomos de carbono y 0-6 dobles enlaces, con un grupo metilo terminal ( $\text{CH}_3$ ) en un extremo y un grupo carboxilo ( $\text{COOH}$ ) en el otro. El conjunto de AG presente en la naturaleza es excepcionalmente complejo con la posibilidad de identificar de forma rutinaria 70 AG dentro de un organismo dado.

Tres características de los AG y sus patrones de almacenamiento, lo postulan y confirman como marcadores útiles de las dietas y de la estructura de la red alimentaria marina. En primer lugar, los

organismos son capaces de bio-sintetizar, modificar la longitud de las cadenas, e introducir dobles enlaces en los AG, pero ellos están sujetos a las limitaciones de estos procesos bioquímicos en función del grupo filogenético e incluso de especies. Tales limitaciones generalmente incrementan con el aumento de orden filogenético, culminando en los vertebrados. En segundo lugar, a diferencia de otros nutrientes dietarios (e.g. proteínas e hidratos de carbono), que se descompone completamente durante la digestión, los AG se liberan a partir de moléculas de lípidos ingeridos durante la digestión, pero generalmente no se degradan, y se toman por los tejidos en su forma básica. Las importantes consecuencias de estas restricciones dentro de las plantas, bacterias y animales, y la absorción de AG intactos por los tejidos de los consumidores, es que los isómeros individuales así como las “familias” de los AG se bio-acumulan a través de las cadenas alimentarias, y ellos pueden ser rastreados o buscados hasta el origen de la red alimentaria específica. En tercer lugar, a diferencia de la mayoría de los nutrientes, la grasa se almacena en los cuerpos de los animales en reservorios. Estas sustanciales reservas pueden posteriormente ser movilizadas para proporcionar combustible para la demanda de energía a corto o largo plazo. Por lo tanto, los AG se acumulan con el tiempo y representan una integración de la ingesta alimentaria durante días, semanas o meses, dependiendo del organismo y su ingesta de energía y tasas de almacenamiento.

Desde mediados de la década de 1930, numerosos estudios han demostrado la transferencia de AG desde la presa al depredador, tanto en la base y el ápice de las redes tróficas. Hasta hace poco, los AG se han utilizado en gran medida de forma cualitativa o semi-cuantitativa para inferir aspectos de las redes alimentarias. Sin embargo, avances recientes implican el desarrollo de métodos que utilizan los AG para estimar cuantitativamente dietas de los depredadores individuales y/o topes. En el presente estudio, se discuten diferentes formas cualitativas y cuantitativas en la que los lípidos y AG pueden ser utilizados en la red alimentaria y estudios de ecología de forrajeo, y los métodos necesarios para sus aplicaciones en el desarrollo y manejo de pesquerías sustentables.

Los ácidos grasos pueden ser utilizados para estudiar las relaciones tróficas y las redes alimentarias en varias vías, de forma de proporcionar información relevante sobre los consumidores y sus dietas. Un enfoque asume que los consumidores de filogenia similares también comparten similitudes en su capacidad de bio-sintetizar, digerir, y modificar los AG dietarios. Por lo tanto, la búsqueda de diferencias o cambios en la composición AG permite hacer inferencias acerca de las diferencias o cambios en la dieta de los depredadores, tanto dentro como entre las poblaciones, sin tratar de especificar que especies presas son comidas. El segundo enfoque utiliza bio-marcadores individuales para inferir o, posiblemente, identificar las relaciones depredador-presa. Estos bio-marcadores tienden a ser relativamente raros en la naturaleza, especialmente en los niveles tróficos superiores, pero cuando se encuentran en los consumidores pueden indicar el consumo de taxones específicos en los niveles tróficos inferiores o bajos. Más recientemente, un tercer enfoque ha sido desarrollado. Este utiliza un modelo estadístico que combinado con coeficientes del metabolismo del depredador y una amplia base de datos de AG de la presa, permiten estimar cuantitativamente la composición de especies de la dieta de los depredadores desde sus reservas de AG. Los tres enfoques pueden proporcionar información valiosa acerca de las dietas de los consumidores, desde la ecología de forrajeo y las relaciones presa-depredador, que de otra forma no se podrían obtener en los ecosistemas acuáticos complejos como es la red trófica marina.

## Avances en modelos tróficos de balance de masas en ecosistemas marinos de Chile

Sergio Neira<sup>1,2</sup> y Hugo Arancibia<sup>1,3</sup>

1: Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción. Casilla 160-C, Concepción

2: Email: seneira@udec.cl

3: Email: harancib@udec.cl

### Resumen

Se presenta ejemplos de modelos ecotróficos multiespecíficos con balance de masas (Ecopath) en su versión dinámica (Ecosim), EwE (Christensen and Pauly, 1993; Walters *et al.*, 1997) para ecosistemas del centro (Arancibia and Neira, 2008; Arancibia *et al.*, 2010a) y sur de Chile (Arancibia *et al.*, 2010b; Neira *et al.*, 2012), considerando presas desde fitoplancton y zooplancton hasta predadores tope. La ecuación básica de Ecosim es la siguiente:

$$B_i \cdot \left(\frac{P}{B}\right)_i - \sum_{j=1}^n B_j \cdot \left(\frac{Q}{B}\right)_j \cdot DC_{ji} - \left(\frac{P}{B}\right)_i \cdot B_i \cdot (1 - EE_i) - Y_i - E_i - BA_i = 0$$

Donde:  $(P/B)_i$  es la razón producción biomasa, que es equivalente a la mortalidad total  $Z_i$  bajo ciertas condiciones;  $(Q/B)_j$  es la razón consumo biomasa;  $DC_{ji}$  es la fracción de la presa  $i$  en la dieta del predador  $j$ .

A su vez, la versión dinámica de Ecosim describe la dinámica de los grupos funcionales en el ecosistema de la siguiente forma:

$$\frac{dB_i}{dt} = f(B) - M_0 B_i - F_i B_i - \sum_{j=1}^n c_{ij}(B_i, B_j)$$

Donde:  $f(B)$  es una función de  $B_i$ ;  $F_i$  es la tasa de mortalidad por pesca del grupo  $i$ ;  $c_{ij}(B_i, B_j)$  es la función que predice el consumo de la presa  $i$  por el predador  $j$ .

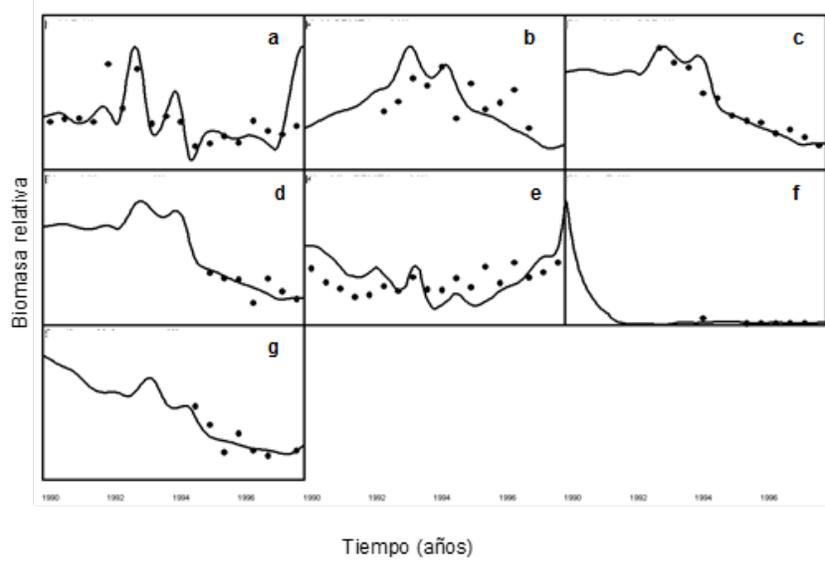
Para el ecosistema de Chile central (29 grupos funcionales) se usó un modelo Ecopath ya disponible, realizando luego simulaciones dinámicas con forzantes de biomasa acústica de merluza común (*Merluccius gayi*) y cpue. El propósito es evaluar los impactos de la pesca y de la jibia (*Dosidicus gigas*) respecto del colapso observado en el stock de merluza común. Las estimaciones de mortalidad por depredación

(M2) sugieren que el canibalismo en merluza común fue más importante que la depredación por jibia, desmitificando el mito que la jibia sería la responsable de la disminución de la biomasa del stock de merluza común, pues la mortalidad por pesca es el principal componente de remoción de biomasa de adultos. Además, la disminución de la longitud media de merluza común en las capturas, la disminución de su fracción de hembras desovantes y la disminución de la cpue se observó 2 a 3 años antes que la invasión de jibia en Chile central. La simulación EwE señala que el incremento en la biomasa de jibia en el sistema resulta en una leve disminución en la biomasa del stock de merluza común del año 2000 al 2010. También se concluye que la biomasa acústica de merluza común el año 2002 estuvo severamente sobreestimada debido a la inusual presencia de merluza de cola (*Macrurus magellanicus*) en el ecosistema marino de Chile central en el invierno de ese año.

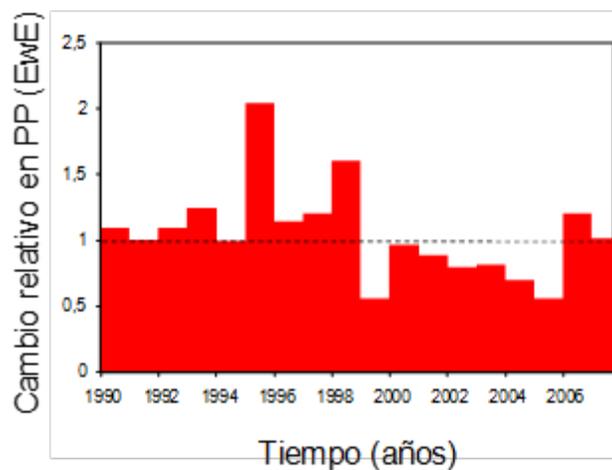
Por otro lado, se simula la recuperación de la biomasa del stock de merluza común de Chile central considerando simultáneamente objetivos sociales (maximización del empleo), económicos (maximización de la renta) y ecológicos (recuperación de la biomasa). La maximización individual de uno de esos objetivos de manejo impide la satisfacción conjunta de los otros objetivos o beneficios de las pesquerías. El escenario de manejo que optimiza individualmente la recuperación de merluza común (aumento en 2 veces la biomasa actual) debiera ser el seleccionado por un administrador pesquero interesado en recuperar la biomasa de merluza común, ya que es este escenario el que genera, en el mediano-largo plazo, beneficios sociales y ecológicos con los menores costos económicos en el modelo.

Para simulaciones dinámicas del ecosistema de la zona sur-austral (13 grupos funcionales) se usa un modelo Ecopath ya disponible. El ajuste del modelo Ecosim a series de tiempo de cpue de distintos recursos pesqueros (Fig. 1), revela que en el caso de merluza de cola (juveniles) el modelo presenta un buen ajuste durante casi toda la serie de reclutamientos estimada a partir de una evaluación de stock indirecta para merluza de cola. Para los adultos de merluza de cola, el modelo predice relativamente bien el incremento en biomasa del stock parental a mediados de la década de los años 1990, para luego predecir la tendencia decreciente del stock iniciada a fines de la década de los años 1990. El modelo se ajustó bastante bien en el caso de merluza de tres aletas, tanto en el caso de la biomasa estimada por métodos indirectos como a la estimada a partir de cruceros de evaluación de stock. Un ajuste satisfactorio entre la depredación de Ecosim y la serie de tiempo de abundancia relativa (cpue) se observó en congrio dorado. En el caso de rayas Ecosim predice altas abundancias relativas al inicio de la serie de tiempo y luego una disminución exponencial de la abundancia de este grupo hacia el final de la serie temporal. La predicción del modelo Ecosim también entregó un ajuste satisfactorio a la biomasa estimada a través de evaluación directa de merluza austral.

En la Fig. 2 se muestra el cambio relativo en la producción primaria (PP) del modelo calculado por Ecosim para mejorar el ajuste de las predicciones a las series de tiempo de biomasa (Fig. 1). El resultado de dicha búsqueda arroja valores sobre 1 para la mayor parte de la década de los años 1990, con fuertes incrementos de PP en los años 1995 y 1998. A partir de 1990 se produce un cambio en esta tendencia, observándose valores bajo 1, con mínimos en 1999 y 2005. Esto revela un probable cambio de régimen en el sistema a partir del año 1999, lo que no había sido comunicado anteriormente en Chile.



**Figura 1.** Ajuste de las predicciones del modelo Ecosim (línea continua) de la trama trófica que sustenta las especies objetivo de la pesquería demersal sur-austral de Chile a series de tiempo de abundancia relativa de las especies objetivo (puntos). Los valores son relativos al año 1990, año de inicio del modelo. Clave: a) reclutas de merluza de cola; b) adultos de merluza de cola; c) merluza de tres aletas (biomasa desovante); d) merluza de tres aletas (evaluación directa); e) congrio colorado (cpue flota arrastrera); f) rayas (evaluación directa); g) merluza austral (evaluación directa).



**Figura 2.** Cambio relativo en la producción primaria anual resultante de ajustar el modelo Ecosim que describe la trama trófica que sustenta las especies objetivo de la pesquería sur-austral de Chile a series de tiempo de biomasa y desembarques de las especies objetivo de la pesquería demersal sur-austral de Chile.

## Referencias

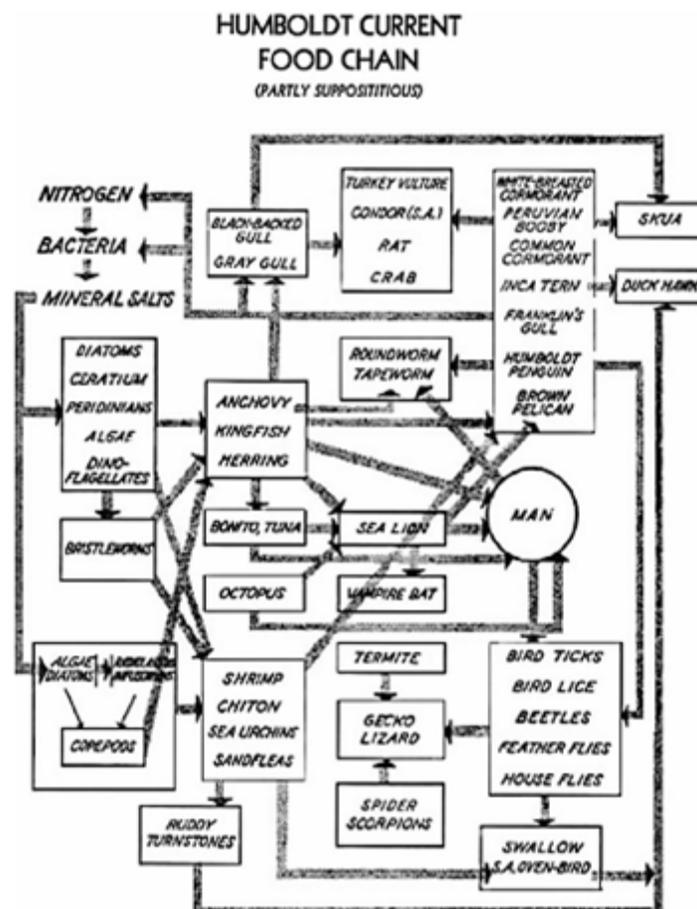
- Arancibia H. and S. Neira. 2008. Overview of the Chilean hake (*Merluccius gayi*) stock, a biomass forecast, and the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) predator-prey relationship off central Chile (33°S – 39°S). CalCOFI Report, 49: 104 – 115.
- Arancibia H., R. Roa, S. Neira, E. Niklitschek y M. Barros. 2010a. Informe Final Proyecto FIP 2009-22. Evaluación de estrategias de recuperación en la pesquería de merluza común. Universidad de Concepción, 302 p. + Anexos.
- Arancibia, H., S. Neira, M. Barros, C. Gatica, M. J. Zúñiga, R. Alarcón y E. Acuña. 2010b. Formulación e implementación de un enfoque multiespecífico de evaluación de stock en recursos demersales de la zona sur austral – Fase I. Informe Final Proyecto FIP 2008-23. Universidad de Concepción / Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A., 303 p. + Anexos.
- Christensen V., C.J. Walters, D. Pauly. 2005. ECOPATH with ECOSIM: a User's Guide. Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, November 2005 edition, 154 p.
- Neira, S., H. Arancibia, R. Alarcón, M. Barros, S. Cahuin, L. Castro, L. Cubillos, C. Castillo, G. Daneri, H. González. J. Iriarte, S. Lillo, P. Montero. 2012. Informe Final Proyecto "Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral (ID 4728-23-LP11)". Universidad de Concepción, 266 p. + Anexos.
- Walters, C., V. Christensen, D. Pauly. 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 7: 139-172.

## Evolución del modelado trófico marino peruano

*Pepe Espinoza Silvera*

Área Funcional de Investigaciones de Peces Demersales, Bentónicos y Litorales (AFIPDBL), Instituto del Mar del Perú, IMARPE, Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú. [espinoza@imarpe.gob.pe](mailto:espinoza@imarpe.gob.pe)

El conocimiento de la dinámica de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas marinos ha concitado interés en diferentes momentos. Los antecedentes disponibles para el caso peruano datan de mediados del siglo pasado, el primer esquema conceptual (Vogt, 1948) fue desarrollado como un medio de hallar explicación a lo que venía sucediendo en la explotación del guano de la isla que estaba en plena declinación y para una mejor administración de esta actividad.



Posteriormente se obtuvieron otros modelos con una visión centralizadora acerca del rol trófico de la anchoveta dentro del ecosistema. Esta visión estuvo basada en la fitoplanctivoría de la anchoveta y por ende debido a la alta producción primaria de su medio sustentaba la alta producción de esta especie, lo que significaba una gran oferta para sus depredadores. Al respecto, en los modelos disponibles se ha dado mayor énfasis a las aves y mamíferos y algunos peces.

Un resultado reciente, que refutó la fitoplanctivoría de la anchoveta (Espinoza y Bertrand 2008), estableció que el zooplancton proporciona la mayor cantidad de energía a esta especie y por lo tanto habría que reconsiderar los modelos tróficos existentes que intentaban explicar el flujo de energía en la red trófica marina frente al Perú y para ello se debe revisar la información de dieta existente que dio origen a estos modelos. En razón de ello, estudios recientes han refutado algunas hipótesis existentes. Uno de esos estudios se enfoca en la aplicación de marcadores isotópicos de Carbono y Nitrógeno para una red trófica simplificada, cuyos resultados son sorprendidos y parecen contradictorios con estudios basados en contenido estomacal. Este estudio ha modelado la cadena trófica frente a la costa peruana y se ha podido diferenciar dos modelos diferentes al norte y al sur de los 07°30S. Uno de los resultados más sorprendentes de este esfuerzo de modelado recaen en la estimación de la posición trófica (PT) del calamar gigante (PT=3.8 en el norte y 3.5 en el sur) el cual es prácticamente similar al de la anchoveta (PT=3.6 y 3.5, respectivamente). Se discute la influencia de la extensión de zona mínima de oxígeno, cuyo nivel superior es somero en la costa central del Perú (Bertrand *et al.* 2010), así como la alta disponibilidad de zooplancton que estuvo subestimada en estudios previos (Ballón *et al.* 2011) y que probablemente tenga un efecto indirecto en estos resultados. En vista que este tipo de estudios redundan beneficiosamente en las medidas de manejo de las pesquerías, se propone intensificar el uso de estas herramientas para mayor precisión y por ende mayor eficacia en la toma de decisiones respectivas.

### Referencias:

- BALLÓN M, BERTRAND A, LEBOURGES-DHAUSSY A, GUTIÉRREZ M, AYÓN P, GRADOS D, GERLOTTO F. 2011. Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer. *Progress in Oceanography* 91, 360-381.
- BERTRAND A, BALLÓN M, CHAIGNEAU A. 2010. Acoustic Observation of Living Organisms Reveals the Upper Limit of the Oxygen Minimum Zone. *PLoS ONE* 5(4): e10330. doi:10.1371/journal.pone.0010330
- ESPINOZA P, BERTRAND A. 2008. Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current system. *Progress in Oceanography* 79, 215-227.
- VOGT W. 1948. Road to survival. New York, William Sloane.

Conferencia:

## Estudio de conectividad de la tortuga verde *Chelonia mydas* mediante el uso de isótopos estables, la genética y la telemetría satelital

**Patricia Zárate.**

Fundación Charles Darwin, Islas Galápagos, Ecuador

El desplazamiento de los organismos en el espacio y tiempo define su interacción con su medio ambiente y por ende constituye un aspecto central de su ecología y biología evolutiva (Hobson & Norris 2008). El cómo, dónde y cuándo un organismo se desplaza también define el tipo de alimento que ellos encuentran, el rango de amenazas que experimentan (depredadores, condiciones ambientales, riesgos antropogénicos) y el grado en que interactúan con otros organismos. La migración, el movimiento estacional regular de los individuos, a menudo desde un área reproductiva a una no reproductiva y viceversa es ampliamente conocido en la naturaleza ((ej. gaviotín del Ártico [Hatch 2002], mariposa monarca [Urquhart 1960], salmones [Quinn 2005], ballenas [Witteven *et al* 2009]). La conectividad migratoria describe el movimiento de individuos entre sus áreas reproductivas y no reproductivas.

Para una adecuada conservación de las especies migratorias y del desarrollo de un apropiado manejo y medidas de conservación, es crucial el entendimiento de las conexiones migratorias. Este reconocimiento ha llevado a masivos esfuerzos de marcaje-recaptura. A pesar de tales esfuerzos, aún tenemos un entendimiento pobre de la conectividad de muchos animales y no sabemos dónde se alimentan o anidan. Esta frustrante situación ha sido recientemente resuelta. Interesantes nuevos avances en detección remota, análisis de marcadores genéticos moleculares y los isótopos ofrecen una resolución que no era posible antes. Al integrar estos avances podríamos ser capaces de responder una gran variedad de preguntas.

Las tortugas verdes (*Chelonia mydas*) son organismos altamente migratorios que regularmente se mueven entre sus áreas de forrajeo y de reproducción (Bolten 2003) separadas generalmente por miles de kilómetros de distancia (Luschi *et al.* 1998). En las islas Galápagos, localizadas a 1000 km del Ecuador continental, se alberga una de las colonias anidadoras de tortuga verde más importantes del Océano Pacífico Oriental (OPO) (Green 1994, Zárate *et al.* 2013). Estudios de marcaje y recaptura han dejado en evidencia una gran particularidad en esta población que allí habita, donde parte de la población de tortugas verde es residente y parte es migratoria, pudiendo esta última desplazarse hasta la costa de América Central y Sur (Green 1984b, 2003, Zárate datos no publ.). Se desconocen sin embargo, las rutas migratorias y la magnitud de la conectividad de las tortugas verdes de Galápagos en la región del OPO.

Este corresponde al primer estudio que investiga la conectividad migratoria de las tortugas verdes de Galápagos mediante el uso de técnicas no invasivas como los isótopos estables y la genética, y también mediante el uso de la telemetría satelital. Esta investigación busca caracterizar isotópicamente y genéticamente a la colonia anidadora de las islas y compararla con información de áreas de forrajeo local y de otras en la región. Adicionalmente, el uso de transmisores satelitales expandirá nuestra comprensión respecto a la identificación de rutas migratorias y el uso de hábitats. Esta información es crucial para el establecimiento y la designación de áreas protegidas, planes de manejo y la colaboración internacional para esta especie altamente migratoria y globalmente en peligro.

## **Materiales y Métodos**

### *Sitios de estudio*

Este estudio fue realizado en cuatro playas de anidación de las islas Galápagos durante la estación de anidación (Diciembre a junio) (Green 1994, Zárata 2012) entre el 2002 y 2008. Estos fueron Quinta Playa (QP; 1.00° S, 91.08° W) y Bahía Barahona (BB; 0.98° S, 91.03°W) ambas ubicadas en la isla Isabela, Las Bachas (LB; 0.49° S, 90.33° W) al noroeste de las isla Santa Cruz y Las Salinas (LS; 0.47° S, 90.29° W) al oeste de la isla Baltra.

### *Colección de muestras para análisis de isótopos estables*

Un total de 117 muestras de piel provenientes de la región central del cuello de las tortugas en las cuatro playas de estudio fueron colectadas por medio de un sacabocado de biopsia (6 mm), y posteriormente procesadas y tratadas para espectrometría de masa de acuerdo a Seminoff et al. (2006). La preparación de la muestra fue realizada en el laboratorio de Isótopos Estables del Southwest Fisheries Science Center NOAA-NMFS en La Jolla, California, EUA. Las concentraciones de los elementos (%C, %N) como también el análisis de  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  se realizaron en el laboratorio de Isótopos Estables del Departamento de Geología en la Universidad de Florida en Gainesville, Florida, EUA. Las abundancias de isótopos estables se expresaron en notación delta (d) definida como partes per mil (‰) en relación a los estándares como:  $d = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}}) - 1] (1000)$  donde  $R_{\text{muestra}}$  y  $R_{\text{estándar}}$  son las razones correspondientes del isótopo pesado al liviano ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) en la muestra y el estándar, respectivamente. La media y las desviaciones estándar se calcularon para  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ .

### *Colección de muestras para análisis genético*

Un total de 126 muestras de piel de hembras adultas fueron colectadas de las aletas delanteras para análisis genético de acuerdo a Dutton (1996) en las playas de anidación de LB y LS. La extracción de ADN fue realizada mediante la técnica estándar de fenol/cloroformo de acuerdo a Sambrook *et al.* (1989). Primers LCM15382 y H950 g fueron usados para amplificar un fragmento de ~889-bp en el extremo 5' de la región control del genoma mitocondrial usando la metodología de la reacción de polimerasa en cadena (PCR) (Abreu-Grobois et al. 2006, Dutton *et al.* 2007). Las secuencias fueron analizadas usando

el programa SeqScape v2.5 (Applied Biosystems). Los haplotipos fueron asignados comparando las secuencias contra la librería local de referencia usando Geneious Pro 6.0.2 (Drummond *et al.* 2011) como también buscando en la base de datos de GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

### *Instalación de transmisores satelitales*

Doce hembras adultas de tortuga verde que variaban entre 71.6 y 96.5 m de largo curvo de caparazón (LCC) fueron medidas y equipadas con transmisores satelitales durante las estaciones de anidación del 2003 y 2005. Los transmisores fueron instalados antes que las tortugas regresaran al mar en tres playas de anidación (LS, BB y QP). Los transmisores fueron del tipo Telonics ST-18 (en 2003) y ST-20 (en 2005). Transmisores fueron fijados de acuerdo a Balazs *et al.* (1996). La posición de las tortugas fue determinada mediante el sistema Argos.

### **Resultados**

No se encontraron diferencias significativas entre los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  o  $\delta^{13}\text{C}$  entre playas ( $\delta^{15}\text{N}$ :  $F_{3,114} = 1.7$ ,  $p = 0.2$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $F_{3,114} = 2.0$ ,  $p = 0.1$ ). Diferencias significativas se encontraron para  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  entre las tortugas verdes de áreas de forrajeo local y las hembras anidadoras en las playas de anidación ( $\delta^{15}\text{N}$ :  $F_{1,222} = 15.2$ ,  $p = 0.0001$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $F_{1,222} = 22.5$ ,  $p < 0.0001$ ). Una gran sobre posición de los valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  se observaron por la representación de los polígonos convexos. Una extensa sobre posición de los valores isotópicos para  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  se observó entre las tortugas de áreas de forrajeo en el OPO y las áreas de forrajeo locales y las playas de anidación (Fig. 1).

Un total de 10 haplotipos fueron registrados entre LB y LS, de estos 8 fueron endémicos. La diversidad de haplotipos y de nucleótidos fue de 0.8105 y 0.0014, respectivamente. De los diez haplotipos diferentes encontrados, seis se registraron en ambas playas, tres solo se registraron en LS y uno solo en LB.

Tres diferentes estrategias post-migratorias fueron registradas en las hembras marcadas con transmisores satelitales. Tres tortugas realizaron migraciones oceánicas para llegar a áreas neríticas a lo largo de la costa Pacífico de América Central (migrantes oceánicos), dos tortugas permanecieron en Galápagos (residentes), y siete se desplazaron hacia aguas oceánicas al suroeste de Galápagos (Type B) (Fig.2).

### **Discusión y conclusiones**

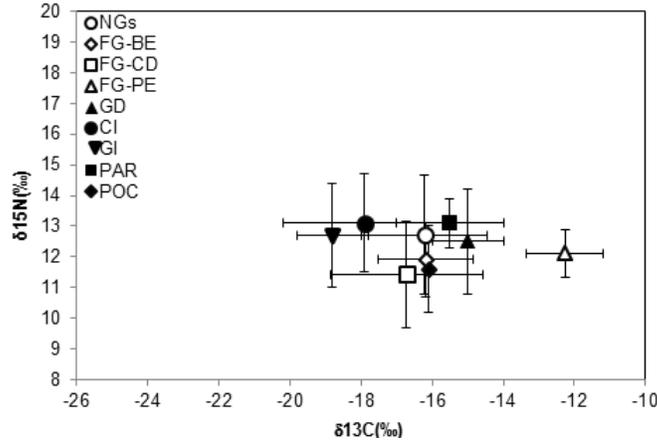
El análisis de los isotopos estables de carbono y de nitrógeno en las hembras anidadoras no revelo la existencia de diferentes estrategias migratorias como claramente fue evidenciado por el uso de la telemetría satelital. Los valores isotópicos promedio de la piel de las hembras anidadoras no mostraban diferencias significativas, o formaban claras agrupaciones que evidenciaran un comportamiento migratorio diferente, como se ha encontrado en otras poblaciones anidadoras (Hatase *et al.* 2010, Reich *et al.* 2010, Zbinden *et al.* 2010, Seminoff *et al.* 2012).

El amplio rango en los valores isotópicos de carbono y de nitrógeno que se observó en las playas de anidación podría ser explicado por diferencias en la dieta a nivel individual. Sin embargo, otra probable explicación de esta gran variación en carbono y nitrógeno, es la variabilidad en los valores isotópicos de la línea base de la cadena trófica de los diferentes áreas de forrajeo, en la cual las hembras anidadoras se encontraban antes de llegar a Galápagos para anidar. En base a lo reflejado por los transmisores satelitales, las hembras anidadoras de Galápagos usan áreas de forrajeo dentro y fuera de las islas, estos valores isotópicos podrían mas bien reflejar la ubicación del área de forrajeo que las diferencias en la dieta.

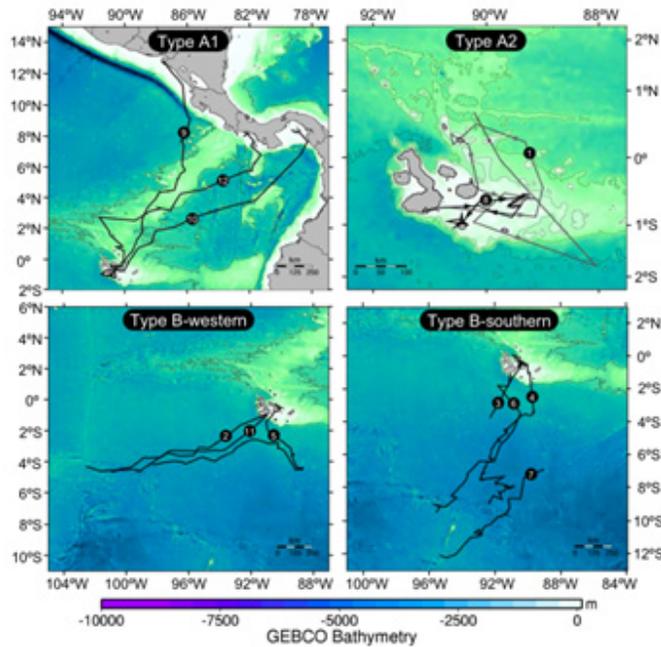
La diversidad haplotípica y en particular la identificación de haplotipos endémicos encontrados en la colonia anidadora de Galápagos en este estudio, indica que es genéticamente diferenciable de otras poblaciones en la región tales Méjico y Costa Rica y que debe ser tratada como una unidad de manejo independiente (Dutton *et al.* 2014). Esta diferenciación de la población ha sido fortalecida por estar en islas oceánicas lo que tiende a favorecer el aislamiento en comparación con las colonias costeras. Sobre la base del conocimiento de los haplotipos endémicos de Galápagos se han identificados tortugas verde en áreas de forrajeo de Chile (Donoso y Dutton 2002) y se espera que la identificación de tortugas de Galápagos en otras áreas de forrajeo del OPO se incremente.

La conectividad de las tortugas verdes de Galápagos en el OPO quedó claramente evidenciada por el uso de los transmisores satelitales y la genética. Sin embargo, la técnica de isotopos estables no fue útil para la asignación de áreas de forrajeo para las tortugas migrantes de Galápagos en América Central y Sur ya que los valores promedio de carbono y de nitrógeno de las otras áreas de forrajeo en el OPO se ubicaban dentro del rango de valores registrados para las tortugas verde de Galápagos.

Este estudio ha sido fundamental para la identificación de rutas migratorias y para conocer la estructura genética de las tortugas verdes de Galápagos y aun cuando ha proporcionado un conocimiento valioso sobre la composición isotópica de las hembras anidadoras en las islas, no ha logrado resolver en su totalidad las preguntas de conectividad para esta especie por medio de la técnica de isotopos estables. Por lo tanto, es recomendable incrementar los estudios isotópicos para la línea base e ítems presa (tramas tróficas) de las tortugas en áreas de forrajeo en América central y Sur, y continuar con el uso combinando de estas técnicas y de otras adicionales tales como el análisis de elementos trazas (López-Castro *et al.* 2013) para mejorar nuestro conocimiento actual sobre la conectividad de las tortugas de Galápagos en el OPO.



**Figure 1.** Valores promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  para tortugas verde de las playas de anidación de Galápagos (NGs, círculos blancos), de áreas de forrajeo locales (símbolos blancos) y en el OPO. FG-BE= área forrajeo Bahía Elizabeth; FG-CD= área forrajeo Caleta Derek; FG-PE= área forrajeo Punta Espinoza; GD=Golfo Dulce y CI=Is. Cocos, Costa Rica; GI=Is. Gorgona, Colombia; PAR=Paracas, Perú; POC=aguas oceánicas, Perú. Líneas representan 1 desviación estándar.



**Figure 2.** Movimientos post-anidatorios de tortugas verde de las islas Galápagos. Cada círculo representa una hembra equipada con transmisor satelital. Type A1=migrantes oceánicos, Type A2=residentes, Type B-western=migrantes oceánicos-oeste, Type B-southern=migrantes oceánicos-sur.



## Índice de Autores

	n° de página		n° de página
Aguayo L., Anelio	29	Letelier V., Sergio	19
Azocar R., Jorge	1	López K., Sebastián	17; 77
Arancibia F., Hugo	63; 85		
		Mora O., Sergio	61; 69 ; 83
Báez R., Pedro	19		
Badilla, Nicole	61; 83	Neira A. Sergio	63 ; 85
Barbieri B., M. Angela	67		
Barría M., Patricio (2)	1; 19; 69	Oliva E., Doris	35
Bernal L., Claudio	67	Paredes C. Evelyn	57
Cabezas B. Luis A.	43	Rebolledo U., Andrea	19
Carreño P., Esteban	19	Reyes, C., Esthefany	61
		Rivadeneyra V. Sofía	39
Dioses R., Teobaldo	9		
Durán F., René	35	Silva G. Claudio	67
		Simeone C., Alejandro	43
Espinoza S., Pepe (2)	25; 89		
		Urzúa O. Ángel (2)	61; 83
Fernández O. César	79		
		Yáñez R., Eleuterio	67
González P., Andrés	1		
Goya S. Elisa	45	Zarate Patricia (2)	51; 91

