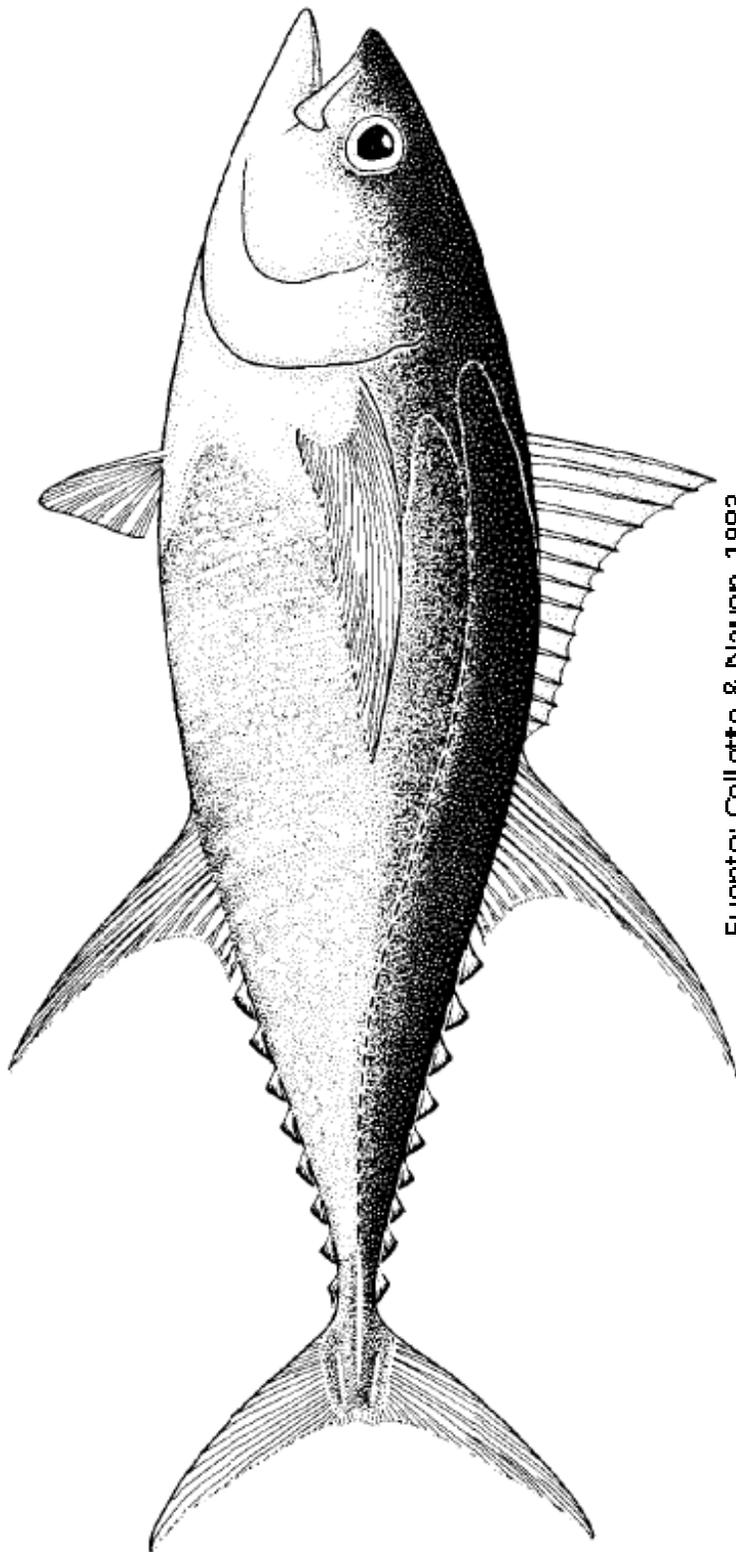


# Informe Atún de Aleta Amarilla (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788)



Fuente: Collette & Nauen, 1983

AUTOR:

Carlos Tapia Jopia  
Biólogo Marino

2010



**Informe Atún de Aleta Amarilla**  
**(*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788)**

**Requirente:**

**Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural  
CODESSER**

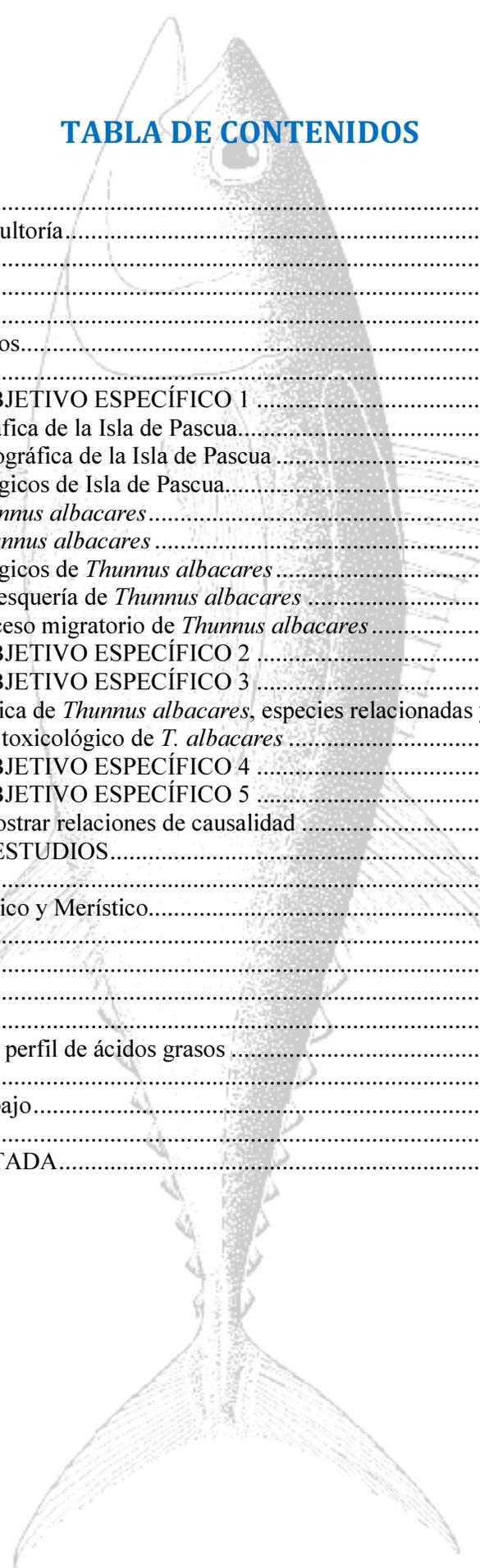
**Financia:**

**Banco Interamericano de Desarrollo - BID  
Fondo Multilateral de Inversiones - FOMIN**

**Autor:**

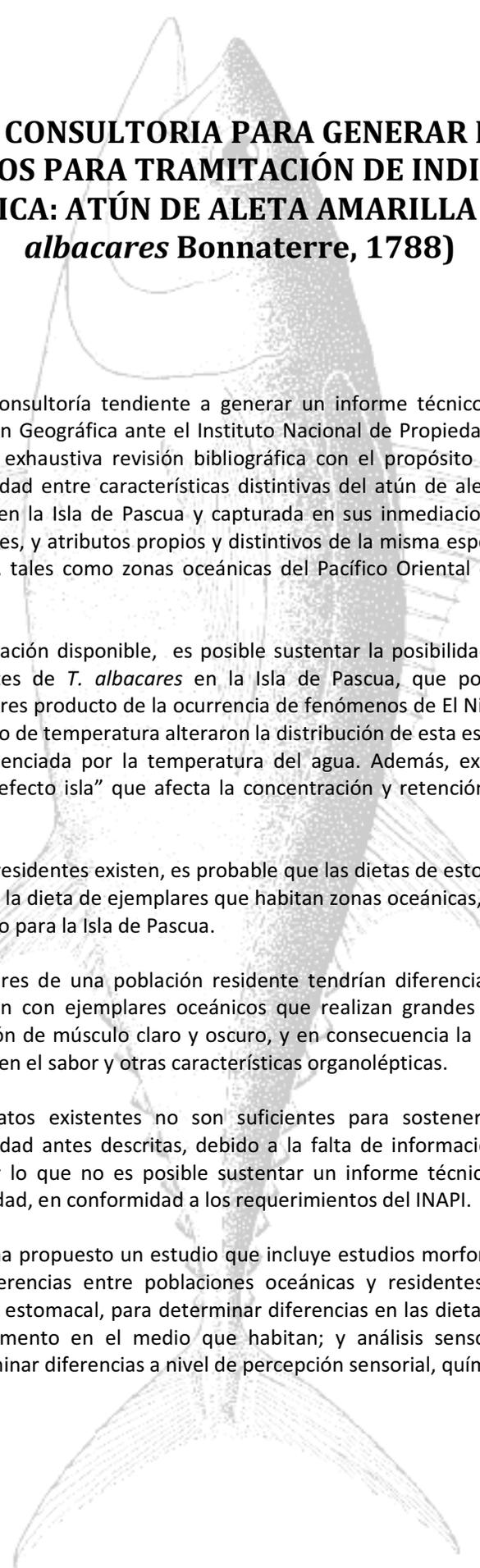
**Carlos Tapia Jopia  
Biólogo Marino**

**2010**



## TABLA DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| Resumen.....   | 1  |
| Contexto de la consultoría.....  | 3  |
| Antecedentes.....  | 4  |
| OBJETIVOS.....   | 6  |
| Objetivo General.....  | 6  |
| Objetivos Específicos.....   | 6  |
| RESULTADOS.....  | 7  |
| RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....  | 8  |
| Descripción Geográfica de la Isla de Pascua.....   | 8  |
| Descripción Oceanográfica de la Isla de Pascua.....  | 11 |
| Antecedentes Biológicos de Isla de Pascua.....   | 13 |
| Descripción de <i>Thunnus albacares</i> .....  | 17 |
| Distribución de <i>Thunnus albacares</i> .....   | 19 |
| Antecedentes Biológicos de <i>Thunnus albacares</i> .....                                  | 21 |
| Descripción de la Pesquería de <i>Thunnus albacares</i> .....                              | 30 |
| Descripción de proceso migratorio de <i>Thunnus albacares</i> .....                        | 37 |
| RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2.....  | 40 |
| RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 3.....  | 44 |
| Composición Química de <i>Thunnus albacares</i> , especies relacionadas y otros peces..... | 44 |
| Aspectos de interés toxicológico de <i>T. albacares</i> .....                              | 49 |
| RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 4.....  | 55 |
| RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 5.....  | 59 |
| Hipótesis para demostrar relaciones de causalidad.....                                     | 61 |
| PROPUESTA DE ESTUDIOS.....   | 62 |
| Hipótesis 1:.....  | 62 |
| Análisis Morfométrico y Merístico.....   | 62 |
| Hipótesis 2:.....  | 64 |
| Análisis estomacal.....  | 64 |
| Hipótesis 3.....   | 67 |
| Análisis Sensorial.....  | 67 |
| Análisis proximal y perfil de ácidos grasos.....   | 70 |
| Costo del estudio.....   | 70 |
| Cronograma de trabajo.....   | 71 |
| CONCLUSIONES.....  | 72 |
| LITERATURA CITADA.....   | 73 |



# **INFORME: CONSULTORIA PARA GENERAR INFORMES TECNICOS PARA TRAMITACIÓN DE INDICACIÓN GEOGRÁFICA: ATÚN DE ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788)**

## **Resumen**

En el marco de la consultoría tendiente a generar un informe técnico para sustentar una solicitud de Indicación Geográfica ante el Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI), se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica con el propósito de poder demostrar relaciones de causalidad entre características distintivas del atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) presente en la Isla de Pascua y capturada en sus inmediaciones por parte de los pescadores artesanales, y atributos propios y distintivos de la misma especie que habita otros espacios geográficos, tales como zonas oceánicas del Pacífico Oriental donde opera la flota industrial.

A partir de la información disponible, es posible sustentar la posibilidad de la existencia de poblaciones residentes de *T. albacares* en la Isla de Pascua, que podrían explicarse por retención de ejemplares producto de la ocurrencia de fenómenos de El Niño de gran magnitud, que con el incremento de temperatura alteraron la distribución de esta especie de atún, la cual es fuertemente influenciada por la temperatura del agua. Además, existe evidencia de un fenómeno llamado “efecto isla” que afecta la concentración y retención de atunes en estas formaciones.

Si estas poblaciones residentes existen, es probable que las dietas de estos ejemplares difieran significativamente de la dieta de ejemplares que habitan zonas oceánicas, considerando el alto endemismo reportado para la Isla de Pascua.

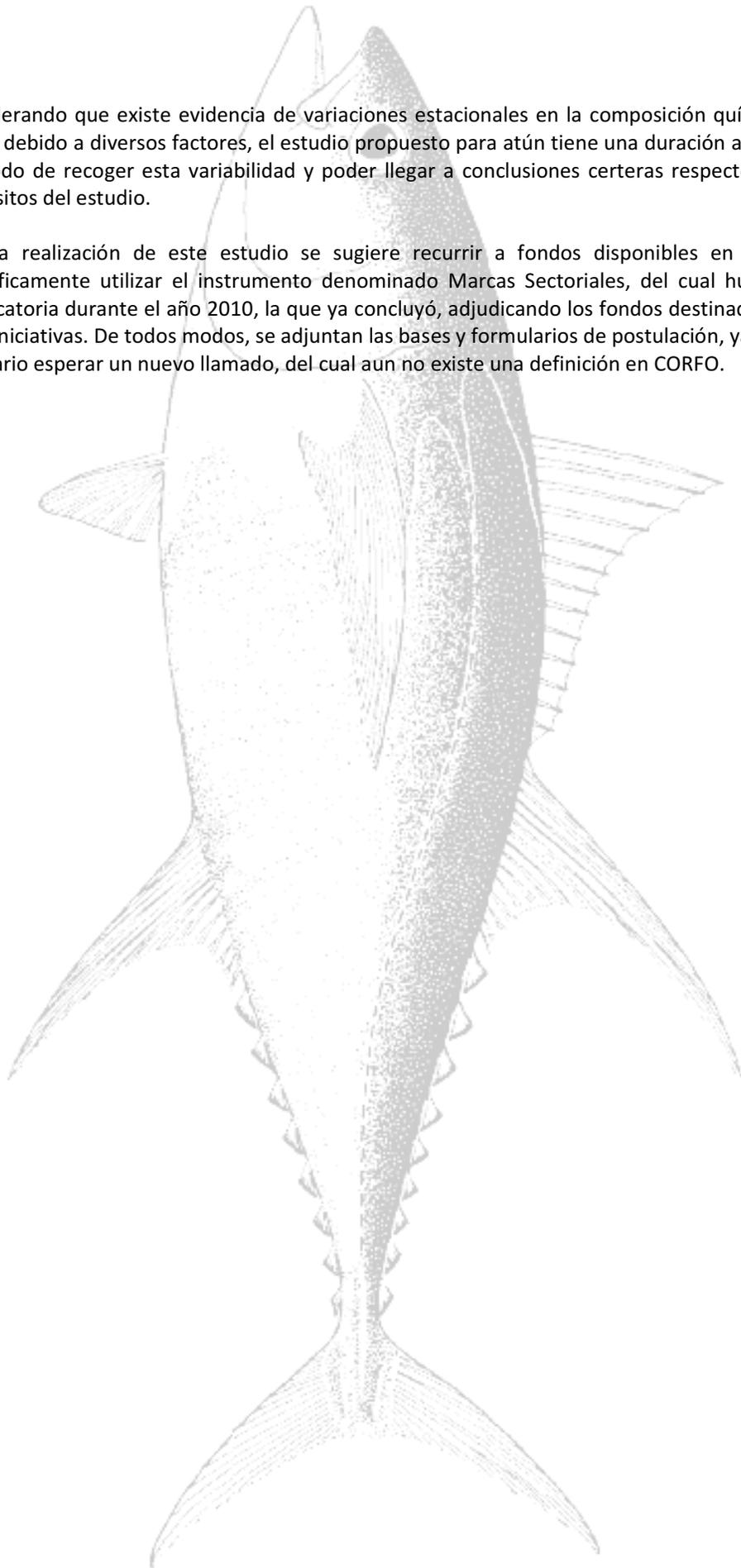
Además, los ejemplares de una población residente tendrían diferencias en sus hábitos de nado en comparación con ejemplares oceánicos que realizan grandes migraciones, lo cual afectaría la proporción de músculo claro y oscuro, y en consecuencia la proporción de ácidos grasos, lo cual incide en el sabor y otras características organolépticas.

Sin embargo, los datos existentes no son suficientes para sostener científicamente las relaciones de causalidad antes descritas, debido a la falta de información específica para el área de estudio, por lo que no es posible sustentar un informe técnico que de cuenta de relaciones de causalidad, en conformidad a los requerimientos del INAPI.

En consecuencia se ha propuesto un estudio que incluye estudios morfométricos y merísticos para determinar diferencias entre poblaciones oceánicas y residentes de Isla de Pascua; análisis de contenido estomacal, para determinar diferencias en las dietas y su relación con la disponibilidad de alimento en el medio que habitan; y análisis sensoriales, proximales y lipídicos, para determinar diferencias a nivel de percepción sensorial, químicas y nutricionales.

Considerando que existe evidencia de variaciones estacionales en la composición química de peces, debido a diversos factores, el estudio propuesto para atún tiene una duración anual, de tal modo de recoger esta variabilidad y poder llegar a conclusiones certeras respecto de los propósitos del estudio.

Para la realización de este estudio se sugiere recurrir a fondos disponibles en CORFO, específicamente utilizar el instrumento denominado Marcas Sectoriales, del cual hubo una convocatoria durante el año 2010, la que ya concluyó, adjudicando los fondos destinados para estas iniciativas. De todos modos, se adjuntan las bases y formularios de postulación, ya que es necesario esperar un nuevo llamado, del cual aun no existe una definición en CORFO.



## Contexto de la consultoría

El interés por realizar esta consultoría surge del interés de diversos sectores de Isla de Pascua, tanto privados como públicos, los cuales dan inicio a contactos con el ejecutor de esta consultoría a través de Jeannette Schiess.

El objetivo inicial era lograr una indicación geográfica sólo para el Atún de Aleta Amarilla (*Thunnus albacares*) capturado en las inmediaciones de la Isla por pescadores artesanales de Isla de Pascua.

Considerando la dificultad de asegurar la posibilidad de demostrar relaciones de causalidad a partir de la información disponible para el Atún de Aleta Amarilla, dada su naturaleza de ser una especie altamente migratoria, con una amplia distribución; se incluyó a la Langosta de Isla de Pascua (*Panulirus pascuensis*), especie que posee una distribución acotada a la Isla de Pascua, Islas Pitcairn y Polinesia Francesa.

En este contexto, se recomendó<sup>1</sup> realizar una primera etapa de revisión exhaustiva de información científica, informes técnicos, bases de datos y consulta a expertos, con el propósito principal de demostrar relaciones de causalidad entre características particulares y distintivas de estas especies; y con un propósito secundario, en el escenario de no ser posible demostrar relaciones de causalidad, correspondiente a diseñar una propuesta de los estudios necesarios para demostrar estas relaciones.

En virtud de lo antes expuesto, se gestionó recursos para financiar una revisión exhaustiva de la información disponible<sup>2</sup>, logrando la concurrencia de fondos del Banco Interamericano de Desarrollo – BID, a través del Fondo Multilateral de Inversiones - FOMIN<sup>3</sup>. En esta instancia se estableció contacto con Carol Cáceres y Matías Platovsky, a quienes se explicitó los alcances de la consultoría y los riesgos asociados, en términos de la dificultad que conllevaba el propósito de identificar relaciones de causalidad a partir de la información disponible, tanto para el Atún de Aleta Amarilla, como para la langosta de Isla de Pascua.

Conforme a lo señalado precedentemente, se contrató el desarrollo de la presente consultoría denominada “Estudio de IG del Atún y Langosta”, con el propósito de hacer una revisión exhaustiva del conocimiento actual de ambas especies, en el marco de un proyecto financiado por el FOMIN para Isla de Pascua, el cual está bajo la responsabilidad de la Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural – CODESSER. El fin último de la consultoría, si la información disponible es suficiente, es demostrar relaciones de causalidad entre características particulares distintivas de estas especies presentes en Isla de Pascua y el área geográfica donde habitan, para generar un informe técnico que sustente la tramitación de una Indicación

---

<sup>1</sup> Recomendación realizada por el consultor, con el propósito de no incurrir en gastos innecesarios, y por otro lado, focalizar los estudios necesarios de realizar, en caso de no ser posible demostrar relaciones de causalidad a partir de la información científica disponible.

<sup>2</sup> Esta gestión de recursos financieros fue realizada por Jeannette Schiess.

<sup>3</sup> El FOMIN es la fuente principal de recursos no reembolsables de asistencia técnica para el desarrollo de las micro y pequeñas empresas de América Latina y el Caribe. El FOMIN es una fuente del Banco Interamericano de Desarrollo.

Geográfica en el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI); o generar una propuesta con los estudios necesarios para lograr dicho propósito.

En este contexto, el presente informe corresponde al resultado de la consultoría para el Atún de Aleta Amarilla (*Thunnus albacares* Bonaterre, 1788).

## Antecedentes

La obtención del registro de Indicación Geográfica para el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) capturados en las inmediaciones de la Isla de Pascua, se visualiza como una alternativa para resguardar este recurso en términos del valor diferenciador respecto de otras especies de atún y de ejemplares capturados en otras zonas geográficas.

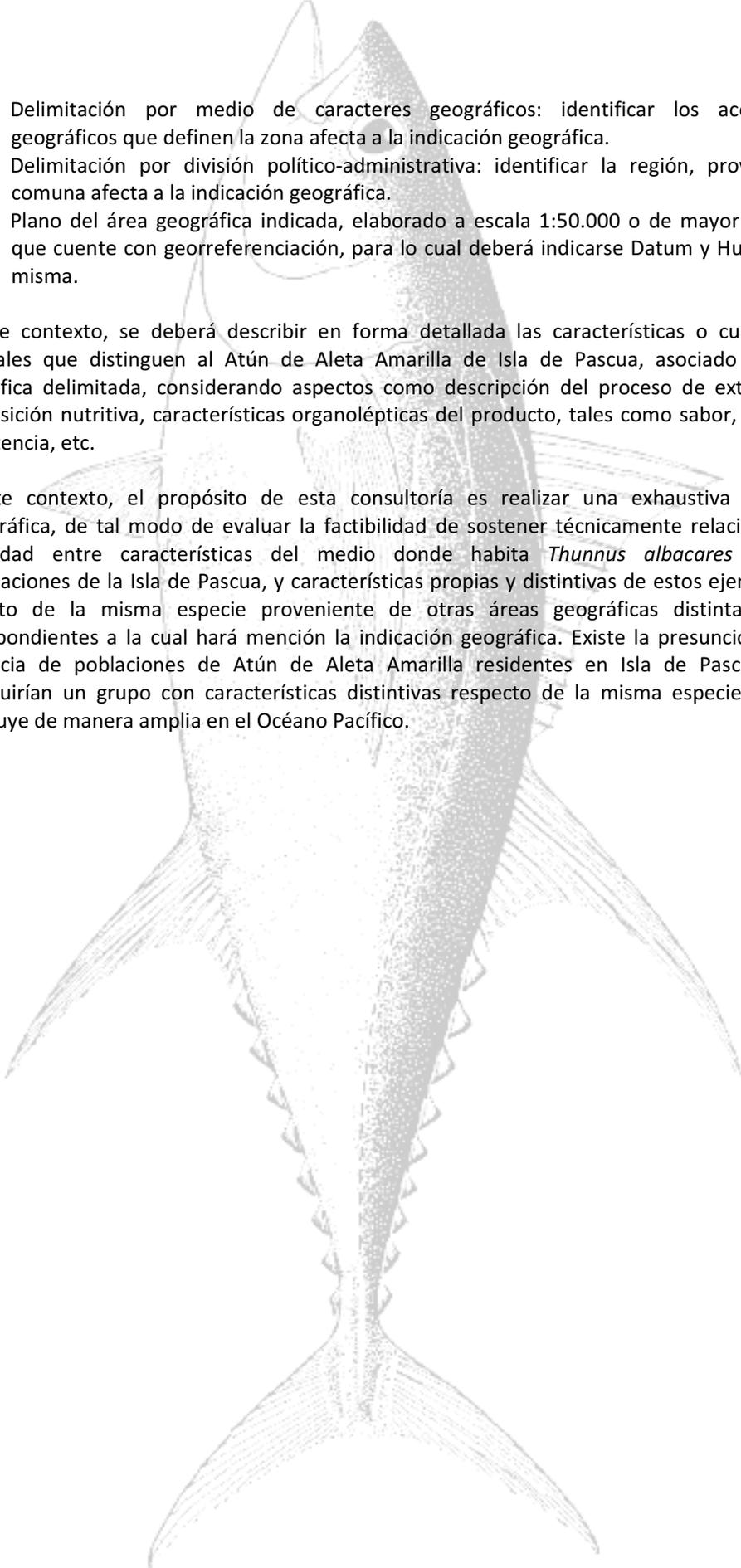
Con la obtención del registro de Indicación Geográfica, las cualidades y reputación del Atún de Aleta Amarilla de Isla de Pascua, estarán protegidos frente a terceros y, al mismo tiempo, entregará al consumidor final la seguridad que el producto comprado o consumido proviene de la Isla de Pascua, y por otro lado será garantía que el recurso posee las cualidades que otorga su lugar de origen.

Dentro de los beneficios de obtener la Indicación Geográfica destaca que fomenta y favorece la organización del sector productivo, debido a que el registro y posterior uso y control de una I.G. requerirá un esfuerzo por parte de los extractores y comercializadores de Atún de Aleta Amarilla de Isla de Pascua para asociarse y establecer normas y mecanismos claros de control y resolución de conflictos. Además, la experiencia indica que facilita el acceso a mercados nacionales e internacionales, gracias a una oferta de un producto de calidad con un origen definido, constituyendo una oportunidad para ampliar mercados, ocupando nichos con alto nivel de exigencia en calidad. Un producto con indicación geográfica tiene la potencialidad de diferenciarse de sus similares si los consumidores reconocen que su procedencia es garantía de calidad. También se mejora la divulgación, promoción y oferta del producto protegido a nivel regional, nacional e internacional; y proporciona un marco estricto y legal de defensa y protección del producto contra el fraude.

Para obtener el registro de Indicación Geográfica del Atún de Aleta Amarilla de Isla de Pascua, es necesario realizar el trámite ante el Departamento de Propiedad Industrial dependiente del Ministerio de Economía, mediante la incorporación de la misma en un Registro de Indicaciones Geográficas.

Este trámite requiere que se adjunte un estudio técnico que sustente la solicitud, el cual deberá ser elaborado por un equipo de profesionales competentes. Este estudio técnico deberá aportar antecedentes en el sentido de que las características o cualidades que se atribuyen al producto, sean imputables fundamental o exclusivamente a su origen geográfico.

Para registrar la Indicación Geográfica, es necesario delimitar la zona geográfica, donde habita y se captura el Atún de Aleta Amarilla de Isla de Pascua, para lo cual deben proporcionarse los siguientes datos:

- 
- a) Delimitación por medio de caracteres geográficos: identificar los accidentes geográficos que definen la zona afecta a la indicación geográfica.
  - b) Delimitación por división político-administrativa: identificar la región, provincia o comuna afecta a la indicación geográfica.
  - c) Plano del área geográfica indicada, elaborado a escala 1:50.000 o de mayor detalle, que cuente con georreferenciación, para lo cual deberá indicarse Datum y Huso de la misma.

En este contexto, se deberá describir en forma detallada las características o cualidades esenciales que distinguen al Atún de Aleta Amarilla de Isla de Pascua, asociado al área geográfica delimitada, considerando aspectos como descripción del proceso de extracción, composición nutritiva, características organolépticas del producto, tales como sabor, textura, consistencia, etc.

En este contexto, el propósito de esta consultoría es realizar una exhaustiva revisión bibliográfica, de tal modo de evaluar la factibilidad de sostener técnicamente relaciones de causalidad entre características del medio donde habita *Thunnus albacares* en las inmediaciones de la Isla de Pascua, y características propias y distintivas de estos ejemplares, respecto de la misma especie proveniente de otras áreas geográficas distintas a las correspondientes a la cual hará mención la indicación geográfica. Existe la presunción de la presencia de poblaciones de Atún de Aleta Amarilla residentes en Isla de Pascua, que constituirían un grupo con características distintivas respecto de la misma especie que se distribuye de manera amplia en el Océano Pacífico.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Realizar una revisión exhaustiva de los antecedentes técnicos disponibles que tengan relación con los requerimientos necesarios para registrar la Indicación Geográfica del Atún de Aleta Amarilla de Isla de Pascua (*Thunnus albacares*), de acuerdo a los requerimientos del INAPI.

### Objetivos Específicos

**Objetivo Específico 1.** Describir las características geográficas, oceanográficas y biológicas del área que habita el Atún de Aleta Amarilla, a nivel global y en las aguas circundantes de Isla de Pascua, y proponer una delimitación geográfica en función de la información disponible.

**Objetivo Específico 2.** Recopilar información técnica de estudios de análisis estomacal de Atún de Aleta Amarilla y especies relacionadas, y realizar un análisis comparado a partir de la información disponible.

**Objetivo Específico 3.** Recopilar información técnica de estudios organolépticos del Atún de Aleta Amarilla y especies relacionadas, y realizar un análisis comparado a partir de la información disponible.

**Objetivo Específico 4.** Recopilar información técnica que permita relacionar atributos distintivos del Atún de Aleta Amarilla con su origen geográfico, y realizar un análisis comparado con especies relacionadas.

**Objetivo Específico 5.** Integrar toda la información recopilada con el propósito de identificar relaciones causales que expliquen las características distintivas del Atún de Aleta Amarilla presente en la Isla de Pascua y su origen geográfico.

## RESULTADOS

Los resultados presentados, son el producto de una exhaustiva revisión bibliográfica realizada en el marco del presente estudio, la cual incluyó revisión y consultas de las siguientes bases de información científica, técnica y/o estadística:

- a) Web of science (ISI Web of Knowledge)
- b) Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC)
- c) Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna (CCSBT)
- d) International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT)
- e) Western and Central Pacific Fisheries Commission (WCPFC)
- f) Indian Ocean Tuna Commission (IOTC)
- g) Secretariat of the Pacific Community (SPC)
- h) Programme Secretariat of the Pacific Community Nourea, New Caledonia
- i) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
- j) FishStat Plus - Programa informático universal de la FAO para series cronológicas de estadísticas pesqueras
- k) Secretariat of the Pacific Community (SPC): The Coastal Fisheries Programme (CFP)
- l) International Bathymetric chart of the South East Pacific (IBCSEP)
- m) Large Marine Ecosystems of the World (NOAA)
- n) Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca)
- o) Subsecretaría de Pesca (Subpesca)
- p) Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
- q) Fondo de Investigación Pesquera
- r) Bibliotecas de Gobiernos Regionales

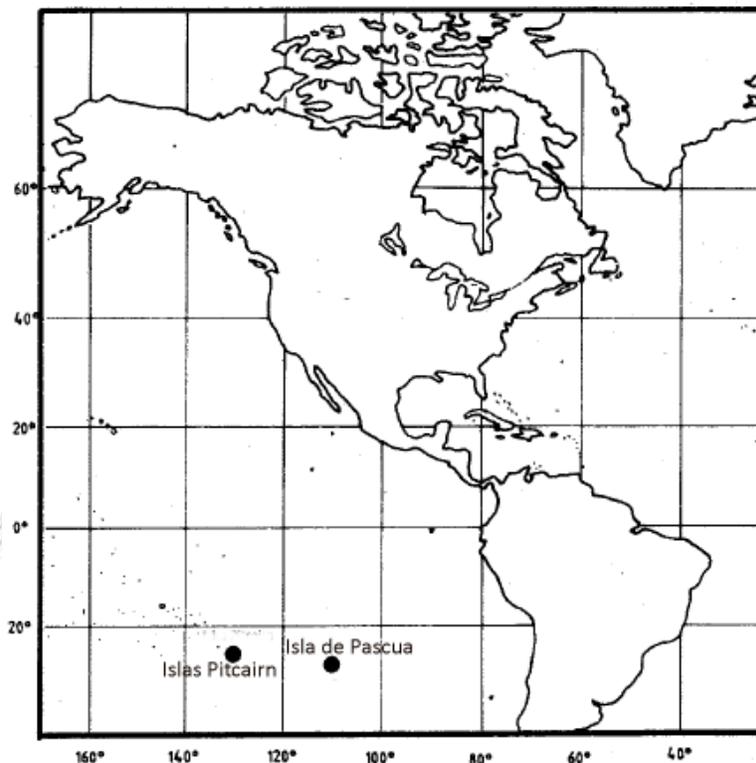
Además, este trabajo consideró la consulta al Dr. Martin Hall, miembro de Inter-American Tropical Tuna Commission – IATTC, quién actualmente se desempeña como Jefe del Programa: Bycatch Program and International Dolphin Conservation Program; consulta a investigadores del Departamento de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de La Serena; a profesionales del Museo de Historia Natural; y del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos – INTA, de la Universidad de Chile.

A continuación se entregan los resultados de esta revisión para cada uno de los objetivos propuestos.

**RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 1.** Describir las características geográficas, oceanográficas y biológicas del área que habita el Atún de Aleta Amarilla, a nivel global y en las aguas circundantes de Isla de Pascua, y proponer una delimitación geográfica en función de la información disponible.

## Descripción Geográfica de la Isla de Pascua

La Isla de Pascua (Easter Island o Rapa Nui<sup>4</sup>), está ubicada en el extremo oriental de la Polinesia, en el Océano Pacífico Sur. Se encuentra a 2.040 millas de la costa de Chile, frente al puerto de Caldera; al este, dista 900 millas de la Isla Ducie; al oeste, 1.400 millas de las islas Juan Fernández; y se encuentra a 2.600 Km de Mangareva en el archipiélago de Gambier; y Tahiti, se encuentra a alrededor de 4.000 Km de distancia al noroeste de Isla de Pascua. Su ubicación le confiere la característica de ser una de las tierras insulares habitadas más aisladas del mundo (Yáñez-Arancibia, 1974; CONAF, s.f.; Scoresby, 1917; Luke, 1954) (**Figura 1**).



**Figura 1.** Mapa de ubicación general de Isla de Pascua (Fuente: Holthuis, 1991)

La Isla de Pascua, está ubicada en la Latitud 27° 9' Sur, y la Longitud 109° 27' Oeste (CONAF s.f.), su forma es triangular y comprende una superficie aproximada de 16.628 Há, midiendo sus lados 16, 17 y 24 Km, respectivamente, con un ancho máximo de 12 Km (**Figura 2**).

<sup>4</sup> Rapa Nui, es un vocablo Tahitiano (Yáñez-Arancibia, 1974)

La topografía submarina de Isla de Pascua, se caracteriza por ser uno de los afloramientos superficiales de la Cordillera del Océano Pacífico Este, desde la cual se proyectan hacia el este, dos sistemas de cordilleras transversales, la Cordillera de Nazca y la Cordillera de Chile, las que se prolongan hasta hundirse bajo el continente americano. A lo largo de los ejes de estas cordilleras se encuentran montes submarinos e islas oceánicas las que forman parte de Chile Insular (Gálvez, 2009; Yáñez et al., 2007, 2008).

La Isla de Pascua tiene un origen volcánico (Pollok, 1992), producto de eventos geológicos ocurridos en el mioceno tardío y plioceno temprano (George, 1997, 2005), y forma parte de la región sur oriental del archipiélago polinésico, y posee un clima marítimo, subtropical, con una temperatura ambiente media anual entre 20°C y 22°C. Las aguas superficiales costeras mantienen una temperatura de 27°C a 29°C durante el período estival del hemisferio sur (CONAF s.f.).

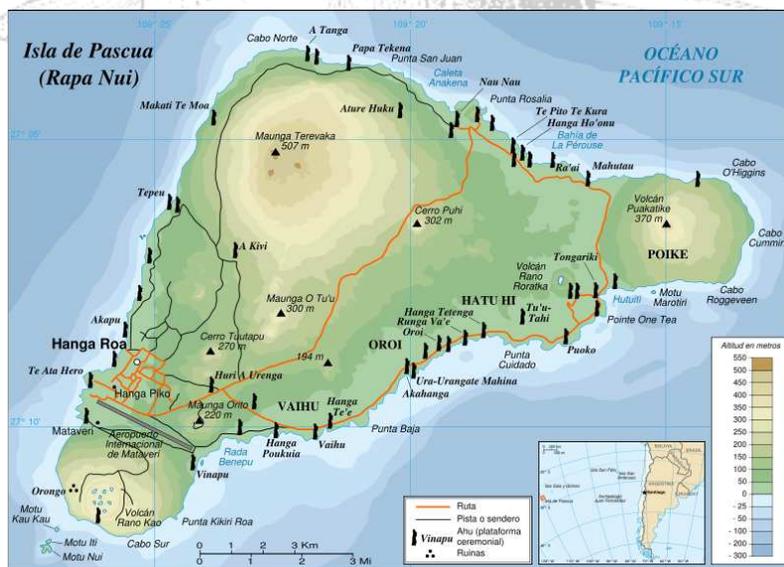


Figura 2. Mapa de Isla de Pascua

La isla presenta una única playa arenosa, Anakena, de aproximadamente 200 m de longitud. El resto del litoral es de tipo rocoso volcánico con presencia de arrecifes coralinos madreporicos (*Porites* sp. y *Pocillopora* sp.), y abundante vegetación sumergida, con predominancia de *Sargassum* sp. y *Zonaria* sp. (Yáñez et al., 2007).

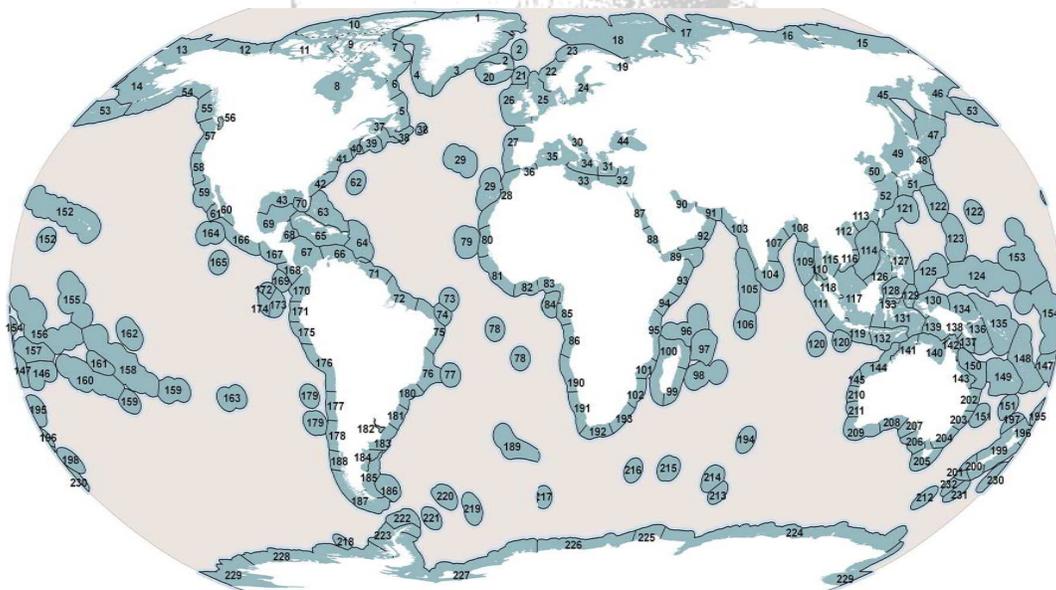
Desde el punto de vista de las áreas zoogeográficas, la Isla de Pascua ocupa una ubicación privilegiada, y suele ser considerada como la frontera oriental de la Provincia Faunística del Indo-Pacífico Occidental<sup>5</sup> (Poupin, 2003). Ambar (2001, en Yáñez et al., 2007) define el borde costero de la isla como una franja perimetral sinuosa de aproximadamente 58 kilómetros de largo, diferenciando seis unidades geográficas, correspondientes a las costas Noroeste, Sureste y Noreste, y a los bordes costeros de los vértices, identificados como Rano Kao, Poike y Terevaka (Figura 2). Este mismo autor, describe la franja costera de la Isla, distinguiendo tres unidades geográficas que corresponden a la zonas supralitoral, intermareal y sublitoral (o

<sup>5</sup> Indo-West Pacific Faunal Province (IWP)

marina propiamente), las cuales se diferencian en cuanto al tipo de sustrato, biota y procesos ecosistémicos.

Spalding et al. (2007), considerando diversas características de Isla de Pascua, proponen a la Isla de Pascua como una provincia y ecoregión (**Figura 3**), correspondiendo a la Provincia 42, y la Ecoregión 163, denominada Easter Island. Otros autores hacen referencia a Isla de Pascua, como provincia pascuensis o rapanuiana (Pequeño, 2000; Loret & Tanacredi, 2003; Retamal, 2002, 2004).

Spalding et al., (2007), definen una Provincia como un área definida por la presencia de distintas biotas que comparten aspectos a una escala de tiempo evolutivo. Las provincias exhiben un nivel de endemismo alto, principalmente a nivel de especies, y sus límites se definen por características geomorfológicas, hidrográficas y/o geoquímicas. Una Ecoregión es entendida como un área relativamente homogénea en la composición de especies y claramente diferente de sistemas adyacentes. La composición de especies está determinada por la predominancia de un número acotado de ecosistemas y/o diferencias en aspectos oceanográficos o características topográficas. Los agentes forzantes biogeográficos dominantes que definen las ecoregiones, varían de una locación a otra, no obstante existen elementos comunes o que predominan, tales como: aislamiento, surgencias, input de nutrientes, influjo de agua fresca, regímenes de temperatura, regímenes de hielo, exposición, sedimentos, corrientes y complejidad costera o batimétrica.



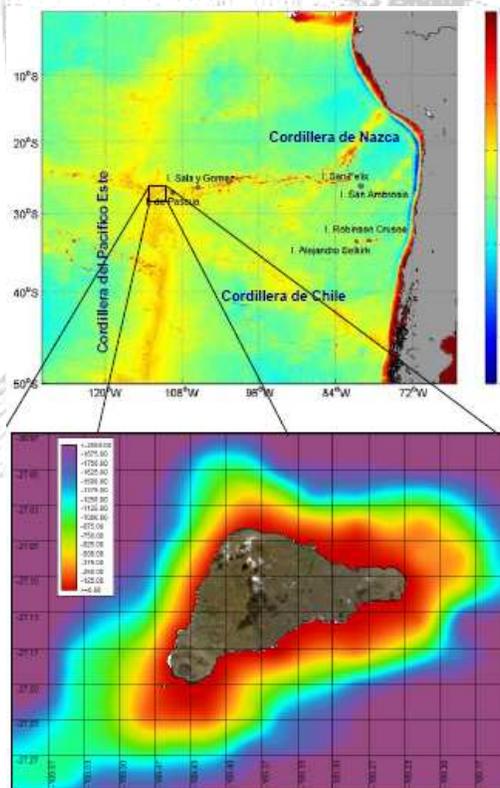
**Figura 3.** Ecoregiones propuestas por Spalding et al. (2007). La ecoregión 163, corresponde a la Isla de Pascua, la que también tiene categoría de Provincia (42), con una única ecoregión.

Esta definición de provincias y ecoregiones propuesta por Spalding et al. (2007), incluye a las islas oceánicas, a diferencia de los grandes ecosistemas marinos (Large Marine Ecosystems) que corresponden a grandes zonas del océano de aproximadamente 200.000 km<sup>2</sup> o mayor, adyacentes a los continentes en aguas costeras, donde se omiten importantes zonas de islas en el océano Pacífico e Índico ([www.lme.noaa.gov](http://www.lme.noaa.gov)).

## Descripción Oceanográfica de la Isla de Pascua

La topografía submarina de la Isla de Pascua, caracterizada por ser uno de los afloramientos superficiales de la Cordillera del Océano Pacífico Este, con dos sistemas de cordilleras transversales que se proyectan al este, correspondientes a la Cordillera de Nazca y la Cordillera de Chile, con una alta presencia de montes submarinos e islas oceánicas, constituyen características que definen los procesos oceanográficos que se observan en la isla (Gálvez, 2009; De Forest & Drazen, 2008; Yáñez et al., 2007, 2008; Melo et al., 2007; Thiel et al., 2007; Clark & Rowden, 2004; Argandoña & Moraga, 2000, Moraga et al., 1999).

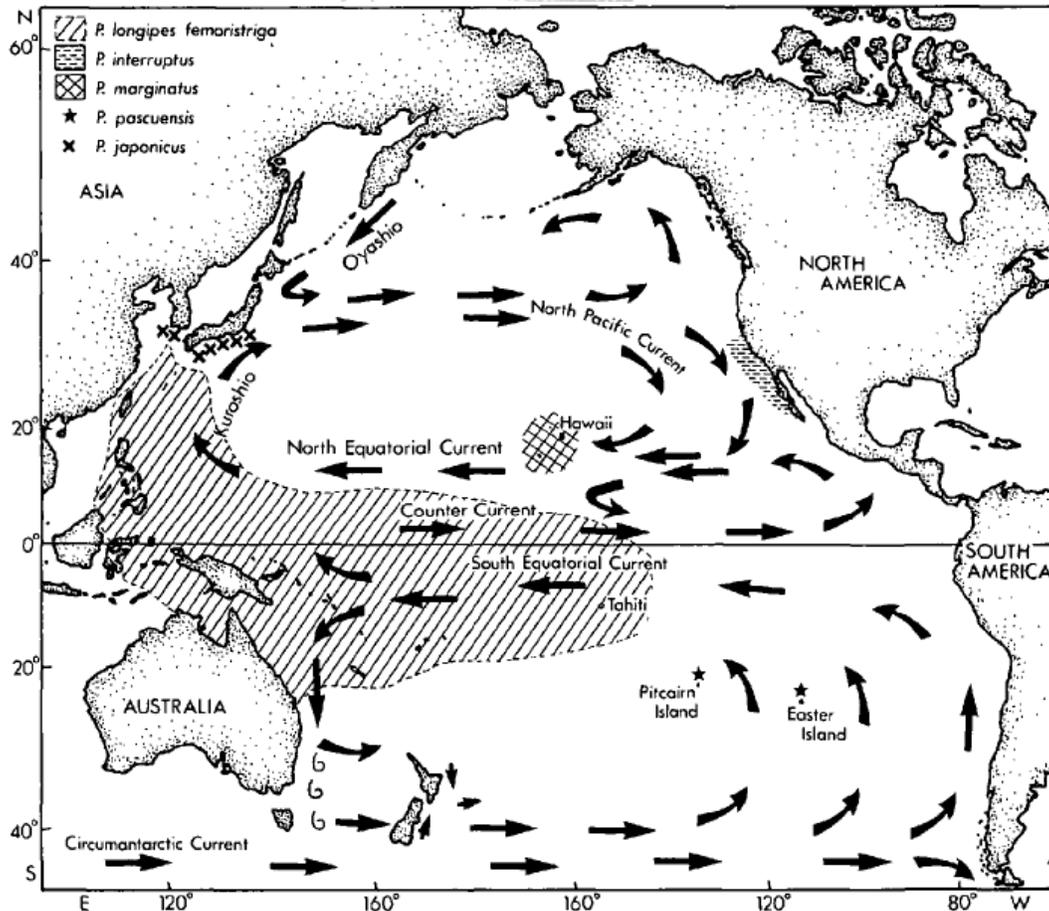
La circulación costera es afectada por la topografía de la isla, por el sistema de vientos, con posibilidad de variaciones en horas y días (Argandoña & Moraga, 2000). En la Isla de Pascua ocurren afloramientos (surgencia oceánica) y se observan vórtices o giros de mesoescala, los cuales pueden ser visualizados en imágenes satelitales de anomalía de la altura superficial del mar (AASM) (Figura 4).



**Figura 4.** Batimetría satelital del Pacífico Sudeste y de la zona geográfica circundante a Isla de Pascua (Fuente: Yáñez et al., 2007)

La circulación asociada a la isla corresponde a la del giro anticiclónico del Pacífico Sur, la cual es limitada al este por el sistema de flujos y contraflujos, que a su vez, formarían la frontera que separa las aguas frías continentales de las aguas cálidas oceánicas (Reid, 1997; Moraga et al, 1999; Castro & Landaeta, 2000; Rivera & Mujica, 2004a).

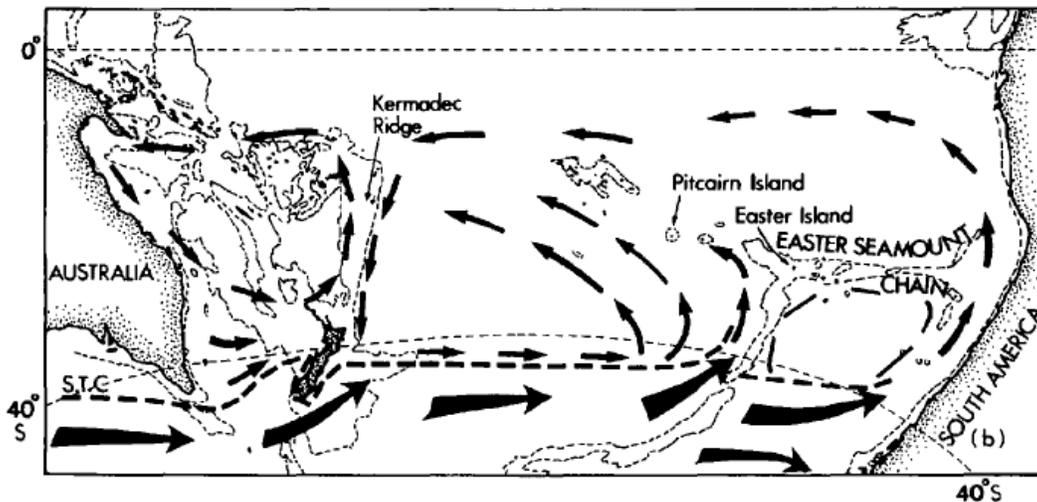
Los patrones de circulación superficial se muestran en la **Figura 5** (Pollok, 1992).



**Figura 5.** Principales patrones de circulación superficial (Pollok, 1992).

Estos patrones de circulación superficial descritos por Pollok (1992), serían el resultado de la topografía submarina, donde las crestas y cadenas de montes submarinos definen estos patrones, observándose coincidencia entre la topografía y los patrones de circulación observados (**Figura 6**).

Moraga y Olivares (1996), describen la presencia de una capa de mezcla bien definida y pequeñas variaciones especiales, las que corresponderían a condiciones normales de la zona, dado el régimen de vientos y oleaje. La concentración de nutrientes en general es baja en la superficie, con una baja concentración sobre los 500 m, lo cual es característico de aguas de tipo subtropical, dado el carácter de oligotrófico de la zona (Moraga et al., 1999; Olivares & Karl, 2000).



**Figura 6.** Patrones de circulación superficial en el Pacífico Sur propuesto por Pollok (1992), coincidente con la morfología del fondo submarino, relacionada a la presencia de crestas y las cadenas de montes submarinos.

La hidrografía de la Isla, da cuenta de la presencia de tres masas de agua. La masa de agua subtropical, rodea a la isla hasta unos 300 m de profundidad. Bajo esta masa y hasta unos 800 m de profundidad existen aguas intermedias antárticas y a los 800 m de profundidad se encuentra un mínimo salino que sugiere la presencia de aguas de origen antártico (Moraga & Olivares, 1996; Moraga et al., 1999; Lagos et al., 2000; Rivera & Mujica, 2004b).

La temperatura y salinidad en la Isla presenta variaciones durante el año, observándose una columna de agua homotermal y homosalina en las aguas que rodean la isla hasta los 50 m de profundidad, con rangos de temperatura de 22,4 a 22,8°C y 36,1 a 36,4 psu<sup>6</sup> de salinidad (Olivares & Moraga, 1993; Lagos et al., 2000).

## Antecedentes Biológicos de Isla de Pascua

La Isla de Pascua y sus inmediaciones, poseen un bajo número de estudios, existiendo un bajo conocimiento de aspectos biológicos, planctológicos y oceanográficos (Poupin, 2008; Mujica, 2006; Oñate, 2005; Rivera & Mujica, 2004a). Yáñez et al. (2007), señalan que a pesar de esta falta de estudios básicos e investigaciones aplicadas del ecosistema marino de Isla de Pascua, no se observa ningún esfuerzo sistemático en el país para abordar el tema. Las excepciones son dos estudios desarrollados en la década del 80 por IFOP, un estudio realizado por un equipo de investigadores de la Universidad Católica publicado por el Dr. Juan Carlos Castilla y una prospección de CIMAR. A nivel internacional, numerosas investigaciones han sido realizadas por extranjeros, no obstante sus resultados no son fácilmente disponibles (Ambar, 2001 en Yáñez et al., 2007)).

<sup>6</sup> psu: Unidades Prácticas de Salinidad (practical salinity unit), que corresponde a una medición de la salinidad que considera la relación de conductividad de una muestra de agua de mar con una solución estándar de KCl

Las características de la Isla, definen un alto endemismo (Gálvez, 2009; Poupin, 2008; Mietke et al., 2007; Froese & Sampang, 2004; Morato & Pauly, 2004; Stocks, 2004; Retamal, 2004; Glynn et al., 1996; Yáñez-Arancibia, 1974); sin embargo, Yáñez-Arancibia (1974), plantea que a medida que se realicen nuevos estudios, el nivel de endemismo reportado para Isla de Pascua irá disminuyendo.

La ictiofauna de la Isla de Pascua, es diversa y por su forma, colorido, hábitats y familias más representativas, se asemeja a las comunidades características de las zonas de arrecifes coralinos, aun cuando en la Isla de Pascua no existen arrecifes tipo barrera, sino que son bancos coralinos discontinuos (Yáñez-Arancibia, 1974).

La ictiofauna de la Isla de Pascua tiene relación con las regiones del Pacífico Occidental, y no tiene ninguna relación con el mar continental de Chile (Randall, 1970; Briggs, 1974; Yáñez-Arancibia, 1974). Randall (1970), al analizar 29 especies de peces, reportó que 21 de ellas eran especies tropicales Indo-Pacíficas y las restantes estaban relacionadas con especies de las Islas Norfolk, Kermadec y Australia.

Retamal (2004), identifica 21 especies bentónicas, algunas de las cuales pertenecen a taxa nuevos tanto para la ciencia como para aguas chilenas. Casi todas los taxa muestran nuevas distribuciones, tanto latitudinal como batimétricas. Desde el punto de vista zoogeográfico el material identificado permite confirmar lo aseverado por numerosos autores, en cuanto a que, los decápodos presentes en las islas de Pascua y Salas y Gómez corresponden a parte de la fauna que se distribuye a lo largo y ancho de la Región Indo Pacífico Tropical occidental (IWPTR).

DiSalvo et al. (1988) y Parin et al. (1997), demuestran que los invertebrados presentes en las cordilleras sumergidas de Salas y Gómez y Nazca, incluidos los decápodos, están más relacionadas con la fauna del Pacífico occidental que con la del Pacífico oriental. Resultados similares han sido reportados por Ekman (1973), Briggs (1974) y Springer (1982 en Retamal, 2004), quienes señalan que la fauna del Pacífico occidental está más ampliamente distribuida que la del Pacífico oriental. La distribución hacia el este mediante el sistema “stteping stones dispersal” (Sylvain & Rousset, 1999), ha sido explicada por Briggs (1974), quién señala que sucesivas migraciones a través de los límites zoogeográficos que delimitan el Indo Pacífico occidental puede tener, aparentemente, una sola dirección, hacia áreas en donde la fauna es pobre y la competencia es menor, es decir desde áreas con una alta presión biótica hacia aquellas en donde ésta es menor. Los stteping stones probablemente corresponderían a las cadenas de islas y montes sumergidos que incluye las islas: Cook, Austral (Tubuai), Pitcairn, Henderson, Ducie, Pascua y Salas y Gómez, siendo el área más grande, desprovista de montañas sumergidas, aquella comprendida entre las islas Ducie y Pascua, aproximadamente 1.550 km, pero, es el área a nivel mundial, con la mayor tasa de dispersión.

Como se indicó precedentemente, la fauna marina de Isla de Pascua se caracteriza por tener un alto grado de endemismo, principalmente a nivel específico. Estas especies endémicas han persistido a través de períodos geológicos. La fauna es predominantemente de origen indopacífico occidental (Yáñez-Arancibia, 1974; Castilla y Rozbaczylo, 1987). En Isla de Pascua, se han identificado un total de 350 especies de fauna marina, en 9 niveles taxonómicos, donde existe una gran homogeneidad en cuanto a la distribución de los recursos en el borde costero. Como grupos dominantes en biomasa destacan los peces y cefalópodos, y en términos de

abundancia numérica dominan los eufáusidos. A continuación se describe cada grupo faunístico presente en la Isla de Pascua.

Peces: Los peces de la Isla de Pascua representan una fauna bastante diversificada y poco abundante. Por su forma, colorido, hábitat y familias más representativas, recuerdan a las comunidades características de las zonas de arrecifes coralinos (Yáñez et al., 2007).

La mayor parte de la fauna ictiológica de Pascua la componen elementos Indo-Pacíficos, luego elementos de América tropical, elementos de Australia-Nueva Zelandia y áreas adyacentes, y finalmente, sólo un par de especies de la región Pacífico sur oriental (Yáñez et al., 2007).

De acuerdo al Plan de Manejo Parque Nacional Rapa Nui (CONAF s.f.), el número total de especies de peces para Isla de Pascua es de 111, distribuidas entre 52 familias y 90 géneros. De estas 111, 12 géneros y 14 especies corresponden a peces océano-pelágicos o mesopelágicos y el resto a especies propiamente costeras. Otros autores indican 163 especies descritas para Isla de Pascua pertenecientes a 65 familias. Al respecto las familias Muraenidae, Labridae, Holocentridae, Balistidae, Serranidae, Carangidae, Scorpaenidae, Pomacentridae y Kyphosidae son las mejor representadas (Yáñez et al., 2007).

El año 1974, es el primer reporte de *Thunnus albacares* para Isla de Pascua (Yáñez-Arancibia, 1974), a partir de una revisión de material de la Universidad de Concepción.

El complejo ictiológico de Isla de Pascua presenta similitud con el complejo ictiológico de las Islas Hawai-Johnston, lo cual no es extraño dada su proximidad y la estabilidad climática y su considerable aislamiento geográfico (Briggs, 1974).

Moluscos: Se han descrito alrededor de 115 especies de moluscos, de los cuales un 42% son endémicas. Además hay 18 nuevos especímenes que se encuentran identificados sólo a nivel de familia o género. Esto indica que habría un total de 133 especies de moluscos en Isla de Pascua (Yáñez et al., 2007).

Crustáceos: De acuerdo con el Plan de Manejo del Parque Nacional Rapa Nui, existen 7 especies de crustáceos Macrura (CONAF s.f.), que incluye a *Panulirus pascuensis* (Retamal et al., 1974). Desde el punto de vista zoogeográfico, la fauna de macruros de la Isla de Pascua es polinésica, aunque se observa cierto grado de endemismo. Además, existen 27 Brachyura, de los cuales 6 son endémicos; una especie de anomura y dos especies de cirripedios, todas endémicas (CONAF s.f.).

Además se encuentran representados los órdenes Amphipoda y Stomatopoda (Yáñez et al., 2007).

Equinodermos: De acuerdo con el Plan de Manejo del Parque Nacional Rapa Nui, existe un total de 16 especies de equinodermos en Isla de Pascua, de las cuales 7 corresponden a Echinoidea, 4 a Asteroidea, 3 a Ophiuroidea y 2 a Holothuroidea. Del total de equinodermos, tres especies son endémicas *Echinometra insularis*, *Ophidiaster easterensis* y *Astrolabe paschae* (CONAF s.f.).

Corales: Los corales pétreos no forman arrecifes continuos en torno a Isla de Pascua, se presentan como arrecifes monoespecíficos de dimensiones variadas en forma de parches aislados o como arrecifes con concurrencia de varias especies (Castilla & Rozbaczylo, 1987).

En la Isla de Pascua actualidad, hay 11 especies de corales, revelando una baja diversidad en comparación con ambientes subtropicales de características similares. La especie de coral más común en Isla de Pascua es *Pocillopora damicornis*, distribuida en toda la isla hasta los 15 m de profundidad, y recolectada como elemento decorativo o para su venta como souvenir. De acuerdo a la información existente, sería endémica sólo *Leptoseris paschalensis* y el resto tendría una amplia distribución geográfica en el océano Indico, Hawai y Tahiti (Yáñez et al., 2007).

Eponjas: Las esponjas son los organismos sedentarios más relevantes en Isla de Pascua después de los corales y los erizos de mar (DiSalvo et al., 1988). Se han descrito 11 especies, entre las que destacan *Tedania* sp. y *Asteropus* sp. (Yáñez et al., 2007).

Actinias: En Isla de Pascua se reconocen 7 especies de actinias, destacando *Actinogeton rapanuiensis* común en zonas semiprotegidas, y *Phymactis clematis* que es recolectada para consumo por los Isleños (Yáñez et al., 2007).

Poliquetos: La fauna de poliquetos encontrados en Isla de Pascua tiene afinidad con especies del indopacífico occidental tropical (Castilla & Rozbaczylo, 1987). Se han descrito por lo menos 49 especies a lo cual se suman 11 especies descritas con anterioridad, llegando a un total de 60 especies de poliquetos de 24 familias diferentes (Yáñez et al., 2007).

Algas: Se han descrito un total de 144 taxas de algas bentónicas para la zona intermareal y submareal poco profunda de la Isla de Pascua. Entre ellas se encuentran 7 especies de Cyanophyta, 30 especies de Chlorophyta, 28 especies de Phaeophyta y 79 especies de Rhodophyta. La caracterización fitogeográfica de la Isla, da cuenta de una alta representación de especies con amplia distribución geográfica y una muy baja representación de especies endémicas o con distribución geográfica restringida.

Zooplankton: Los estudios acerca de la distribución espacial y abundancia relativa de especies zooplanctónicas han sido realizados principalmente en el marco del proyecto CIMAR Islas Oceánicas. Se observa un sistema oligotrófico en las aguas circundantes a la Isla que presenta bajos niveles de biomasa zooplanctónica y valores relativamente altos de diversidad, estos patrones ecológicos sólo se pueden observar a meso y macro escala, entre espacios de cientos a miles de kilómetros (Rivera & Mujica, 2004b).

Se han identificaron 31 unidades taxonómicas, correspondientes a grupos de decápodos pelágicos, mesopelágicos y bentónicos. Las larvas más abundantes fueron de la familia Sergestidae (Retamal, 2004; Rivera & Mujica, 2004b).

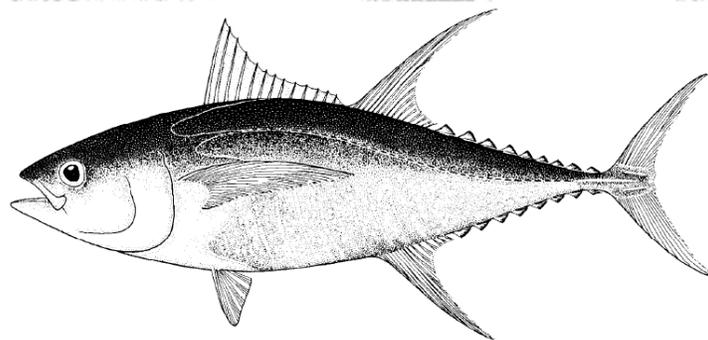
Considerando la importancia del ecosistema de Isla de Pascua y la fragilidad del mismo, con una biodiversidad que debe ser protegida, la Subsecretaría de Pesca, mediante DS 547 del 30 de diciembre de 1999, declaró un Area Marina y Costera Protegida para los siguientes sectores denominados Parques Marinos: Coral Nui Nui, Motu Tautara y Ranga Oteo (Toro, 2002).

## Descripción de *Thunnus albacares*

De acuerdo a Collette y Nauen (1983), la clasificación y taxonomía del atún aleta amarilla es la siguiente:

- Phylum : Chordata
- Subphylum : Vertebrata
- Superclase : Gnathostomata
- Clase : Osteichthyes
- Subclase : Actinopterygii
- Orden : Perciformes
- Suborden : Scombroidei
- Familia : Scombridae
- Genero : *Thunnus*
- Especie : *Thunnus albacares*
- Tribu : Thunnini
- Nombre Científico : *Thunnus albacares* (Bonnaterre 1788)

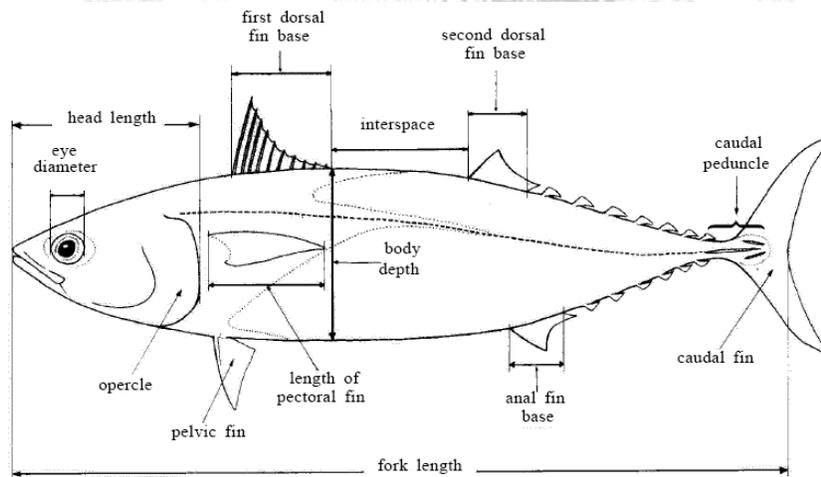
*Thunnus albacares*, cuyo nombre común utilizado en Chile es Atún de Aleta Amarilla, es una especie oceánica epipelágica, cosmopolita, cuya distribución es amplia cubriendo los mares tropicales y subtropicales (IATTC, 2001; Bruyn et al., 2009;), estando ausente en el mar Mediterráneo. *T. albacares*, se encuentra en la columna de agua, tanto por encima como por debajo de la termoclina, en los 100 primeros metros; su cuerpo es fusiforme, con la segunda aleta dorsal y la aleta anal de color amarillo brillante, las cuales son alargadas en especímenes maduros. El cuerpo es azul metálico oscuro, cambiando a plata en el vientre, con cerca de 20 líneas verticales discontinuas. (Ginsburg, 1953; Fisher et al., 1995a,b,c; Collete & Nauen, 1983; Boyce, 2006) (Figuras 7 y 8).



**Figura 7.** *Thunnus albacares* (Bonnaterre 1788) (Fuente: Collette & Nauen, 1983)



**Figura 8.** *Thunnus albacares* (Bonnaterre 1788) (Fuente: <http://www.arkive.org/yellowfin-tuna/thunnus-albacares/> )



**Figura 9.** Medidas utilizadas en atunes (Fuente: Collette & Nauen, 1983)

El tamaño máximo de *T. albacares* es superior a 200 cm. longitud furcal (fork length) (Ver **Figura 9**), y el máximo peso registrado alcanza los 176,4 Kg. para un pez de 208 cm. de la costa oeste de México. La longitud furcal más común es de 150 cm. (Collete & Nauen, 1983).

Esta especie permanece reproductiva durante todo el año, con peaks en la estación de verano (Joseph, 1963), alcanzando la madurez sexual a tamaños de 50 a 60 cm. de longitud furcal, que corresponde a una edad de aproximadamente 12 a 15 meses (Davidoff, 1963). Ejemplares con longitud furcal entre 70 a 100 cm. el porcentaje de individuos maduros es mucho más alto, y sobre los 120 cm. de longitud furcal, todos los peces están maduros sexualmente (Collete & Nauen, 1983).

La liberación de huevos (Spawning) ocurre durante todo el año en el área de distribución del atún de aleta amarilla, con peaks en verano, tanto en el norte como en el sur (Collete & Nauen, 1983), y de acuerdo a reportes de Joseph (1963) la fecundidad de esta especie estaría relacionada con el tamaño del atún en el Pacífico Este.

El atún de aleta amarilla tiende a hacer cardúmenes con peces de similar tamaño, incluyendo otras especies de atún; y ejemplares de mayor tamaño, frecuentemente son vistos con delfines, marsopas, ballenas y tiburones ballena (Shomura et al., 1993, 1996).

## Distribución de *Thunnus albacares*

El atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), es una especie epipelágica altamente migratoria de la familia Scombridae, que se encuentra en todos los mares tropicales y subtropicales del mundo (Collette & Nauen, 1983; IATTC, 2001; Eslava et al., 2003; Alatorre, 2007; Domingo et al., 2008; Bruyn et al., 2009; Pacheco, 2009), con la excepción del Mar Mediterráneo, (Collette & Nauen, 1983).

Los estudios de distribución espacial de atún se han realizado en base a la información de captura disponible (Maury et al., 2001; Sosa & Manzo, 2002), determinando que *T. albacares* se distribuye por sobre y bajo la termoclina, cuyo límite termal de ocurrencia de esta especie es entre 18° and 31°C, estando influenciada la distribución vertical por la estructura termal de la columna de agua y habita capas oceánicas relativamente superficiales (0-100 m), distribuyéndose desde los 32° 43' Norte hasta los 37° 00' Sur, estando restringidos por la isoterma de 28°C (Collette & Nauen, 1983) (Figuras 10 y 11).

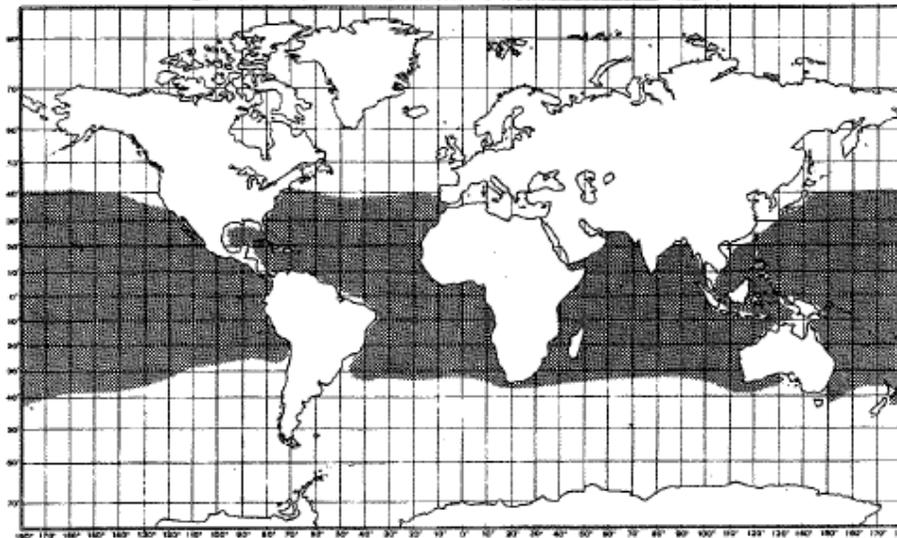
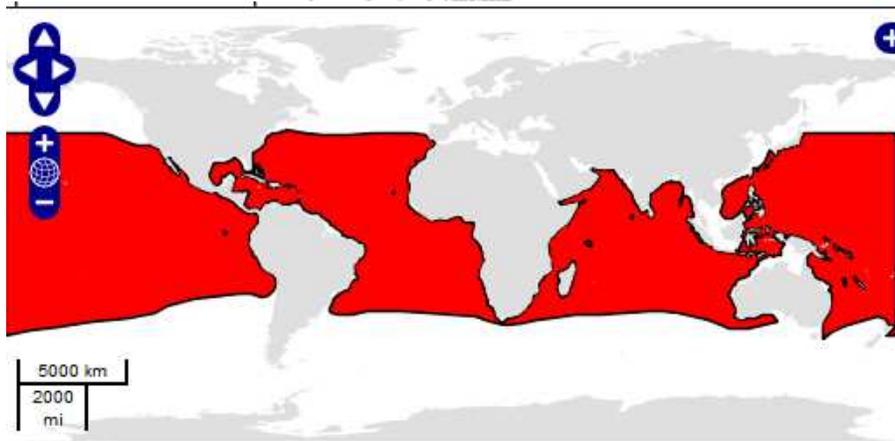
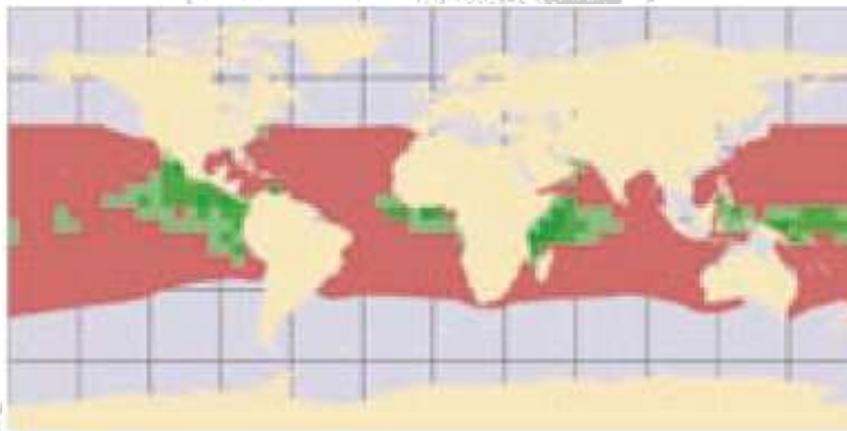


Figura 10. Distribución de *Thunnus albacares* según Collete & Nauen (1983)



**Figura 11.** Distribución de *Thunnus albacares*, el color rojo da cuenta de la certeza de la información referida a la distribución de esta especie (Fuente: [http://www.fao.org/figis/web-maps/species-maps/species-maps-result.html?3AC=YFT-2497&name=Thunnus albacares](http://www.fao.org/figis/web-maps/species-maps/species-maps-result.html?3AC=YFT-2497&name=Thunnus%20albacares))

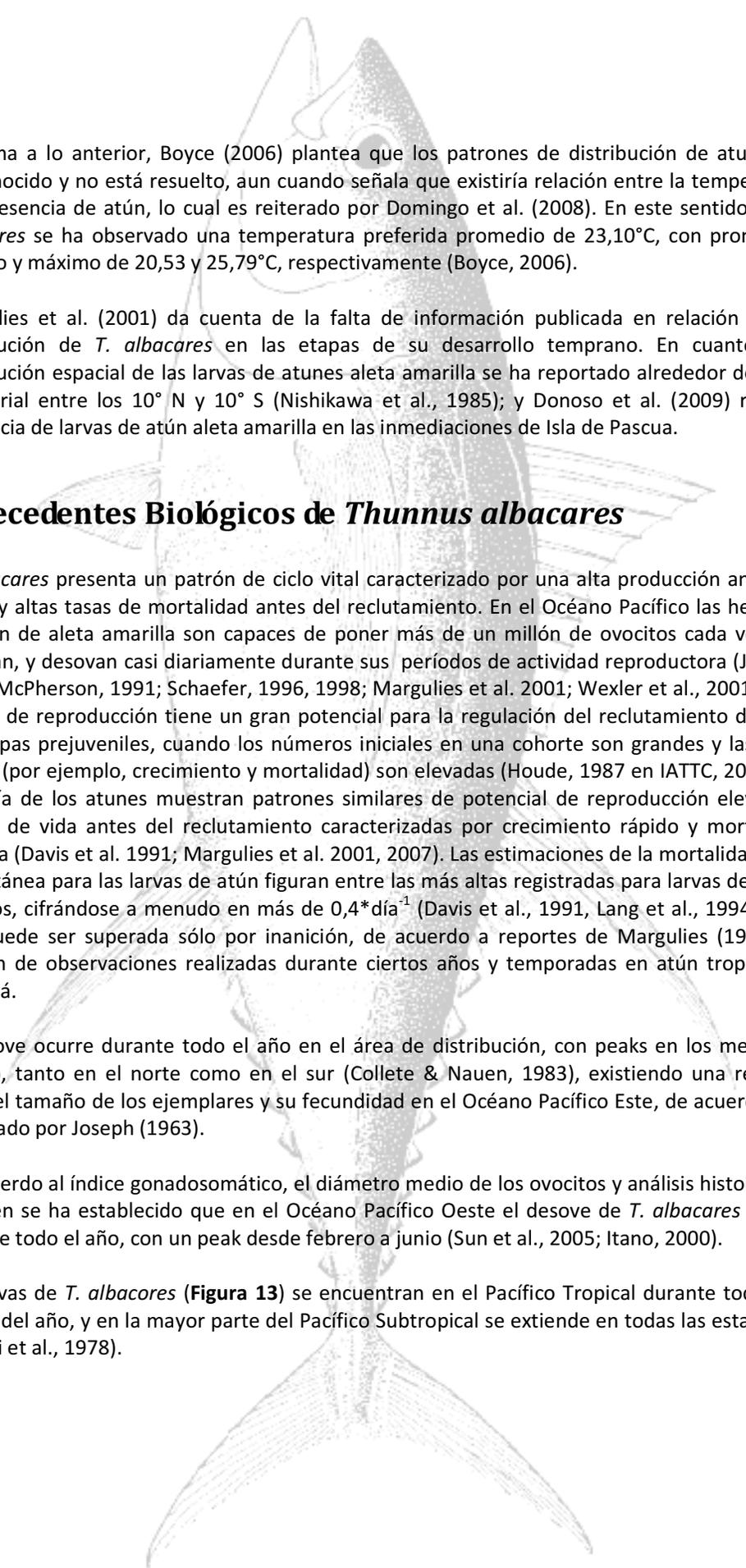
Maguire et al. (2006) construyen un mapa en base al propuesto por Collete & Nauen (1983), con datos extraídos de Carocci & Majkowski (2003) y datos no publicados, donde hacen referencia al nivel de conocimiento y las principales áreas de pesca (**Figura 12**). En el caso de *T. albacares* no existen áreas de distribución desconocida a nivel general.



Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*)

**Figura 12.** Distribución general de *T. albacares* (rojo = distribución en base a antecedentes mostrados en Figura 10) y principales áreas de pesca (Verde), basado en capturas del período 2000 – 2005 (Fuente: Maguire et al., 2006).

Aunque la distribución de atún de aleta amarilla es continua en el Océano Pacífico, se carece de evidencia de existencia de migraciones de adultos de este-oeste o norte-sur, lo cual sugiere que no existiría intercambio entre atunes del Pacífico Este y del Pacífico Central ni entre el Pacífico Oeste y el Pacífico Central, lo cual daría cuenta de la existencia de subpoblaciones (Collette & Nauen, 1983). Martin Hall (com.pers.), indica que no existe consenso entre los expertos sobre las migraciones oceánicas de atunes, existiendo quienes sostienen que sí ocurren procesos migratorios de gran escala, y otros que plantean que este tipo de migraciones no ocurre.



En suma a lo anterior, Boyce (2006) plantea que los patrones de distribución de atunes es desconocido y no está resuelto, aun cuando señala que existiría relación entre la temperatura y la presencia de atún, lo cual es reiterado por Domingo et al. (2008). En este sentido, en *T. albacares* se ha observado una temperatura preferida promedio de 23,10°C, con promedios mínimo y máximo de 20,53 y 25,79°C, respectivamente (Boyce, 2006).

Margulies et al. (2001) da cuenta de la falta de información publicada en relación con la distribución de *T. albacares* en las etapas de su desarrollo temprano. En cuanto a la distribución espacial de las larvas de atunes aleta amarilla se ha reportado alrededor del área ecuatorial entre los 10° N y 10° S (Nishikawa et al., 1985); y Donoso et al. (2009) reporta presencia de larvas de atún aleta amarilla en las inmediaciones de Isla de Pascua.

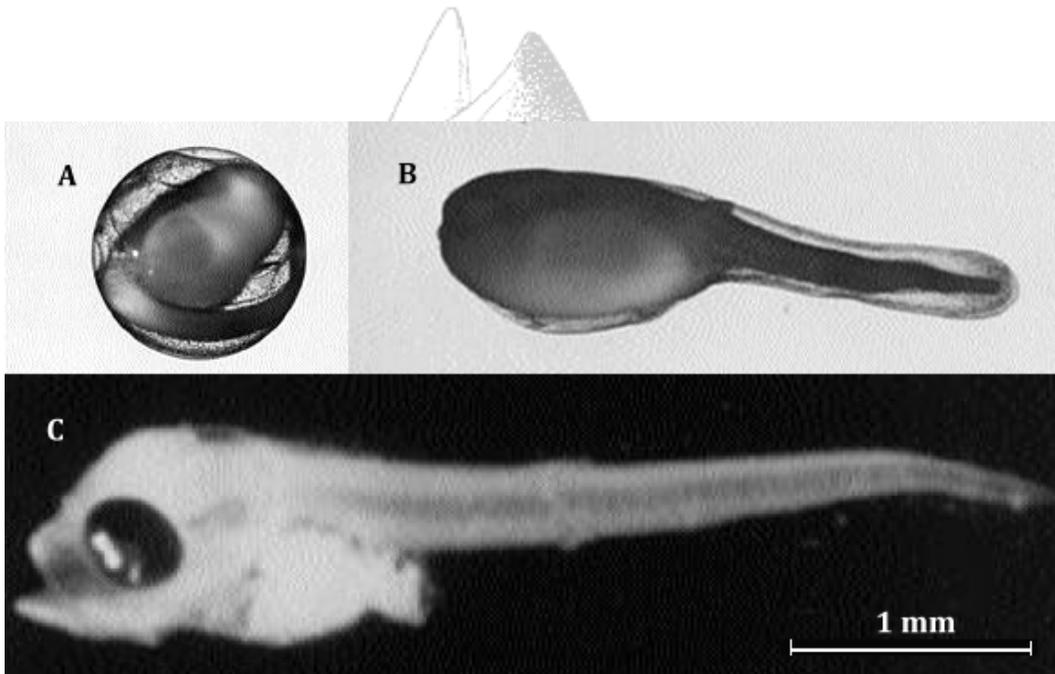
## **Antecedentes Biológicos de *Thunnus albacares***

*T. albacares* presenta un patrón de ciclo vital caracterizado por una alta producción anual de larvas y altas tasas de mortalidad antes del reclutamiento. En el Océano Pacífico las hembras de atún de aleta amarilla son capaces de poner más de un millón de ovocitos cada vez que desovan, y desovan casi diariamente durante sus períodos de actividad reproductora (Joseph, 1963; McPherson, 1991; Schaefer, 1996, 1998; Margulies et al. 2001; Wexler et al., 2001). Este patrón de reproducción tiene un gran potencial para la regulación del reclutamiento durante las etapas prejuveniles, cuando los números iniciales en una cohorte son grandes y las tasas vitales (por ejemplo, crecimiento y mortalidad) son elevadas (Houde, 1987 en IATTC, 2001). La mayoría de los atunes muestran patrones similares de potencial de reproducción elevado y etapas de vida antes del reclutamiento caracterizadas por crecimiento rápido y mortalidad elevada (Davis et al. 1991; Margulies et al. 2001, 2007). Las estimaciones de la mortalidad total instantánea para las larvas de atún figuran entre las más altas registradas para larvas de peces marinos, cifrándose a menudo en más de  $0,4 \cdot \text{día}^{-1}$  (Davis et al., 1991, Lang et al., 1994), tasa que puede ser superada sólo por inanición, de acuerdo a reportes de Margulies (1993) en función de observaciones realizadas durante ciertos años y temporadas en atún tropical de Panamá.

El desove ocurre durante todo el año en el área de distribución, con peaks en los meses de verano, tanto en el norte como en el sur (Collete & Nauen, 1983), existiendo una relación entre el tamaño de los ejemplares y su fecundidad en el Océano Pacífico Este, de acuerdo a lo reportado por Joseph (1963).

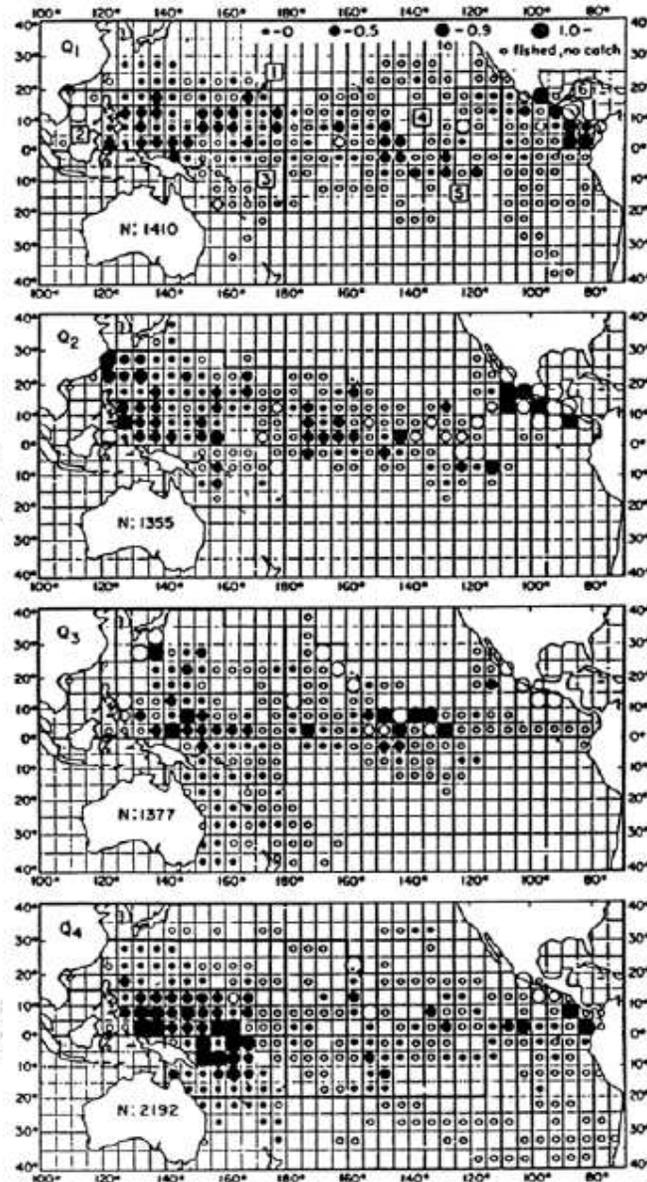
De acuerdo al índice gonadosomático, el diámetro medio de los ovocitos y análisis histológicos también se ha establecido que en el Océano Pacífico Oeste el desove de *T. albacares* ocurre durante todo el año, con un peak desde febrero a junio (Sun et al., 2005; Itano, 2000).

Las larvas de *T. albacares* (**Figura 13**) se encuentran en el Pacífico Tropical durante todos los meses del año, y en la mayor parte del Pacífico Subtropical se extiende en todas las estaciones (Suzuki et al., 1978).



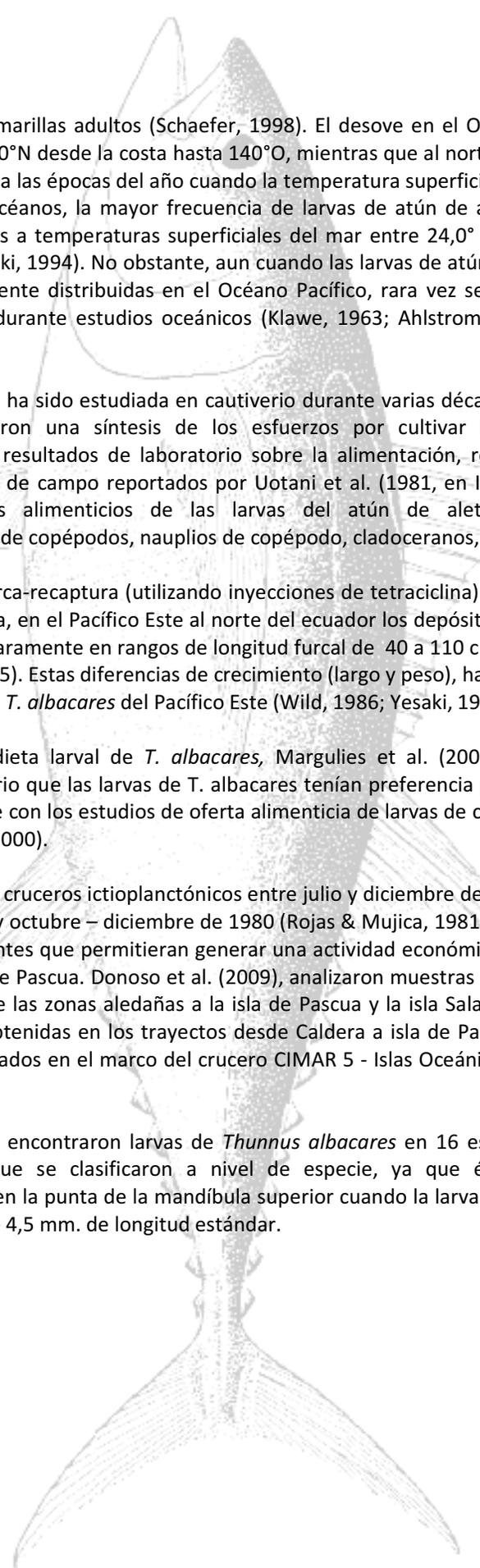
**Figura 13.** Huevo y larvas de *T. albacares* obtenidos del desove natural de adultos en corrales marinos. A. Huevo fertilizado en etapa de embrión sin cola, justo antes de eclosionar; B. Larva recién eclosionada; C. Larva en etapa de primera alimentación, con ojos pigmentados y boca funcional, 2,5 días después de eclosionar (Fuente: IATTC, 2001).

Cambios estacionales en la densidad larval de *T. albacares* han sido observados en aguas subtropicales (Richards & Simmons, 1971; Collette & Nauen, 1983; Boehlert & Mundy, 1994; Suzuki et al., 1978; Wild, 1993) (**Figura 14**).



**Figure 14.** Distribuciones trimestrales de la densidad de estados larvales de atún de aleta amarilla muestreadas por arrastres horizontales superficiales, para visualizar variaciones estacionales. Los círculos sólidos y los círculos abiertos, indican mayor o menor densidad larval, respectivamente en cuadrícula de 5 grados (Suzuki et al., 1978; Wild, 1993).

Las larvas se encuentran exclusivamente en aguas cálidas, por sobre de la termoclina (Collette & Nauen, 1983), existiendo reportes de mayores abundancias larvales de *T. albacores* en el Pacífico, en áreas cercanas a islas y montes submarinos (Leis et al., 1991; Boehlert & Mundy, 1994), en zonas de surgencia oceánica a nivel ecuatorial (Suzuki et al., 1978) y zonas de surgencia costera (Klawe, 1963). Un análisis histológico de la condición reproductora del atún de aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental (OPO) indicó un patrón geográfico de desove



similar para aletas amarillas adultos (Schaefer, 1998). El desove en el OPO ocurrió de forma continua entre 0° y 20°N desde la costa hasta 140°O, mientras que al norte de 20°N y al sur de 0° estuvo restringido a las épocas del año cuando la temperatura superficial del mar superó los 24°C. En todos los océanos, la mayor frecuencia de larvas de atún de aleta amarilla se han recolectado asociadas a temperaturas superficiales del mar entre 24,0° y 30,0°C (Richards & Simmons, 1971; Suzuki, 1994). No obstante, aun cuando las larvas de atún de aleta amarilla se encuentran ampliamente distribuidas en el Océano Pacífico, rara vez se han recolectado en grandes cantidades durante estudios oceánicos (Klawe, 1963; Ahlstrom, 1971, 1972; IATTC, 2001).

Esta especie también ha sido estudiada en cautiverio durante varias décadas en Japón. Kaji et al. (1999), presentaron una síntesis de los esfuerzos por cultivar las crías, existiendo consistencia con los resultados de laboratorio sobre la alimentación, reportados por IATTC (2001) y los estudios de campo reportados por Uotani et al. (1981, en IATTC, 2001). En este sentido, los hábitos alimenticios de las larvas del atún de aleta amarilla consiste predominantemente de copépodos, nauplios de copépodo, cladoceros, y apendicularianos.

Experimentos de marca-recaptura (utilizando inyecciones de tetraciclina) demostraron que en atún de aleta amarilla, en el Pacífico Este al norte del Ecuador los depósitos de crecimiento en los otolitos crecen diaramente en rangos de longitud furcal de 40 a 110 cm. (Lehodey & Leroy, 1999; Wild et al., 1995). Estas diferencias de crecimiento (largo y peso), han permitido detectar dimorfismo sexual en *T. albacares* del Pacífico Este (Wild, 1986; Yesaki, 1983; Wild, 1994).

En relación con la dieta larval de *T. albacares*, Margulies et al. (2001), determinaron en estudios en laboratorio que las larvas de *T. albacares* tenían preferencia por copépodos en su dieta, lo cual coincide con los estudios de oferta alimenticia de larvas de crustáceos decápodos (Mujica & Espinoza, 2000).

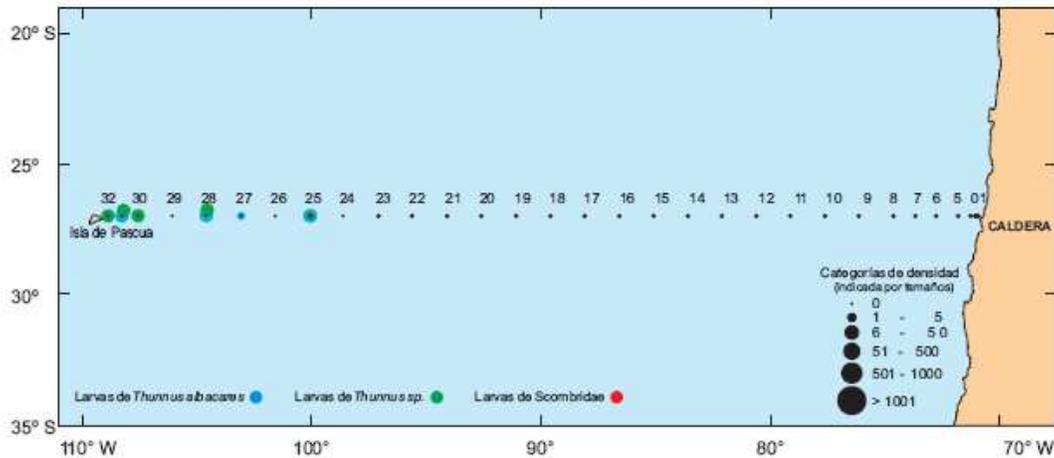
En Chile, IFOP realizó cruceros ictioplanctónicos entre julio y diciembre de 1979 (Rojas, 1980) y entre enero - marzo y octubre - diciembre de 1980 (Rojas & Mujica, 1981), con el propósito de contar con antecedentes que permitieran generar una actividad económica sobre los recursos presentes en la Isla de Pascua. Donoso et al. (2009), analizaron muestras de larvas de atunes y otros escómbridos de las zonas aledañas a la isla de Pascua y la isla Salas y Gómez, así como también muestras obtenidas en los trayectos desde Caldera a isla de Pascua, y de ésta a isla Salas y Gómez, realizados en el marco del crucero CIMAR 5 - Islas Oceánicas en noviembre de 1999.

Donoso et al. (2009) encontraron larvas de *Thunnus albacares* en 16 estaciones (**Tabla 1**) y fueron las únicas que se clasificaron a nivel de especie, ya que éstas presentan una pigmentación negra en la punta de la mandíbula superior cuando la larva alcanza una longitud de aproximadamente 4,5 mm. de longitud estándar.

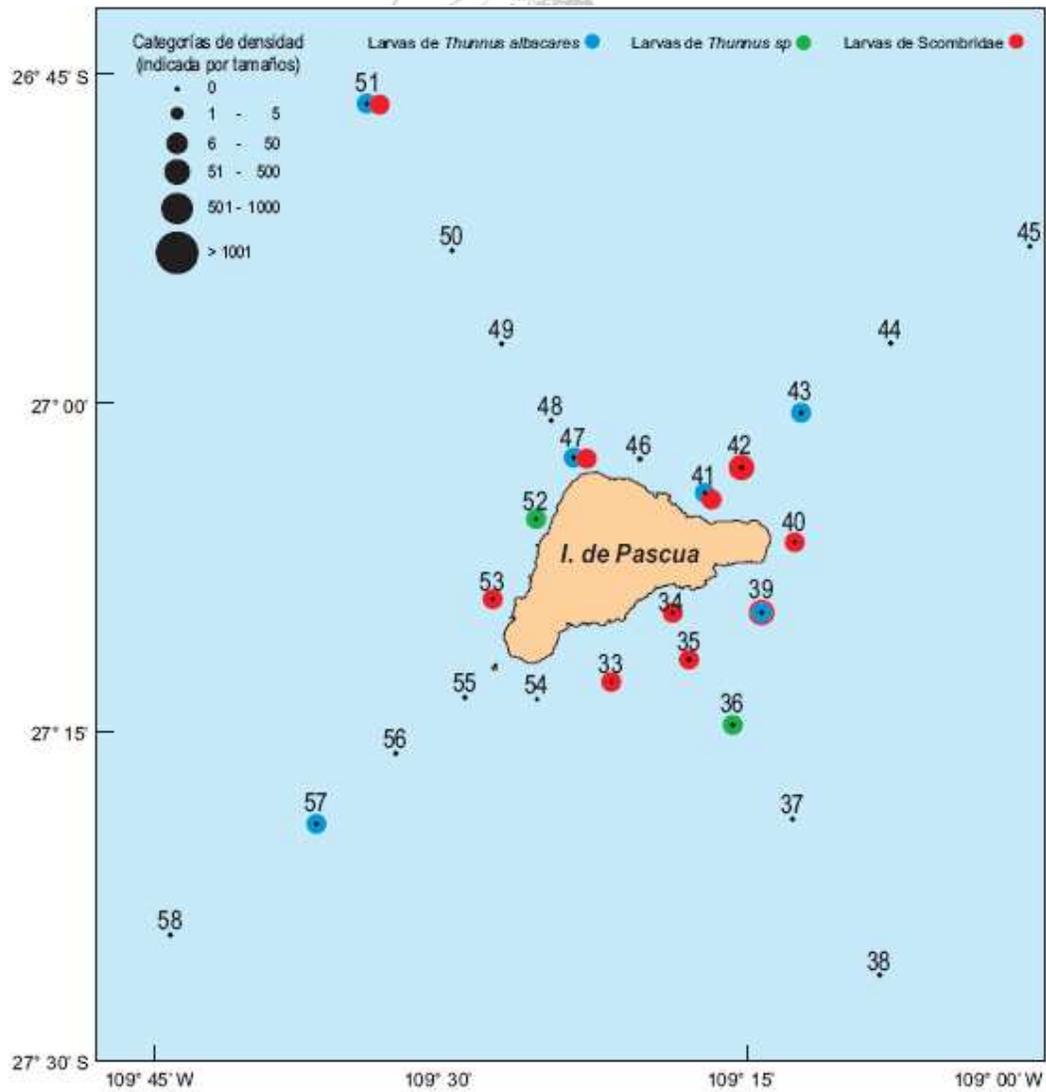
**Tabla 1.** Información de análisis realizado por Donoso et al. (2009) de muestras larvales obtenidas en crucero CIMAR 5 – Islas Oceánicas.

|                        | <i>T. albacares</i> | <i>Thunnus sp</i> | Gempylidae | Scombridae | Indeterminadas | Total spp |
|------------------------|---------------------|-------------------|------------|------------|----------------|-----------|
| N° Total de larvas     | 1.502               | 219               | 7          | 449        | 66             | 2.242     |
| % larvas               | 67,0                | 9,7               | 0,3        | 20,0       | 2,9            | 100,0     |
| N° Estaciones          | 92                  | 92                | 92         | 92         | 92             | 92        |
| Estaciones (+)         | 16                  | 12                | 1          | 19         | 5              | 34        |
| % Estaciones (+)       | 17,4                | 13,0              | 1,1        | 20,7       | 5,4            | 37,0      |
| Promedio en Est. (+)   | 94                  | 18                | 7          | 24         | 13             | 66        |
| Desv. Est. en Est. (+) | 293,8               | 24,3              | 0          | 24,4       | 6,7            | 205       |
| C.V. en Est. (+)       | 3,1                 | 1,3               | 0          | 1,0        | 0,5            | 3,1       |
| N° Mín. en Est.(+)     | 5                   | 3                 | 7          | 6          | 5              | 3         |
| N° Max. en Est. (+)    | 1.230               | 93                | 7          | 120        | 24             | 1.230     |

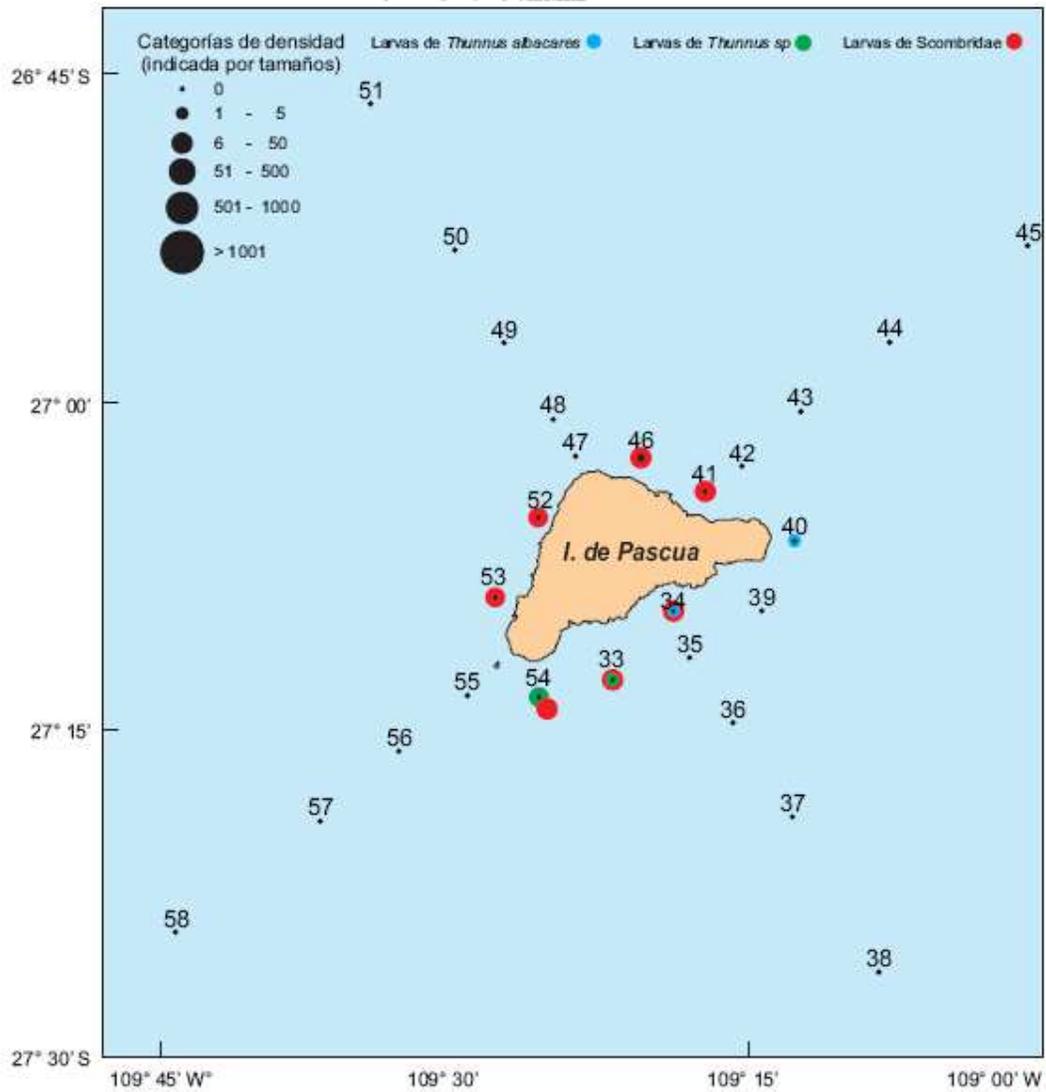
El total de larvas encontradas de *T. albacares* fue de 1.502 larvas, lo que corresponde al 67% de las larvas de túnidos y especies afines del estudio realizado por Donoso et al. (2009). Estas larvas estuvieron presentes en forma discreta (< 25) en las estaciones 25, 27, 28 y 31, en el primer trayecto del crucero (**Figura 15**) y alrededor de la Isla de Pascua (**Figuras 16 y 17**), mientras que en la parte Este de la Isla (estaciones 42 y 59), fueron más abundantes (**Figuras 16 y 18a**), encontrándose 1.230 larvas en la estación 59 (**Figura 18a**). En el último trayecto del crucero no se encontraron larvas de *T. albacares* (**Figura 18b**). Donoso et al. (2009) no encontraron diferencias significativas entre las capturas realizadas entre el día y la noche (**Figuras 16 y 17**).



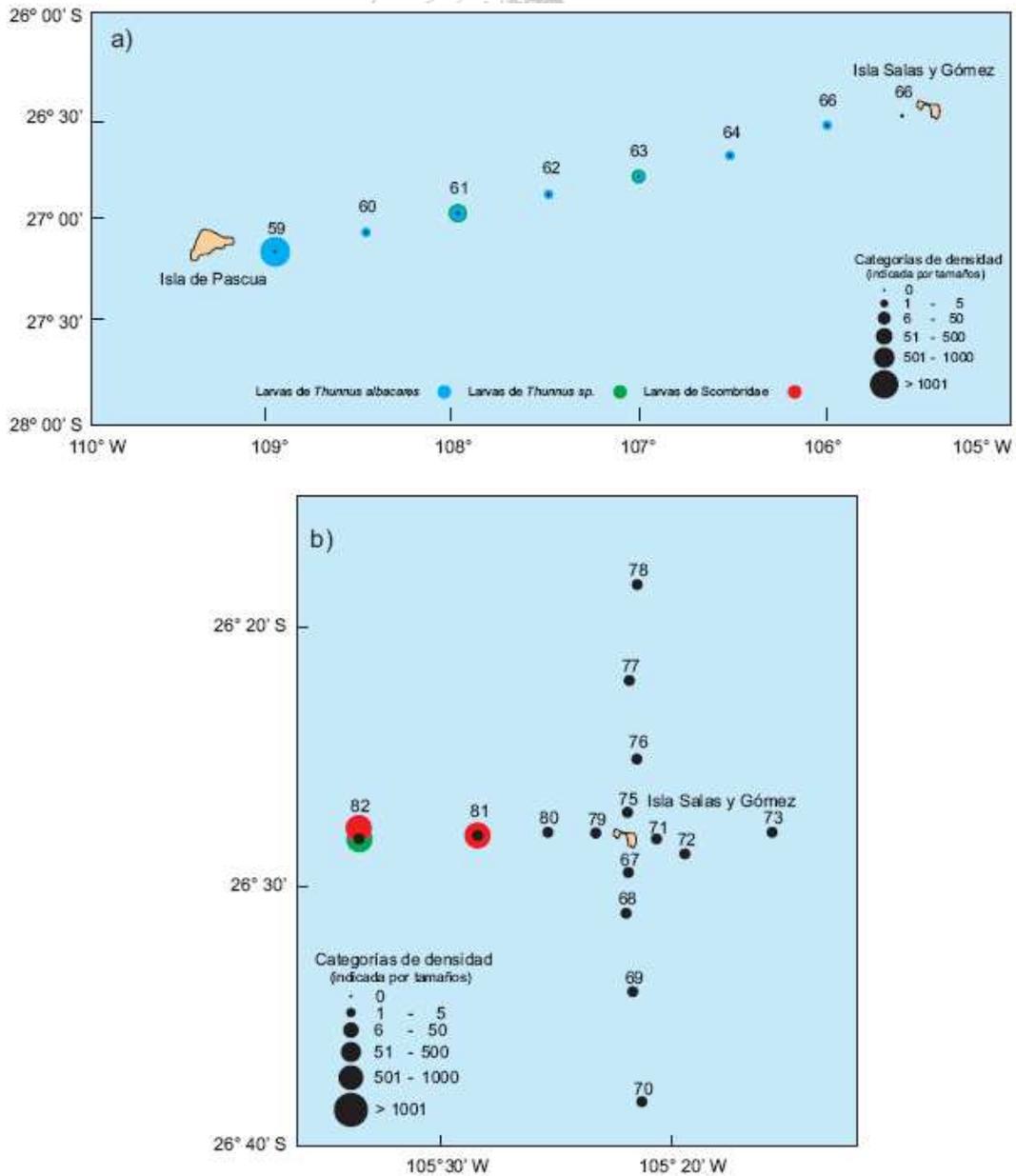
**Figura 15.** Localización geográfica de las estaciones oceanográficas realizadas en la transecta Caldera - Isla de Pascua durante el Crucero CIMAR 5 - Islas Oceánicas, y distribución espacial de larvas de *Thunnus albacares*, *Thunnus sp.* y Scombridae (Donoso et al., 2009).



**Figura 16.** Distribución espacial de larvas de *Thunnus albacares*, *Thunnus sp.* y Scombridae en los alrededores de Isla de Pascua, durante el Crucero CIMAR 5 - Islas Oceánicas. Se consideran las larvas colectadas en muestreos diurnos (Donoso et al., 2009).



**Figura 17.** Distribución espacial de larvas de *Thunnus albacares*, *Thunnus sp.* y Scombridae en los alrededores de Isla de Pascua, durante el Crucero CIMAR 5 - Islas Oceánicas. Se consideran las larvas colectadas en muestreos nocturnos (Donoso et al., 2009).

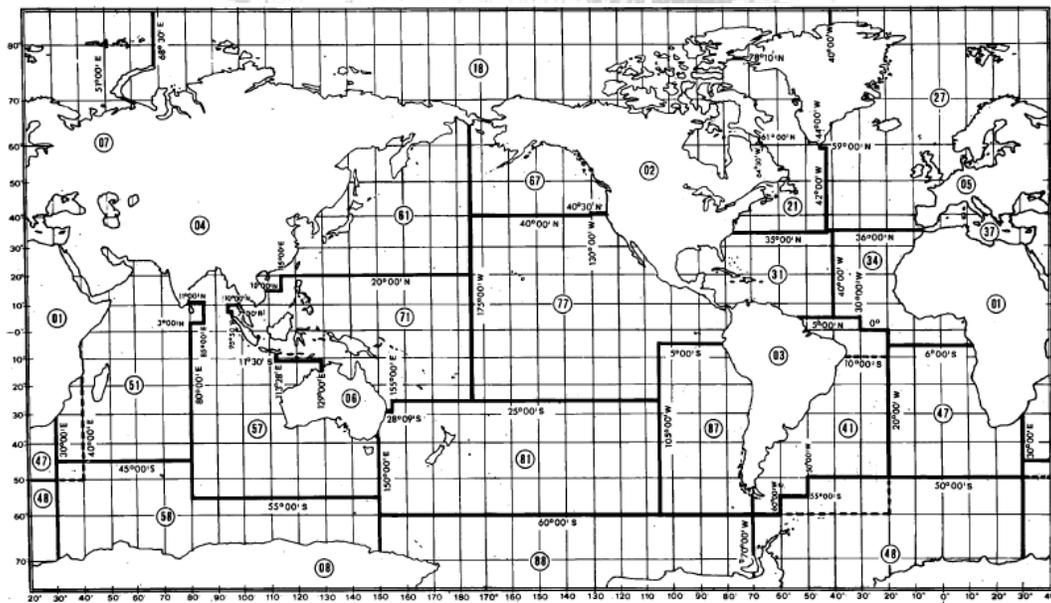


**Figura 18.** Distribución espacial de larvas de *Thunnus albacares*, *Thunnus sp.* y Scombridae en: **a)** Entre Isla de Pascua e Isla Salas y Gómez, y **b)** Alrededores de isla Salas y Gómez (Donoso et al., 2009).

En el atún aleta amarilla no existe diferenciación de stock en el océano Pacífico y se menciona la posible existencia de una unidad panmíctica en el Pacífico australiano occidental, los resultados de Donoso et al. (2009) confirman la existencia de un área de desove del atún aleta amarilla en el océano Pacífico suroriental. La abundancia de larvas de atunes ha sido reportada en la zona ecuatorial del Pacífico entre los paralelos 10° N y los 10° S (Nishikawa et al., 1985), rango de distribución que se amplía a las inmediaciones de la Isla de Pascua, a partir de los resultados obtenidos por Donoso et al. (2009).

Los atunes jóvenes forman cardúmenes grandes cerca de la superficie; mientras que los adultos prefieren aguas más profundas, aunque también se les encuentra cerca de la superficie (Blackburn, 1965). En *T. albacares*, la conducta de schooling<sup>7</sup> se observa comúnmente en aguas próximas a la superficie, principalmente agrupados por tamaño, en grupos monoespecíficos o multiespecíficos. En algunas zonas, por ejemplo en el Pacífico Este, peces de mayor tamaño (mayor a 85 cm. de longitud furcal) frecuentemente se observan con marsopas. Además se ha observado a *T. albacares* en asociación con ruinas o desechos y otros objetos flotantes (Collette & Nauen, 1983).

La FAO ha definido una subdivisión de los océanos, con propósitos de mantener registros de la actividad de pesca sobre atunes (Figura 19), donde para *Thunnus albacares* se mantiene registros en varias de éstas áreas, que incluyen el área 81 (Figura 20), que incluye el sector de Isla de Pascua (Collette & Nauen, 1986), aun cuando la pesca no se realiza en sus inmediaciones, sino que en altamar.



**Figura 19.** Áreas de pesca de Scombridos para propósitos de estadística de la FAO (Collette & Nauen, 1986).

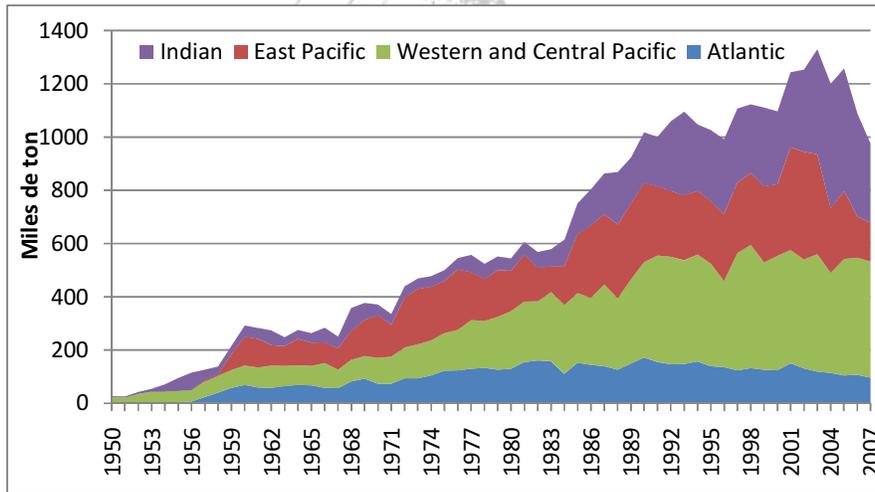
<sup>7</sup> Agrupación de peces que nadan en una misma dirección en forma coordinada

| SPECIES                     | PAGE | GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|------|---------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                             |      | FRESH-WATERS              | MAJOR MARINE FISHING AREAS FOR STATISTICAL PURPOSES |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                             |      |                           | 18  | 21 | 27 | 31 | 34 | 37 | 41 | 47 | 48 | 51 | 57 | 58 | 61 | 67 | 71 | 77 | 81 | 87 |
| <i>Scomberomorus tritor</i> | 79   |                           |   |    |    | •  | •  |    | •  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Thunnus alalunga</i>     | 81   |                           | •   | •  | •  | •  | •  | •  | •  |    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| <i>Thunnus albacares</i>    | 83   |                           | •   | •  | •  | •  |    | •  | •  |    | •  | •  | •  |    | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| <i>Thunnus atlanticus</i>   | 85   |                           | •   |    | •  |    |    | •  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Thunnus maccoyii</i>     | 87   |                           |   |    |    |    |    | •  | •  | •  | •  | •  | •  |    |    |    |    |    | •  | •  |
| <i>Thunnus obesus</i>       | 88   |                           | •   | •  | •  | •  |    | •  | •  |    | •  | •  |    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| <i>Thunnus thynnus</i>      | 90   |                           | •   | •  | •  | •  | •  |    | •  |    |    | •  |    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| <i>Thunnus tonggol</i>      | 92   |                           |   |    |    |    |    |    |    |    |    | •  | •  |    | •  |    | •  |    | •  | •  |

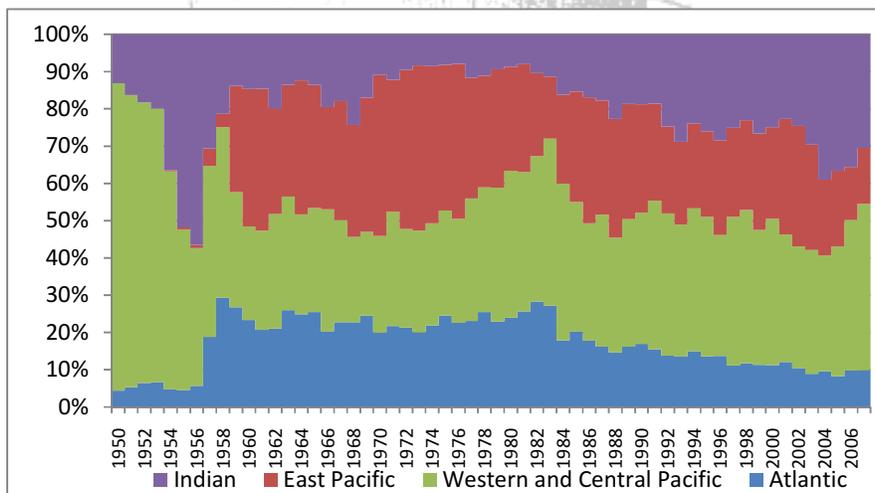
**Figura 20.** Distribución geográfica de las mayores áreas de pesca de *Thunnus albacares* (y otras especies) para propósitos de estadística (Collette & Nauen, 1986).

## Descripción de la Pesquería de *Thunnus albacares*

La pesquería del atún de aleta amarilla en el Océano Pacífico Este, cuenta con datos desde inicios del 1900 (Essington et al., 2002); por ejemplo, el CIAT recoge de la flota pesquera desde el año 1959 (Punsly, 1989). En sus inicios, esta pesquería era dominada por la pesca de vara y línea con niveles restringidos de extracción; en la década de los 60, esta pesquería inicia un crecimiento y expansión significativa posibilitada por el desarrollo tecnológico, principalmente por la incorporación del cerco (Essington et al., 2002), lo cual marca las tendencias históricas de la pesquería de atunes (Miyake et al., 2004). En este contexto, la producción mundial de atún de aleta amarilla ha crecido desde poco más de 40 mil toneladas el año 1950 a más de 1000 millones de toneladas en 2007 (Figura 21). Las mayores capturas se realizan en el Pacífico (Pacífico Oeste y Central, y Pacífico Este) (Figura 22).



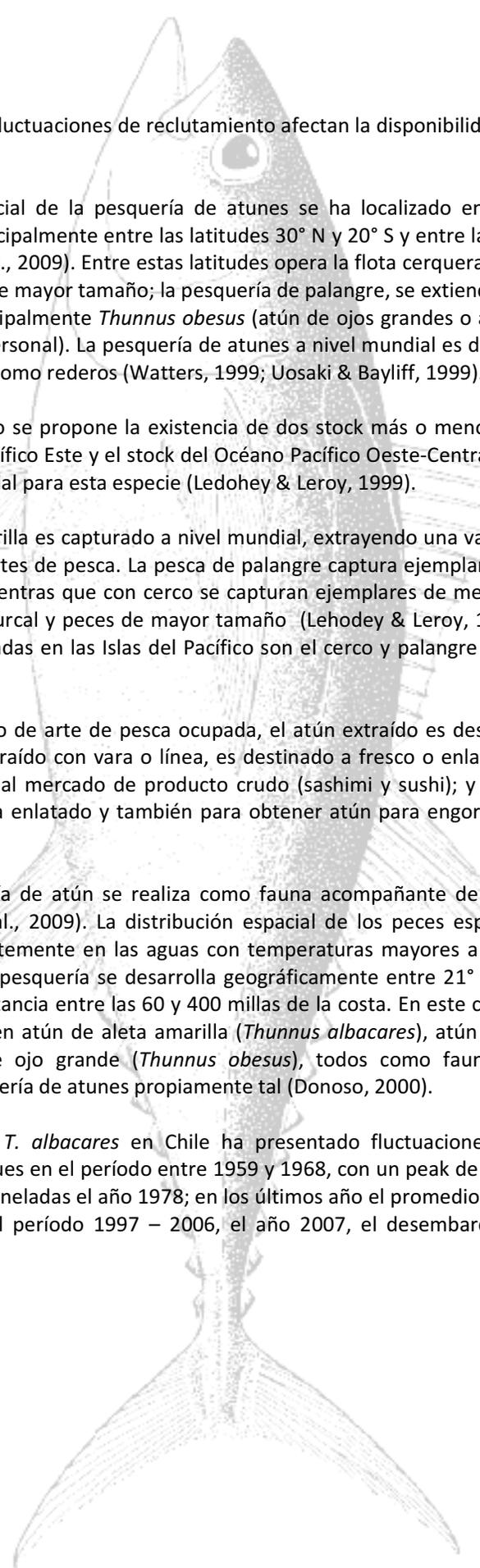
**Figura 21.** Desembarque mundial de *Thunnus albacares* separado por stock (Fuente: FAO, base estadística Fishstat<sup>8</sup>)



**Figura 22.** Participación porcentual en el desembarque mundial de *Thunnus albacares* según stock (Fuente: FAO, base estadística Fishstat)

Las variaciones en los desembarques se explican por diversas variables, donde la variabilidad a nivel oceanográfico influye el reclutamiento de esta especie (Langley et al., 2009). Las poblaciones de atunes son caracterizadas por fluctuaciones de orden de magnitud del reclutamiento, pero los conocimientos de los mecanismos subyacentes que controlan la variabilidad del reclutamiento siguen pobres, por ejemplo el reclutamiento del aleta amarilla en el OPO ha fluctuado por un factor de tres durante los últimos 30 años (Maunder & Harley, 2005). *Thunnus albacares* es reclutado a la pesquería de superficie en el Océano Pacífico oriental (OPO) a una talla de 30 cm y una edad de 6 meses, aproximadamente (Maunder &

<sup>8</sup> FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. FISHSTAT Plus: Universal software for fishery statistical time series. Versión 2.3 2000



Harley, 2005). Estas fluctuaciones de reclutamiento afectan la disponibilidad de recurso para la pesquería.

La distribución espacial de la pesquería de atunes se ha localizado en la zona central del océano Pacífico, principalmente entre las latitudes 30° N y 20° S y entre las longitudes 80° W y 150° W (Donoso et al., 2009). Entre estas latitudes opera la flota cerquera principalmente, que captura ejemplares de mayor tamaño; la pesquería de palangre, se extiende más allá de los 20° S, pero captura principalmente *Thunnus obesus* (atún de ojos grandes o atún patudo) (Martin Hill, comunicación personal). La pesquería de atunes a nivel mundial es desarrollada tanto por buques palangreros como rederos (Watters, 1999; Uosaki & Bayliff, 1999).

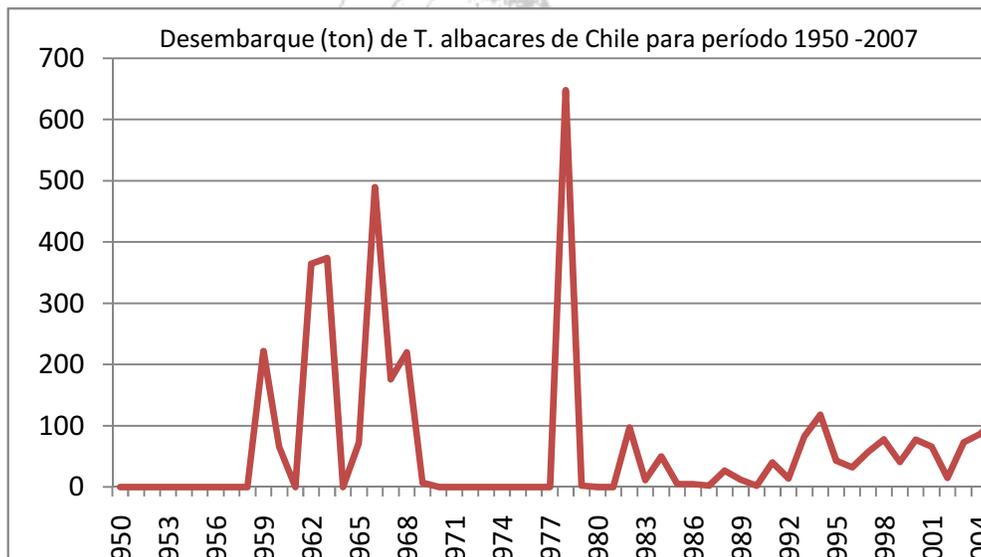
En el Océano Pacífico se propone la existencia de dos stock más o menos independientes: el stock del Océano Pacífico Este y el stock del Océano Pacífico Oeste-Central, siendo este último el mayor stock mundial para esta especie (Ledohey & Leroy, 1999).

El atún de aleta amarilla es capturado a nivel mundial, extrayendo una variedad de tamaños y utilizando diversas artes de pesca. La pesca de palangre captura ejemplares de longitud furcal mayor a 100 cm., mientras que con cerco se capturan ejemplares de menor tamaño de 40 a 60 cm- de longitud furcal y peces de mayor tamaño (Lehodey & Leroy, 1999). Las principales artes de pesca ocupadas en las Islas del Pacífico son el cerco y palangre (Campbell & Nicholl, 1994).

Dependiendo del tipo de arte de pesca ocupada, el atún extraído es destinado para diversos usos. Así, el atún extraído con vara o línea, es destinado a fresco o enlatado; el extraído con palangre, se destina al mercado de producto crudo (sashimi y sushi); y el atún extraído con cerco, es destinado a enlatado y también para obtener atún para engorda (Xolaltenco et al., 2010).

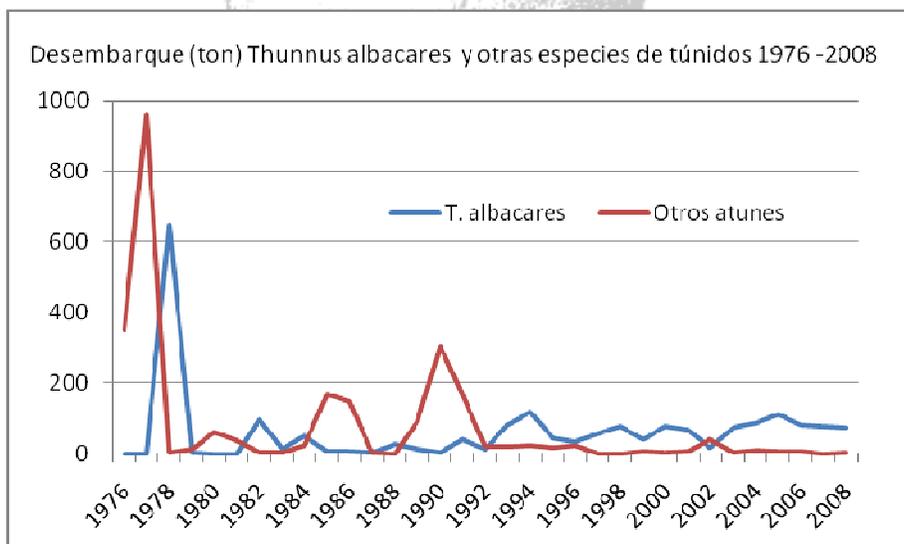
En Chile, la pesquería de atún se realiza como fauna acompañante de la pesquería de pez espada (Donoso et al., 2009). La distribución espacial de los peces espada es cosmopolita, ubicándose preferentemente en las aguas con temperaturas mayores a 16 °C (Joseph et al., 1994), en Chile esta pesquería se desarrolla geográficamente entre 21° 30' S y los 40° 00' S, situándose a una distancia entre las 60 y 400 millas de la costa. En este contexto, junto con el pez espada se extraen atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), atún aleta larga (*Thunnus alalunga*) y atún de ojo grande (*Thunnus obesus*), todos como fauna acompañante, no existiendo una pesquería de atunes propiamente tal (Donoso, 2000).

El desembarque de *T. albacares* en Chile ha presentado fluctuaciones, observándose los mayores desembarques en el período entre 1959 y 1968, con un peak de casi 500 toneladas, y un máximo de 648 toneladas el año 1978; en los últimos año el promedio desembarcado es de 68 toneladas para el período 1997 – 2006, el año 2007, el desembarque reportado fue 0 (Figura 23).



**Figura 23.** Desembarque en Chile de *T. albacares* en Chile para el período 1950 - 2007. (Fuente: FAO, base estadística Fishstat)

En la **Figura 24** se muestra el desembarque de otras especies de atún extraídas como fauna acompañante en Chile, donde se puede observar una prevalescencia de *T. albacares* por sobre las otras especies.

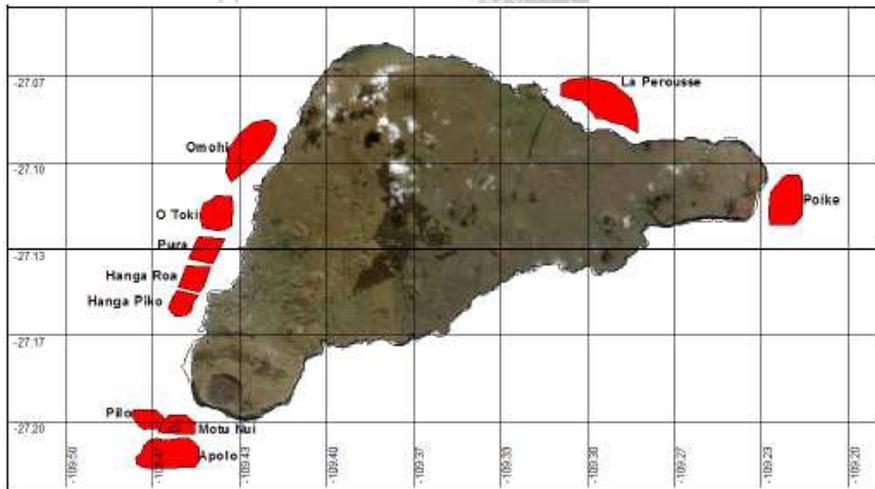


**Figura 24.** Desembarque en Chile de *Thunnus albacares* y otras especies de túnidos para el período 1976-2008. (Fuente: FAO, base estadística Fishstat)

En la Isla de Pascua, la actividad pesquera posee un bajo desarrollo, siendo catalogada de subsistencia (Yáñez et al., 2007), existiendo un desconocimiento general del potencial de la pesca en la zona costera y la ZEE.

La información oficial existente es escasa y para muchos años es inexistente (ver registros oficiales de captura de *T. albacares* en [www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl)), lo cual se debe a la falta de entrega de información de captura por parte de los habitantes de la Isla.

Las principales áreas de pesca de peces corresponden al sector oeste de acuerdo a lo indicado por los habitantes de la Isla de Pascua (Yáñez et al., 2007) (Figura 25, Tabla 2).



**Figura 25.** Principales áreas de pesca de peces en la Isla de Pascua, descritas por Yáñez et al. (2007)

El área de pesca de atún, se proyecta desde la Península Rano Kao, entre Vinapu y Hanga Mataveri Otai, proyectándose de ambos vértices hacia mar abierto. Areas tales como Rano Kao, Apolo y Pilo, Pura frente a Hanga Roa y Otu'u frente a Punta Cuidado en la costa Sureste, corresponden a las áreas que conforman las zonas de la denominada pesca de alta mar, donde pescan a distancias de 1,5 a 5 millas de la costa (Yáñez et al., 2007).

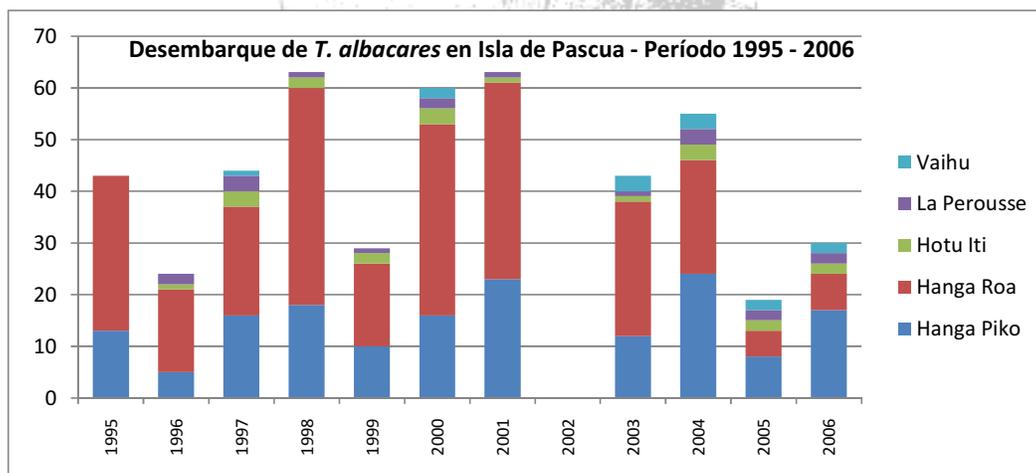
**Tabla 2.** Zonas de pesca de principales recursos extraídos por los pescadores de Isla de Pascua. Los números corresponden al número de encuestados que señaló cada zona de pesca. (Fuente: Yáñez et al., 2007)

| Recursos    | Zona de Pesca |            |              |              |           |          |        |       |      |       |      |            |          |
|-------------|---------------|------------|--------------|--------------|-----------|----------|--------|-------|------|-------|------|------------|----------|
|             | apolo         | hanga piko | haka nononga | hanga ho'ouu | hanga roa | Laperous | o toki | omohi | pilo | poike | pura | toda costa | motu nui |
| Atun        | 17            |            | 5            |              | 3         | 2        | 1      |       |      | 3     | 4    | 2          |          |
| Haha        |               | 1          |              |              |           |          |        |       |      |       |      |            | 1        |
| Kanakana    | 2             |            |              |              |           | 1        |        |       |      |       | 1    |            |          |
| Koreha      |               |            |              |              |           |          |        |       |      |       |      |            |          |
| mata huir   | 1             |            |              |              |           | 2        |        |       |      |       |      |            |          |
| Namue       | 3             |            | 1            |              | 1         |          |        |       |      |       | 1    | 2          | 1        |
| Paratoti    |               |            | 1            |              |           | 2        |        |       |      |       |      |            |          |
| pez volador |               |            |              |              |           |          |        |       |      |       |      |            |          |
| Piafri      |               |            |              |              |           |          |        |       |      |       |      |            |          |
| po'o po'o   | 3             |            |              |              | 1         | 2        |        |       |      |       |      |            |          |
| remoremo    |               |            |              |              |           | 2        |        |       |      |       |      |            |          |
| Sierra      | 6             |            |              |              | 2         | 2        |        | 3     |      |       | 4    | 2          |          |
| Toremo      | 2             |            | 1            | 1            | 1         |          |        |       | 2    |       | 2    | 1          |          |

En relación al número de pescadores que existe en la Isla de Pascua, las cifras son disímiles, dando cuenta nuevamente de un sistema de registro que no es capaz de recoger la información. Yáñez et al. (2007) da cuenta de 37 pescadores, de los cuales sólo 12 declararon estar inscritos en los registros de Sernapesca. No obstante, en el sistema de registro on line de Sernapesca, no aparecen pescadores inscritos. Por otra parte, el Censo Pesquero Artesanal (INE, 2007), da cuenta de 34 pescadores artesanales para Isla de Pascua, de los cuales 18 declaran no estar inscritos.

La totalidad de pescadores entrevistados e identificados en el estudio realizado por Yáñez et al. (2007) señalan extraer el atún de aleta amarilla como recurso principal. El registro de desembarque de SERNAPESCA, de atún de aleta amarilla, en Isla de Pascua, da cuenta de un desembarque que fluctúa entre 20 y 60 toneladas (**Figura 26**). Es importante destacar que no existe control ni estadísticas de pesca correctas, debiendo ir el encargado de SERNAPESCA a las caletas a verificar que los datos sean reales (Yáñez et al., 2007).

Los principales puntos de desembarque de atún de aleta amarilla en Isla de Pascua, corresponden a Hanga Roa y Hanga Piko (**Figura 26**). En la actualidad, la demanda comercial del atún supera ampliamente la disponibilidad del recurso en el mercado local, situación que lo convierte en el recurso mejor cotizado a nivel local y continental (Rivera, 2004a,b; Yáñez et al., 2007).



**Figura 26.** Desembarque (ton) de *Thunnus albacares* en Isla de Pascua, por caleta de desembarque, para el período 1995 – 2006 (Fuente: SERNAPESCA).

Los pescadores de la Isla de Pascua, utilizan líneas de nylon de polietileno de 1,2 - 1,5 y 2,0 mm. para la captura de peces, en cuyo extremo llevan anzuelos de acero inoxidable del N° 5, 6, 7 y 8 (**Figura 25**). Estos anzuelos se importan desde Tahití o Nueva Zelanda principalmente. Los sistemas de pesca de alta mar consisten prácticamente en la misma metodología: líneas de monofilamento, anzuelos y piedras. De este modo, las dimensiones de los materiales, la profundidad de calado, el tipo de carnada, y zonas de pesca, entre otros, varían dependiendo de la especie objetivo de captura. Los sistemas de pesca utilizados para extraer atún, corresponden a los antes descritos, utilizando una gran cantidad de piedras para cebar (Rivera, 2004a,b; Yáñez et al., 2007).



**Figura 27.** Línea de mano de nylon, mono filamento utilizada para la captura de peces (Fuente: Yáñez et al., 2007)

La operación de pesca se caracteriza por ser desarrollada en un radio de acción reducido, por lo cual sólo tienen acceso temporal a los recursos de alta mar, cuando éstos se acercan a la costa (Bahamonde et al., 2003). Los botes operan a una distancia máxima de 7 u 8 millas náuticas, que corresponde a la distancia a los caladeros más lejanos (Yáñez et al., 2007).

Los pescadores de la Isla de Pascua carecen de equipos tecnológicos que faciliten la búsqueda e identificación de los caladeros y los recursos pesqueros. Para ubicar los caladeros navegan estimando el tiempo de navegación hacia el caladero elegido, dependiendo de las condiciones oceanográficas predominantes de la jornada y luego mediante referencias en tierra ubican la zona de pesca (Rivera, 2004a,b; Yáñez et al., 2007).

El régimen operacional de pesca característico de la Isla de Pascua, descrito por Yáñez et al. (2007) considera lo siguiente:

- a) Disponer de piedras para cebar y profundizar la línea, y fondear la embarcación.
- b) Preparar la carnada.
- c) Aprovechamiento de combustible.
- d) Verificar las condiciones y la disponibilidad de los materiales de pesca (anzuelos, destorcedores, nylon, etc.).
- e) Navegar hacia la zona de calado.
- f) Ubicar la zona de pesca.
- g) Fondear la embarcación.
- h) Cebar la zona.
- i) Comenzar la pesca. Para esto los pescadores encarnan el anzuelo y amarran el anzuelo a una piedra con más carnada y tiran la línea a 30 brazas para comenzar a estimar la profundidad a la que se encuentran los atunes u otros peces.

La estrategia de pesca ocupada por los pescadores de la Isla de Pascua, se inicia con la ubicación de los puntos de referencia durante el día; luego, el horario de pesca es determinado en función de las mareas, la fase lunar y las condiciones oceanográficas predominantes. Una vez en la zona de pesca, los pescadores ubican el cardumen por prueba y error, lanzando sus aparejos compuestos de una línea de monofilamento enrollada en una piedra sujetando trozos

de carnada, la cual van lanzando a diversas profundidades que van aumentando hasta que sienten que los peces pican sus anzuelos (Rivera, 2004a,b; Yáñez et al., 2007).

El tratamiento dado a la captura de atunes en la Isla de Pascua, corresponde a un corte de la cabeza, cola y aletas, luego son eviscerados, lavados, pesados y vendidos (Rivera, 2004a,b; Yáñez et al., 2007) (**Figura 28**).



**Figura 28.** Tratamiento de la captura de atún (Fuente: Yáñez et al., 2007).

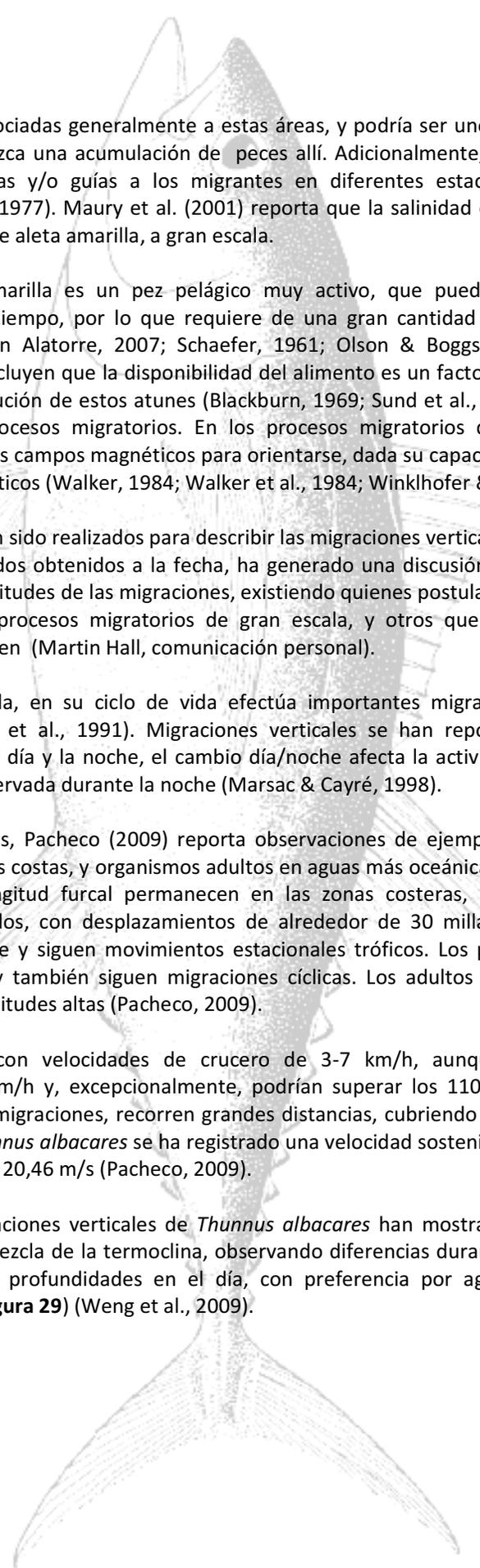
En otras Islas, la pesca de *T. albacares* es menor y en muchos casos no existe una actividad pesquera propiamente tal. A modo de ejemplo, en Islas Pitcairn, la pesca de atún de aleta amarilla se realiza con fines de recreación y alimento, siendo capturados desde la costa y desde botes en días calmos, registrando capturas totales de 20 ejemplares en 1979 (Argue & Kearney, 1982).

## **Descripción de proceso migratorio de *Thunnus albacares***

Muchos de los estudios que existen sobre migración de peces ha derivado del estudio de registros de capturas comerciales. Tales datos frecuentemente proveen más información sobre la distribución de peces que sobre la migración y en consecuencia se debe ser prudente con su interpretación, donde también se debe considerar el arte de pesca ocupado y la distribución del esfuerzo. Estudios de campo de marca-recaptura con un buen diseño experimental son muy costosos y han estado restringidos a especies de importancia comercial (Leggett, 1977; Jones & Prince, 1998). Con el desarrollo de técnicas de sonar y telemetría ha sido posible realizar estudios que permitan una observación continua del comportamiento migratorio de peces bajo condiciones naturales (Jolden & Raitt, 1975; Leggett, 1977; Fiedler & Lavín, 2006a,b).

Patrones de temperatura pueden influenciar el comportamiento migratorio directamente a través de la regulación de la orientación o de la velocidad de nado (Leggett, 1977). La temperatura influencia el movimiento de peces (Leggett, 1977), y en particular de atunes (Itano, 2000; Boyce, 2000; Maury et al., 2001; Franklin, s.f.); de hecho, en presencia de fenómenos de El Niño<sup>9</sup> se ha visto variaciones en la distribución de *T. albacares* (De Anda-Montañez et al., 2004; Torres et al., 2006). Las rutas migratorias de los peces siguen discontinuidades oceánicas o “frentes” (Leggett, 1977; Beardsley, 1969). Estos frentes, se caracterizan por saltos de salinidad y/o gradientes de temperatura, son comunes a la interfase entre grandes masas de aguas o corrientes. Altas productividades primaria y

<sup>9</sup> Fenómeno conocido como ENSO por su sigla en Inglés de: El Niño-Southern Oscillation



secundaria, están asociadas generalmente a estas áreas, y podría ser uno de los factores que lleva a que se produzca una acumulación de peces allí. Adicionalmente, estas zonas pueden actuar como barreras y/o guías a los migrantes en diferentes estaciones o estados de desarrollo (Leggett, 1977). Maury et al. (2001) reporta que la salinidad es un buen predictor de hábitats de atún de aleta amarilla, a gran escala.

El atún de aleta amarilla es un pez pelágico muy activo, que puede atravesar grandes distancias en corto tiempo, por lo que requiere de una gran cantidad de energía (Blunt & Messermith, 1960 en Alatorre, 2007; Schaefer, 1961; Olson & Boggs, 1986), por lo cual diversos autores concluyen que la disponibilidad del alimento es un factor determinante en la abundancia y distribución de estos atunes (Blackburn, 1969; Sund et al., 1981; Stretta, 1991), influenciando los procesos migratorios. En los procesos migratorios de los atunes, estas especies utilizarían los campos magnéticos para orientarse, dada su capacidad para discriminar entre campos magnéticos (Walker, 1984; Walker et al., 1984; Winklhofer & Kirschvink, 2010).

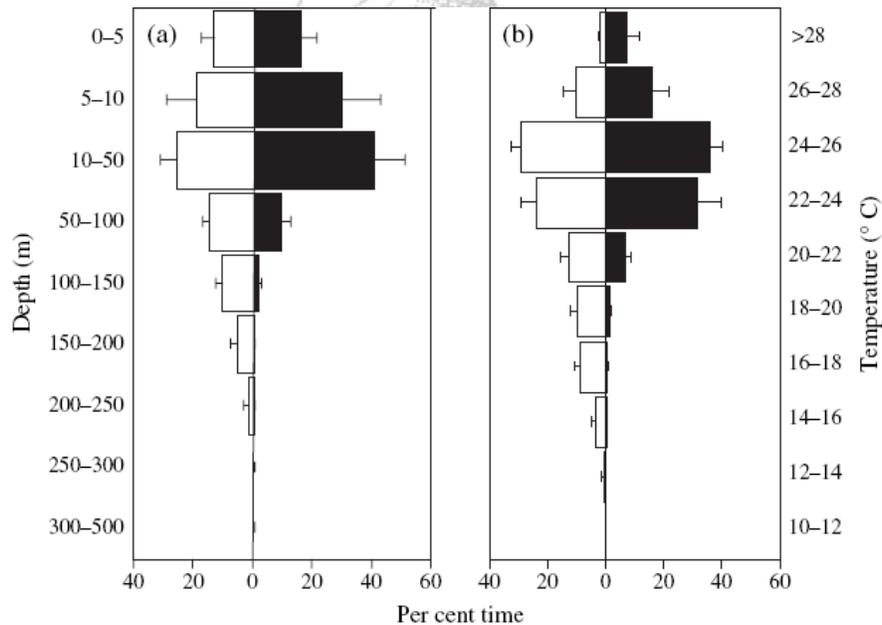
Diversos estudios han sido realizados para describir las migraciones verticales y horizontales de atunes, y los resultados obtenidos a la fecha, ha generado una discusión a nivel de expertos respecto de las magnitudes de las migraciones, existiendo quienes postulan que efectivamente los atunes realizan procesos migratorios de gran escala, y otros que plantean que estas migraciones no ocurren (Martin Hall, comunicación personal).

El atún aleta amarilla, en su ciclo de vida efectúa importantes migraciones tróficas y de reproducción (Cayré et al., 1991). Migraciones verticales se han reportado con patrones diferenciados para el día y la noche, el cambio día/noche afecta la actividad vertical con una mayor magnitud observada durante la noche (Marsac & Cayré, 1998).

En aguas ecuatoriales, Pacheco (2009) reporta observaciones de ejemplares juveniles de *T. albacares* cerca de las costas, y organismos adultos en aguas más oceánicas. Los ejemplares de hasta 50 cm de longitud furcal permanecen en las zonas costeras, presentando hábitos migratorios moderados, con desplazamientos de alrededor de 30 millas. Algunos juveniles migran hacia el oeste y siguen movimientos estacionales tróficos. Los pre-adultos migran a latitudes más altas y también siguen migraciones cíclicas. Los adultos realizan migraciones transoceánicas y a latitudes altas (Pacheco, 2009).

Los atunes nadan con velocidades de crucero de 3-7 km/h, aunque pueden alcanzar velocidades de 70 km/h y, excepcionalmente, podrían superar los 110 km/h en recorridos cortos. Durante sus migraciones, recorren grandes distancias, cubriendo un rango de 14 a 50 km diarios. Para *Thunnus albacares* se ha registrado una velocidad sostenida de 0,64 m/s y una velocidad máxima de 20,46 m/s (Pacheco, 2009).

Estudios sobre migraciones verticales de *Thunnus albacares* han mostrado que inicialmente ocupan la zona de mezcla de la termoclina, observando diferencias durante el día y la noche, alcanzando mayores profundidades en el día, con preferencia por aguas a temperaturas superiores a 14°C (**Figura 29**) (Weng et al., 2009).

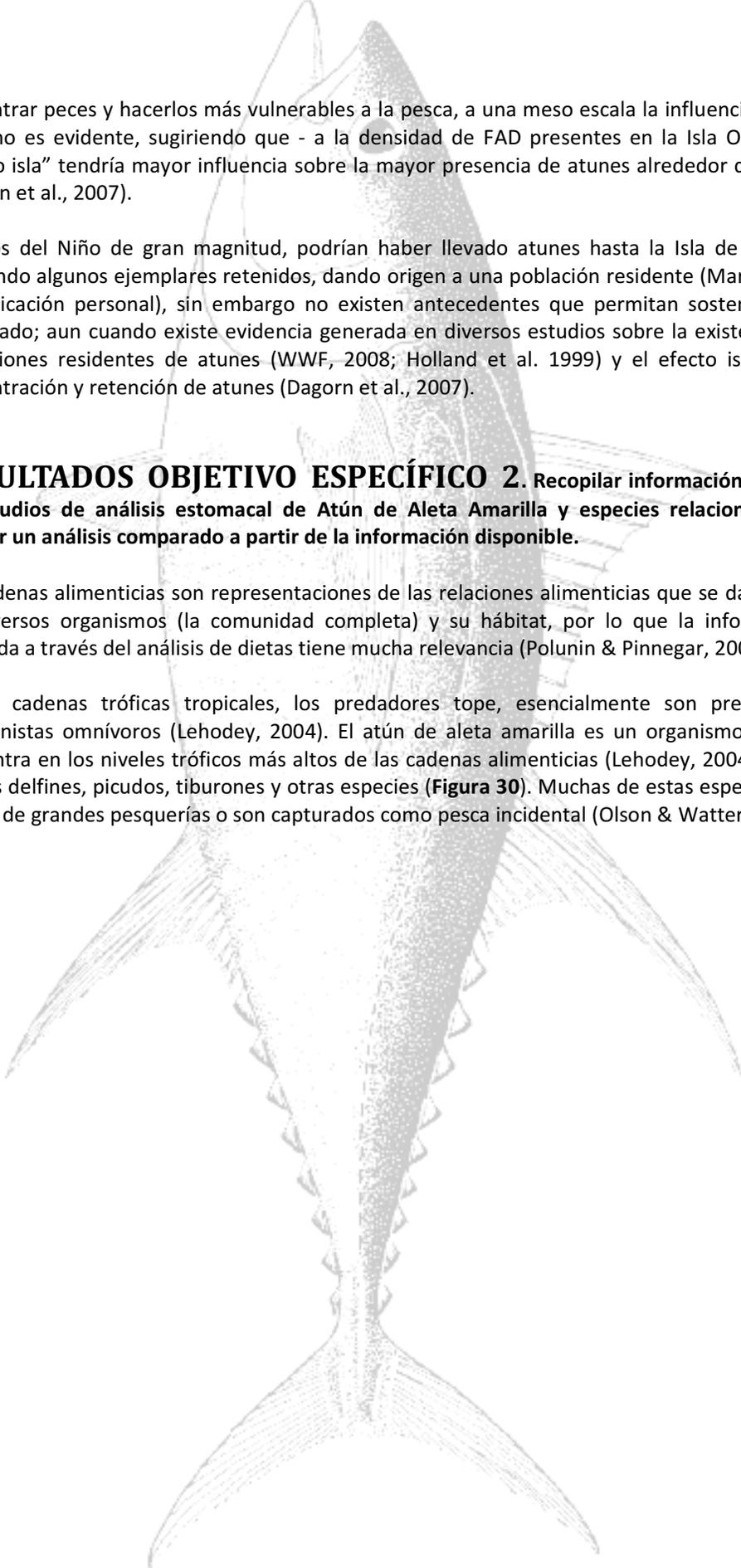


**Figura 29.** (a) Relación Tiempo-profundidad de seis individuos de *Thunnus albacares*, promediado para 208 días. (b) Relación Tiempo-Temperatura para seis individuos *T. albacares*, promediado para 208 días (Weng et al., 2009).

Las preferencias ambientales de *T. albacares* definen el nicho vertical de esta especie, y su relación con otros predadores y presas en el ambiente pelágico. *Thunnus albacares* ha sido estudiado utilizando dispositivos electrónicos, y estos estudios han mostrado que esta especie prefiere la zona de mezcla y la termoclina en diversas latitudes (Holland et al., 1999; Itano, 2000; Boyce, 2000; Maury et al., 2001; Franklin, s.f.; De Anda-Montañez et al., 2004; Torres et al., 2006). La distribución estaría influenciada por la temperatura, más que por la profundidad, que presenta un amplio rango que va desde los 20 a los 300 m (Brill et al., 2005; Weng et al., 2009).

Aun cuando una de las características de los atunes es su capacidad migratoria, en algunas islas existirían poblaciones residentes de atunes, pero no está reportado en documentos científicos, que permitan fundamentar la presencia de estas poblaciones residentes en Isla de Pascua (Martin Hall, comunicación personal). La WWF (2008), reportó la existencia de poblaciones residentes de atún rojo del atlántico; y Holland et al. (1999), encontraron que *Thunnus albacares* permanecieron en los montes submarinos por un rango de tiempo que varió de unos pocos días a más de un año. Experiencias realizadas en montes submarinos de Hawái, donde se recapturaron ejemplares marcados de *T. albacares* hasta 15 días posteriores al marcaje, sugieren que este corto tiempo de residencia en los Montes Submarinos servirían de marcas que guían la migración y no un destino con propósitos de alimentación (Klimley & Holloway, 1999; Klimley et al., 2003).

Diversas especies, donde se incluye *T. albacares*, se asocian a objetos flotantes incluyendo dispositivos construidos por el hombre, lo cual se conoce como Fish Aggregating Devices o FAD (Dagorn et al., 2007). Estudios realizados para evaluar la influencia de los FADs presentes alrededor de la Isla de Oahu (USA) sobre el comportamiento espacial de *Thunnus albacares* y *T. obesus*, mostraron que aun cuando los FADs presentes alrededor de la Isla Oahu podían



concentrar peces y hacerlos más vulnerables a la pesca, a una meso escala la influencia de los FADs no es evidente, sugiriendo que - a la densidad de FAD presentes en la Isla Oahu - el “efecto isla” tendría mayor influencia sobre la mayor presencia de atunes alrededor de la isla (Dagorn et al., 2007).

Eventos del Niño de gran magnitud, podrían haber llevado atunes hasta la Isla de Pascua, quedando algunos ejemplares retenidos, dando origen a una población residente (Martin Hall, comunicación personal), sin embargo no existen antecedentes que permitan sostener este enunciado; aun cuando existe evidencia generada en diversos estudios sobre la existencia de poblaciones residentes de atunes (WWF, 2008; Holland et al. 1999) y el efecto isla en la concentración y retención de atunes (Dagorn et al., 2007).

**RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Recopilar información técnica de estudios de análisis estomacal de Atún de Aleta Amarilla y especies relacionadas, y realizar un análisis comparado a partir de la información disponible.**

Las cadenas alimenticias son representaciones de las relaciones alimenticias que se dan entre los diversos organismos (la comunidad completa) y su hábitat, por lo que la información obtenida a través del análisis de dietas tiene mucha relevancia (Polunin & Pinnegar, 2002).

En las cadenas tróficas tropicales, los predadores tope, esencialmente son predadores oportunistas omnívoros (Lehodey, 2004). El atún de aleta amarilla es un organismo que se encuentra en los niveles tróficos más altos de las cadenas alimenticias (Lehodey, 2004), junto con los delfines, picudos, tiburones y otras especies (**Figura 30**). Muchas de estas especies son objeto de grandes pesquerías o son capturados como pesca incidental (Olson & Watters, 2003).

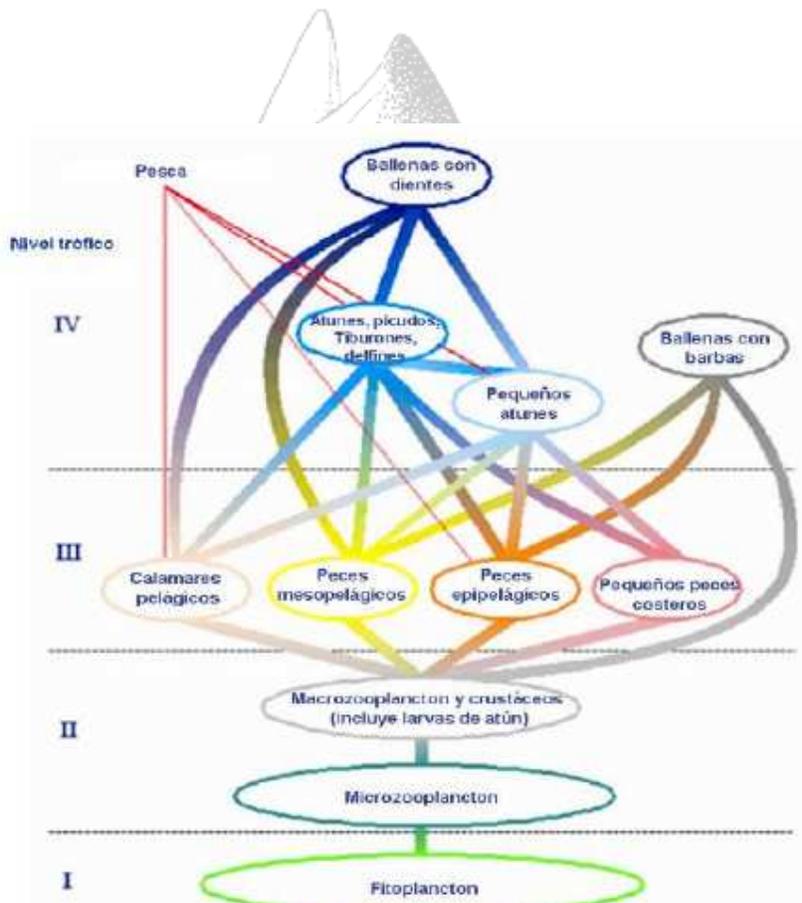


Figura 30. Posición de los atunes en la trama trófica (Fuente: Olson & Watters, 2003)

Los estudios de los hábitos alimenticios de *Thunnus albacares* se han realizado en diversas partes del mundo. Watanabe (1958), encontró que el atún de aleta amarilla se alimenta de peces, cefalópodos y crustáceos, alimentándose durante el día y principalmente en la superficie de la zona oceánica. Alverson (1963), reporta que las presas más frecuentes en *T. albacares*, fueron langostilla (*Pleuroncodes planipes*), cangrejos portúnidos, y peces de las familias Scombridae, Ostracidae, Exocoetidae y Tetraodontidae. Galván (1988, 1999) encontró que el *T. albacares* se alimentaba principalmente de crustáceos, peces y cefalópodos, registrando a *Pleuroncodes planipes*, *Auxis* spp, *Dosidicus gigas*, *Argonauta* spp y la familia Photichthyidae como las presas de mayor importancia relativa. Individuos más jóvenes (de tallas menores de 60 cm) de atún de aleta amarilla son más costeros y se alimentan preferentemente de (*Pleuroncodes planipes*) y cefalópodos como (*Dosidicus gigas* y *Sthenoteuthis ovalaniensis*). Los atunes mayores de 60 cm son de hábitos más oceánicos, alimentándose de *Auxis* spp, y *Exocetus monocirrus*. En tallas más grandes, los crustáceos y moluscos fueron menos importantes. Galván (1999) realizó un estudio sobre las relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental, encontrando que el atún de aleta amarilla se alimenta principalmente de peces voladores, *Auxis* spp. y peces de la familia Nomeidae. Román-Reyes (2005), realizó el análisis del contenido estomacal y la razón de isótopos estables de carbono ( $\sigma^{13}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $\sigma^{15}\text{N}$ ) de *Thunnus albacares*, delfín manchado (*Stenella attenuata*) y delfín tornillo (*Stenella longirostris*) en el Océano Pacífico Oriental (OPO), encontrando que *T. albacares* se alimenta principalmente de *Auxis* spp. y cefalópodos epipelágicos. Las señales isotópicas de las tres

especies mostraron diferencias significativas en los valores del  $\delta^{15}\text{N}$  y por consiguiente una clara separación en la posición trófica. Asimismo, Román-Reyes (2000) estudió los hábitos alimenticios del barrilete en el OPO, encontrando 55 componentes alimenticios. Los barriletes que se alimentaron en el área costera consumieron principalmente *Pleuroncodes planipes*, *Sardinops sagax caeruleus*, *Vinciguerria lucetia* y *Engraulis mordax*; mientras que en el área oceánica las presas más importantes fueron: *Vinciguerria lucetia*, *Exocetus volitans* y *Oxyporhamphus micropterus*, demostrando diferencias en las dietas entre individuos que se alimentan en la costa y los que se alimentan en áreas oceánicas.

Itano (2000) describe - para hembras de *T. albacares* - una alimentación de tipo oportunística, en función de la disponibilidad de presas. Los contenidos estomacales siempre tuvieron presencia de crustáceos, cefalópodos y peces, siendo el ítem presa más abundante la anchoveta (*Engraulis ringens*).

Vaske et al. (2003), describe 25 ítems presa para *T. albacares* en Brasil, correspondiendo 15 taxas a peces, 6 a cefalópodos, 3 a crustáceos y 1 a tunicados.

En atunes, así como en tiburones, los ítem presa con mayor cantidad de lípidos en los músculos permanecen más tiempo en el estómago (Velasco, 2005).

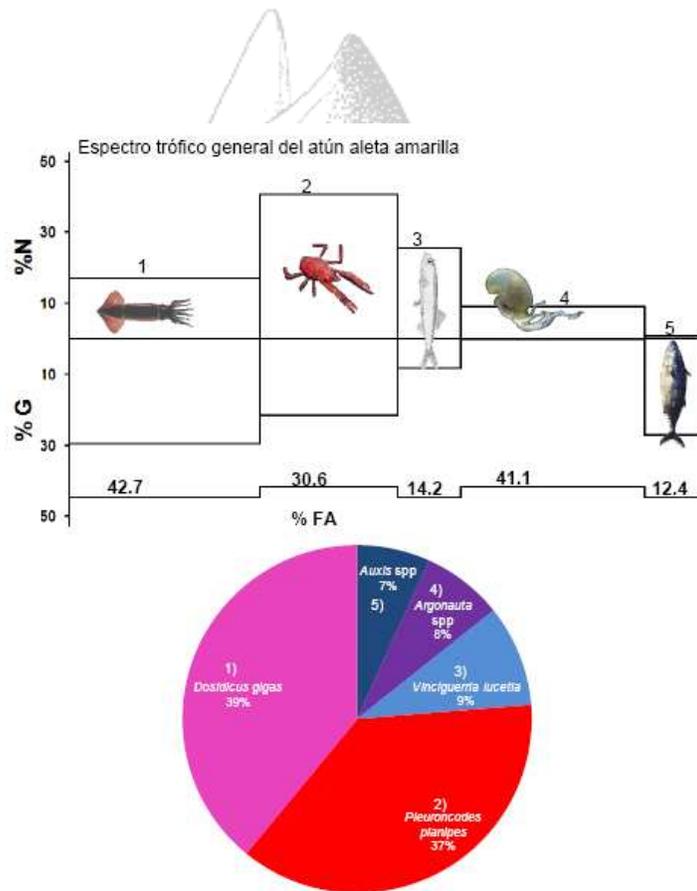
El espectro trófico del atún de aleta amarilla, determinado por Alatorre (2007) incluye cefalópodos, crustáceos, peces y moluscos, siendo los de mayor relevancia cefalópodos y crustáceos, tanto por frecuencia de aparición como por estimación gravimétrica (**Figura 31**).

En el estudio realizado por Alatorre (2007), de acuerdo al Índice de Importancia Relativa (IIR), los atunes juveniles se alimentaron principalmente de *Pleuroncodes planipes* (IIR 44.8%), *Dosidicus gigas* (30.8%), *Vinciguerria lucetia* (10%) y *Argonauta* spp (7.6%); y en los adultos, los principales ítem presa fueron: *Dosidicus gigas* (IIR 48 %), *Pleuroncodes planipes* (23.7%), *Auxis* spp (11.5) y *Vinciguerria lucetia* (8%) (**Figura 32**).

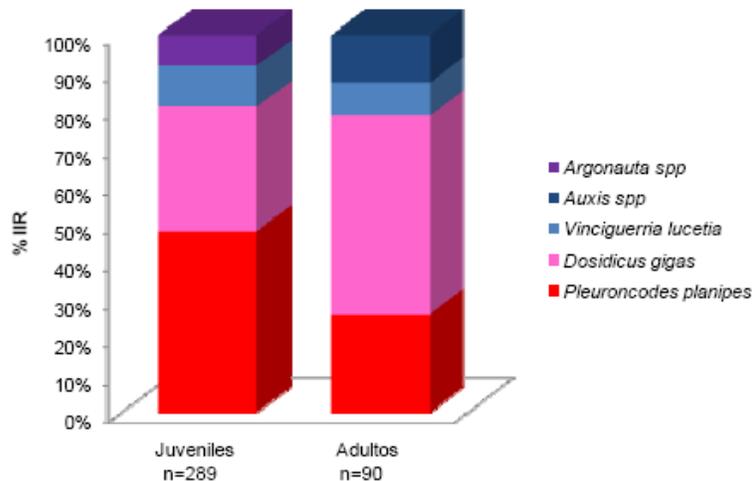
Alatorre (2007), al aplicar el índice de amplitud del nicho trófico (índice de Levin), encontró valores bajos tanto por sexo, edad y área de estudio ( $B_i < 0.03$ ), determinando que *T. albacares* es un depredador selectivo (Alatorre, 2007) (**Tabla 3**).

Los resultados de Alatorre (2007), son coincidentes con evidencia existente sobre especialización en los ítem presa en *Thunnus albacares*, en el horario y profundidad máxima en la cual se alimentan, estableciendo relaciones con otras especies de similar nivel trófico (Perrin et al., 1974).

Estos resultados contrastan con los reportes de Alverson (1963), quien examinó el contenido estomacal de *T. albacares* provenientes del Pacífico Tropical Oriental. Alverson, encontró una amplia variedad de ítems presa y cambios en su composición en todas las áreas de procedencia, concluyendo que el atún de aleta amarilla preda sobre un amplio rango de presas pelágicas y/o bentónicas, en función de su disponibilidad. No obstante, aun cuando la composición de las dietas varía de un área a otra, *T. albacares* tendría selectividad en relación con las presa disponibles en cada área.



**Figura 31.** Espectro trófico general del atún aleta amarilla expresado en valores porcentuales de los métodos de: frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (G) e índice de importancia relativa (IIR) (Alatorre, 2007)



**Figura 32.** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) por grupos de tamaño de *T. albacares* (Alatorre, 2007).

**Tabla 3.** Valores de amplitud de dieta obtenidos a partir del índice de Levin, valores <0.6 son especialistas y >0.6 generalista (Alatorre, 2007)

| ATUN ALETA<br>AMARILLA | Bi    |
|------------------------|-------|
| General                | 0.074 |
| Hembras                | 0.086 |
| Machos                 | 0.067 |
| Indiferenciados        | 0.111 |
| Juveniles              | 0.075 |
| Adultos                | 0.108 |
| Área A                 | 0.093 |
| Área B                 | 0.121 |
| Área C                 | 0.072 |
| 6 – 11 am              | 0.054 |
| 11:01am - 2pm          | 0.099 |
| 2:01 – 8 pm            | 0.083 |

**RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 3.** Recopilar información técnica de estudios organolépticos del Atún de Aleta Amarilla y especies relacionadas, y realizar un análisis comparado a partir de la información disponible.

### Composición Química de *Thunnus albacares*, especies relacionadas y otros peces

Los estudios existentes para *Thunnus albacares*, otros atunes o especies relacionadas, en el ámbito de este objetivo, están referidos a estudios de composición nutricional (composición química), análisis proximal<sup>10</sup>, presencia de sustancias tóxicas, con énfasis en metales pesados y especialmente mercurio, evaluación de frescura y control de calidad (Huss, 1988; Cáceda & Calcino, 2003; Márquez et al., 2006; Du et al., 2006; Rosas & Reyes, 2009), y composición de ácidos grasos y sus efectos en el sabor (Suyama et al., 1986; Saito et al., 1999; Koriyama et al., 2000; Koizumi & Hiratsuka, 2009).

Una completa descripción de la composición química de diversos recursos pesqueros, incluido *Thunnus albacares* está disponible en línea en National Agricultural Library del United State Department of Agriculture (<http://www.nal.usda.gov/>) (Tabla 4).

<sup>10</sup> El propósito principal de un análisis proximal es determinar, en un alimento, el contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas. Estos procedimientos químicos revelan también el valor nutritivo de un producto y como puede ser combinado de la mejor forma con otras materias primas para alcanzar el nivel deseado de los distintos componentes de una dieta. Es también un excelente procedimiento para realizar control de calidad y determinar si los productos terminados alcanzan los estándar establecidos por los productores y consumidores (Izaurieta, 1994).

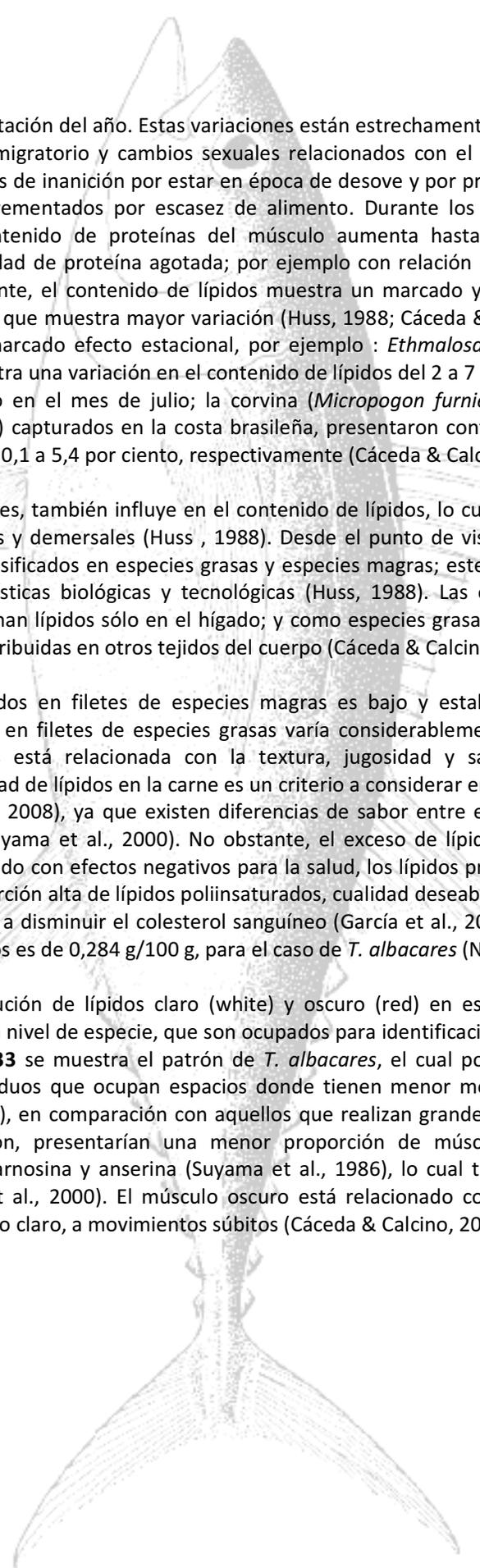
**Tabla 4.** Composición química de *Thunnus albacares* fresco crudo (NNDLR, 2009)

| Nutrient                  | Units   | Value per 100 grams | Number of data points | Std. Error |
|---------------------------|---------|---------------------|-----------------------|------------|
| <b>Proximates</b>         |         |                     |                       |            |
| Energy                    | kJ      | 452                 | 0                     |            |
| Protein                   | g       | 23.38               | 2                     |            |
| Total lipid (fat)         | g       | 0.95                | 7                     | 0.282      |
| Ash                       | g       | 1.34                | 1                     |            |
| difference                | g       | 0.00                | 0                     |            |
| Fiber, total dietary      | g       | 0.0                 | 0                     |            |
| Sugars, total             | g       | 0.00                | 0                     |            |
| <b>Minerals</b>           |         |                     |                       |            |
| Calcium, Ca               | mg      | 16                  | 1                     |            |
| Iron, Fe                  | mg      | 0.73                | 131                   | 0.023      |
| Magnesium, Mg             | mg      | 50                  | 0                     |            |
| Phosphorus, P             | mg      | 191                 | 1                     |            |
| Potassium, K              | mg      | 444                 | 0                     |            |
| Sodium, Na                | mg      | 37                  | 1                     |            |
| Zinc, Zn                  | mg      | 0.52                | 100                   | 0.033      |
| Copper, Cu                | mg      | 0.064               | 110                   | 0.004      |
| Manganese, Mn             | mg      | 0.015               | 0                     |            |
| Selenium, Se              | mcg     | 36.5                | 0                     |            |
| <b>Vitamins</b>           |         |                     |                       |            |
| acid                      | mg      | 1.0                 | 0                     |            |
| Thiamin                   | mg      | 0.434               | 1                     |            |
| Riboflavin                | mg      | 0.047               | 1                     |            |
| Niacin                    | mg      | 9.800               | 1                     |            |
| Pantothenic acid          | mg      | 0.750               | 0                     |            |
| Vitamin B-6               | mg      | 0.900               | 0                     |            |
| Folate, total             | mcg     | 2                   | 0                     |            |
| Folic acid                | mcg     | 0                   | 0                     |            |
| Folate, food              | mcg     | 2                   | 0                     |            |
| Folate, DFE               | mcg_DFE | 2                   | 0                     |            |
| Choline, total            | mg      | 65.0                | 0                     |            |
| Vitamin B-12              | mcg     | 0.52                | 0                     |            |
| Vitamin B-12, added       | mcg     | 0.00                | 0                     |            |
| Vitamin A, RAE            | mcg_RAE | 18                  | 0                     |            |
| Retinol                   | mcg     | 18                  | 0                     |            |
| Carotene, beta            | mcg     | 0                   | 0                     |            |
| Carotene, alpha           | mcg     | 0                   | 0                     |            |
| Cryptoxanthin, beta       | mcg     | 0                   | 0                     |            |
| Vitamin A, IU             | IU      | 60                  | 0                     |            |
| Lycopene                  | mcg     | 0                   | 0                     |            |
| Lutein + zeaxanthin       | mcg     | 0                   | 0                     |            |
| tocopherol)               | mg      | 0.50                | 0                     |            |
| Vitamin E, added          | mg      | 0.00                | 0                     |            |
| Vitamin D (D2 + D3)       | mcg     | 1.1                 | 1                     |            |
| (cholecalciferol)         | mcg     | 1.1                 | 1                     |            |
| Vitamin D                 | IU      | 44                  | 1                     |            |
| Vitamin K (phylloquinone) | mcg     | 0.1                 | 0                     |            |

**Tabla 4.** Continuación

| Nutrient                     | Units | Value per 100 grams | Number of data points | Std. Error |
|------------------------------|-------|---------------------|-----------------------|------------|
| <b>Lipids</b>                |       |                     |                       |            |
| Fatty acids, total saturated | g     | 0.235               | 0                     |            |
| 4:00                         | g     | 0.000               | 0                     |            |
| 6:00                         | g     | 0.000               | 0                     |            |
| 8:00                         | g     | 0.000               | 0                     |            |
| 10:00                        | g     | 0.000               | 0                     |            |
| 12:00                        | g     | 0.009               | 1                     |            |
| 14:00                        | g     | 0.011               | 3                     | 0.005      |
| 16:00                        | g     | 0.156               | 3                     | 0.055      |
| 18:00                        | g     | 0.051               | 3                     | 0.014      |
| monounsaturated              | g     | 0.154               | 0                     |            |
| 16:1 undifferentiated        | g     | 0.025               | 3                     | 0.010      |
| 18:1 undifferentiated        | g     | 0.108               | 3                     | 0.008      |
| 20:01                        | g     | 0.007               | 2                     |            |
| 22:1 undifferentiated        | g     | 0.014               | 1                     |            |
| polyunsaturated              | g     | 0.284               | 0                     |            |
| 18:2 undifferentiated        | g     | 0.008               | 3                     | 0.005      |
| 18:3 undifferentiated        | g     | 0.012               | 1                     |            |
| 18:04                        | g     | 0.005               | 1                     |            |
| 20:4 undifferentiated        | g     | 0.028               | 3                     | 0.016      |
| 20:5 n-3 (EPA)               | g     | 0.037               | 3                     | 0.016      |
| 22:5 n-3 (DPA)               | g     | 0.013               | 3                     | 0.004      |
| 22:6 n-3 (DHA)               | g     | 0.181               | 3                     | 0.042      |
| Cholesterol                  | mg    | 45                  | 2                     |            |
| <b>Amino acids</b>           |       |                     |                       |            |
| Tryptophan                   | g     | 0.262               | 0                     |            |
| Threonine                    | g     | 1.025               | 0                     |            |
| Isoleucine                   | g     | 1.077               | 0                     |            |
| Leucine                      | g     | 1.900               | 0                     |            |
| Lysine                       | g     | 2.147               | 0                     |            |
| Methionine                   | g     | 0.692               | 0                     |            |
| Cystine                      | g     | 0.251               | 0                     |            |
| Phenylalanine                | g     | 0.913               | 0                     |            |
| Tyrosine                     | g     | 0.789               | 0                     |            |
| Valine                       | g     | 1.204               | 0                     |            |
| Arginine                     | g     | 1.399               | 0                     |            |
| Histidine                    | g     | 0.688               | 0                     |            |
| Alanine                      | g     | 1.414               | 0                     |            |
| Aspartic acid                | g     | 2.394               | 0                     |            |
| Glutamic acid                | g     | 3.489               | 0                     |            |
| Glycine                      | g     | 1.122               | 0                     |            |
| Proline                      | g     | 0.827               | 0                     |            |
| Serine                       | g     | 0.954               | 0                     |            |
| <b>Other</b>                 |       |                     |                       |            |
| Alcohol, ethyl               | g     | 0.0                 | 0                     |            |
| Caffeine                     | mg    | 0                   | 0                     |            |
| Theobromine                  | mg    | 0                   | 0                     |            |

Los principales componentes de los peces son lípidos, proteínas, vitaminas y minerales (Huss, 1988), y la composición química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies y también entre individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, sexo,

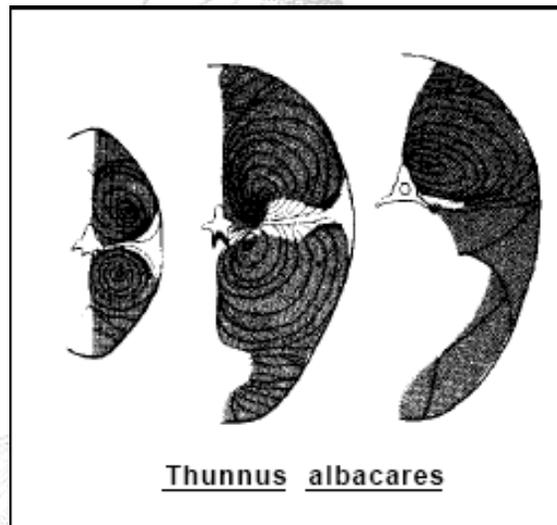


medio ambiente y estación del año. Estas variaciones están estrechamente relacionadas con la alimentación, nado migratorio y cambios sexuales relacionados con el desove. Además, los peces tienen períodos de inanición por estar en época de desove y por procesos de migración, que pueden ser incrementados por escasez de alimento. Durante los períodos de intensa alimentación, el contenido de proteínas del músculo aumenta hasta una extensión que depende de la cantidad de proteína agotada; por ejemplo con relación a la migración por el desove. Posteriormente, el contenido de lípidos muestra un marcado y rápido aumento. La fracción lipídica es la que muestra mayor variación (Huss, 1988; Cáceda & Calcino, 2003). Esta variación tiene un marcado efecto estacional, por ejemplo : *Ethmalosa dorsalis* (sábalo del oeste africano) muestra una variación en el contenido de lípidos del 2 a 7 por ciento durante el año, con un máximo en el mes de julio; la corvina (*Micropogon furnieri*) y el pez foguete (*Marodon ancylodon*) capturados en la costa brasileña, presentaron contenidos de lípidos de 0,2 a 8,7 por ciento y 0,1 a 5,4 por ciento, respectivamente (Cáceda & Calcino, 2003).

El tamaño de los peces, también influye en el contenido de lípidos, lo cual ha sido observado en especies pelágicas y demersales (Huss, 1988). Desde el punto de vista de los lípidos, los peces pueden ser clasificados en especies grasas y especies magras; este tipo de clasificación se basa en características biológicas y tecnológicas (Huss, 1988). Las especies magras son aquellas que almacenan lípidos sólo en el hígado; y como especies grasas, las que almacenan lípidos en células distribuidas en otros tejidos del cuerpo (Cáceda & Calcino, 2003).

El contenido de lípidos en filetes de especies magras es bajo y estable, mientras que el contenido de lípidos en filetes de especies grasas varía considerablemente (Huss, 1988). La presencia de lípidos está relacionada con la textura, jugosidad y sabor, por lo que la composición y cantidad de lípidos en la carne es un criterio a considerar en la aceptación de las mismas (García et al., 2008), ya que existen diferencias de sabor entre el músculo graso y el músculo magro (Koriyama et al., 2000). No obstante, el exceso de lípidos (grasa) de origen animal está relacionado con efectos negativos para la salud, los lípidos presentes en los peces contienen una proporción alta de lípidos poliinsaturados, cualidad deseable en la dieta, porque éstos lípidos tienden a disminuir el colesterol sanguíneo (García et al., 2008). El contenido de lípidos poliinsaturados es de 0,284 g/100 g, para el caso de *T. albacares* (NND SR, 2009).

El patrón de distribución de lípidos claro (white) y oscuro (red) en escómbridos, presenta patrones distintivos a nivel de especie, que son ocupados para identificación (Collette & Nauen, 1983). En la **Figura 33** se muestra el patrón de *T. albacares*, el cual podría sufrir pequeñas variaciones en individuos que ocupan espacios donde tienen menor movilidad (poblaciones residentes de atunes), en comparación con aquellos que realizan grandes migraciones. Peces con menor migración, presentarían una menor proporción de músculo oscuro, y otros compuestos como carnosina y anserina (Suyama et al., 1986), lo cual tiene incidencia en el sabor (Koriyama et al., 2000). El músculo oscuro está relacionado con actividad de nado continuo; y el músculo claro, a movimientos súbitos (Cáceda & Calcino, 2003).



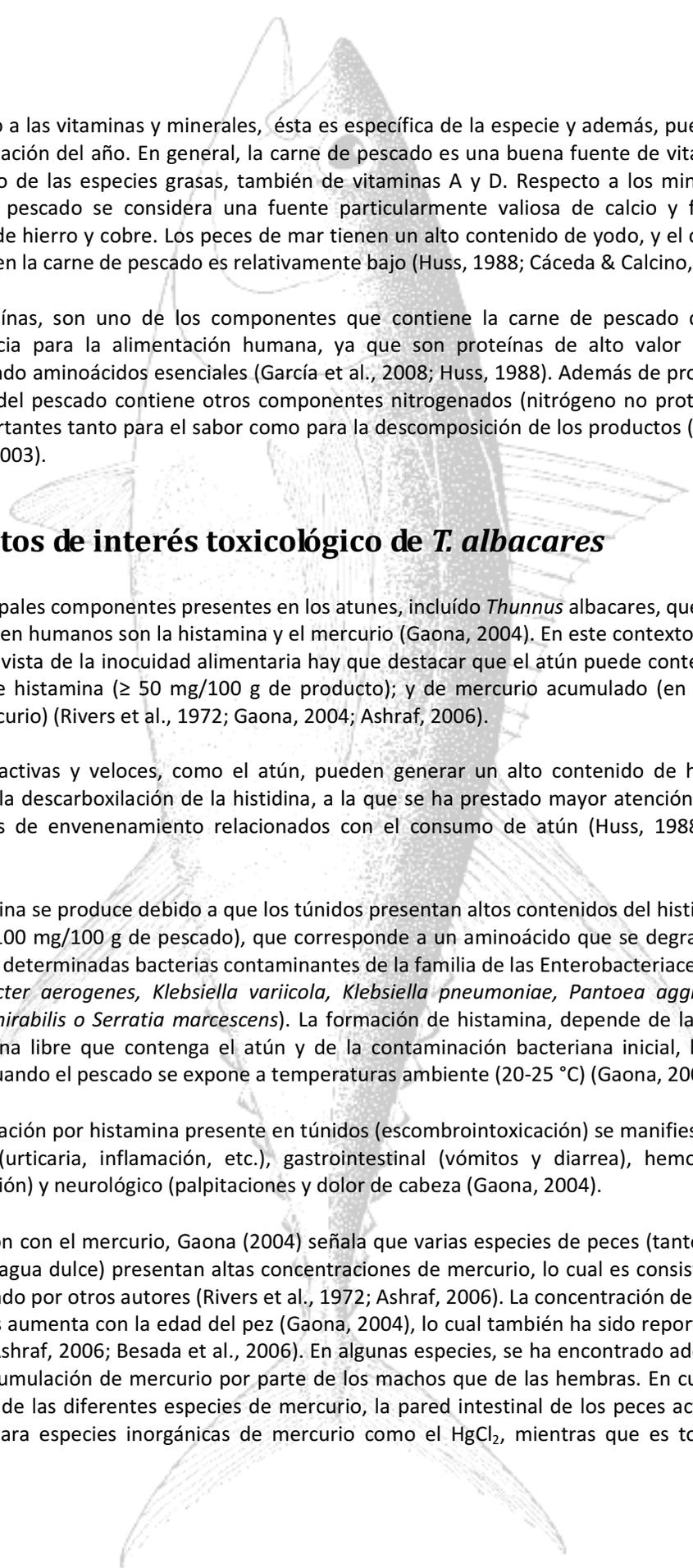
**Figura 33.** Patrón de distribución de músculo oscuro y claro en *Thunnus albacares*. De izquierda a derecha, los dibujos corresponden a las siguientes secciones: (i) Inmediatamente anterior al fin de la aleta caudal, (ii) parte media del cuerpo, y (iii) sección posterior a las agallas (Collette & Nauen, 1983).

El contenido de grasas en los pescados, independientemente de que sea magro o graso, tiene consecuencias sobre las características post mortem. Los cambios que ocurren en el pescado magro fresco pueden ser anticipados mediante el conocimiento de las reacciones bioquímicas en la fracción proteica, mientras que en las especies grasas deben incluirse los cambios en la fracción lipídica, por lo que el tiempo de almacenamiento debido a la oxidación lipídica afecta la calidad y características organolépticas de los peces (Huss, 1988).

La composición química de las diferentes especies de pescados muestran diferencias dependiendo de la estación del año, comportamiento migratorio, maduración sexual, ciclos alimenticios, entre otros; variaciones que son observadas en peces silvestres en mar abierto y aguas continentales (Suyama et al., 1986; Huss, 1988; Cáceda & Calcino, 2003; Nakamura et al., 2005).

Los lípidos presentes en las especies de peces óseos incluyen los fosfolípidos y los triglicéridos. Los fosfolípidos constituyen la estructura integral de la unidad de membranas en la célula, por lo tanto, se denomina lípidos estructurales. Los triglicéridos son lípidos empleados para el almacenamiento de energía en depósitos de grasas, generalmente dentro de células especiales rodeadas por una membrana fosfolipídica y una red de colágeno relativamente débil. Los triglicéridos son a menudo denominados depósitos de grasa. Algunos peces contienen ceras esterificadas como parte de sus depósitos de grasa (Huss, 1988).

Los lípidos del pescado, contienen ácidos grasos altamente insaturados con 20 a 22 átomos de carbono y poseen de 4 a 6 dobles enlaces, los cuales tienden a oxidarse rápidamente aún cuando se conserven los tejidos congelados. Los productos de ésta degradación contribuyen al aroma natural, el sabor y a la formación de sustancias coloreadas que pueden hacer atractivo al pescado y sus productos, pero que son causa de rechazo cuando estas sustancias se encuentran en exceso (Cáceda & Calcino, 2003).



En cuanto a las vitaminas y minerales, ésta es específica de la especie y además, puede variar con la estación del año. En general, la carne de pescado es una buena fuente de vitamina B y en el caso de las especies grasas, también de vitaminas A y D. Respecto a los minerales, la carne de pescado se considera una fuente particularmente valiosa de calcio y fósforo, y también de hierro y cobre. Los peces de mar tienen un alto contenido de yodo, y el contenido de sodio en la carne de pescado es relativamente bajo (Huss, 1988; Cáceda & Calcino, 2003).

Las proteínas, son uno de los componentes que contiene la carne de pescado de mayor importancia para la alimentación humana, ya que son proteínas de alto valor biológico, conteniendo aminoácidos esenciales (García et al., 2008; Huss, 1988). Además de proteínas, el músculo del pescado contiene otros componentes nitrogenados (nitrógeno no proteico) que son importantes tanto para el sabor como para la descomposición de los productos (Cáceda & Calcino, 2003).

## **Aspectos de interés toxicológico de *T. albacares***

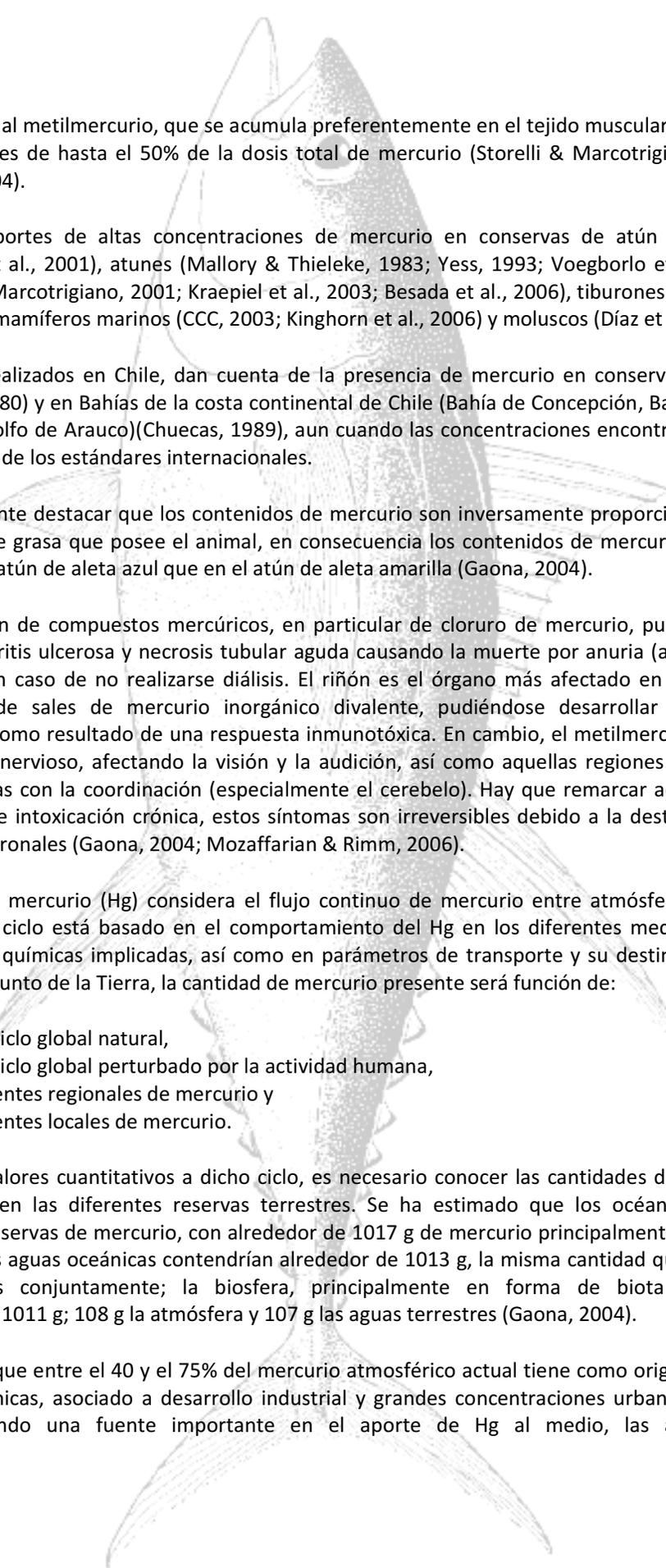
Los principales componentes presentes en los atunes, incluido *Thunnus albacares*, que generan toxicidad en humanos son la histamina y el mercurio (Gaona, 2004). En este contexto, desde el punto de vista de la inocuidad alimentaria hay que destacar que el atún puede contener altos niveles de histamina ( $\geq 50$  mg/100 g de producto); y de mercurio acumulado (en forma de metilmercurio) (Rivers et al., 1972; Gaona, 2004; Ashraf, 2006).

Especies activas y veloces, como el atún, pueden generar un alto contenido de histamina, debido a la descarboxilación de la histidina, a la que se ha prestado mayor atención debido a incidentes de envenenamiento relacionados con el consumo de atún (Huss, 1988; Gaona, 2004).

La histamina se produce debido a que los túnidos presentan altos contenidos de histidina libre (más de 100 mg/100 g de pescado), que corresponde a un aminoácido que se degrada por la acción de determinadas bacterias contaminantes de la familia de las Enterobacteriaceae (como *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella variicola*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pantoea agglomerans*, *Proteus mirabilis* o *Serratia marcescens*). La formación de histamina, depende de la cantidad de histidina libre que contenga el atún y de la contaminación bacteriana inicial, la cual se acelera cuando el pescado se expone a temperaturas ambiente (20-25 °C) (Gaona, 2004).

La intoxicación por histamina presente en túnidos (escombroid intoxicación) se manifiesta a nivel cutáneo (urticaria, inflamación, etc.), gastrointestinal (vómitos y diarrea), hemodinámico (hipotensión) y neurológico (palpitaciones y dolor de cabeza (Gaona, 2004).

En relación con el mercurio, Gaona (2004) señala que varias especies de peces (tanto marinos como de agua dulce) presentan altas concentraciones de mercurio, lo cual es consistente con lo reportado por otros autores (Rivers et al., 1972; Ashraf, 2006). La concentración de mercurio en tejidos aumenta con la edad del pez (Gaona, 2004), lo cual también ha sido reportado para el atún (Ashraf, 2006; Besada et al., 2006). En algunas especies, se ha encontrado además una mayor acumulación de mercurio por parte de los machos que de las hembras. En cuanto a la toxicidad de las diferentes especies de mercurio, la pared intestinal de los peces actúa como barrera para especies inorgánicas de mercurio como el  $HgCl_2$ , mientras que es totalmente



permeable al metilmercurio, que se acumula preferentemente en el tejido muscular del pez en proporciones de hasta el 50% de la dosis total de mercurio (Storelli & Marcotrigiano, 2001; Gaona, 2004).

Existen reportes de altas concentraciones de mercurio en conservas de atún y sardinas (Velasco et al., 2001), atunes (Mallory & Thieleke, 1983; Yess, 1993; Voegborlo et al., 1999; Storelli & Marcotrigiano, 2001; Kraepiel et al., 2003; Besada et al., 2006), tiburones (Escribá et al., 2007), mamíferos marinos (CCC, 2003; Kinghorn et al., 2006) y moluscos (Díaz et al., 2008).

Estudios realizados en Chile, dan cuenta de la presencia de mercurio en conservas de atún (Padilla, 1980) y en Bahías de la costa continental de Chile (Bahía de Concepción, Bahía de San Vicente, Golfo de Arauco)(Chuecas, 1989), aun cuando las concentraciones encontradas están por debajo de los estándares internacionales.

Es importante destacar que los contenidos de mercurio son inversamente proporcionales a la cantidad de grasa que posee el animal, en consecuencia los contenidos de mercurio son más altos en el atún de aleta azul que en el atún de aleta amarilla (Gaona, 2004).

La ingestión de compuestos mercúricos, en particular de cloruro de mercurio, puede causar gastroenteritis ulcerosa y necrosis tubular aguda causando la muerte por anuria (ausencia de micción) en caso de no realizarse diálisis. El riñón es el órgano más afectado en el caso de ingestión de sales de mercurio inorgánico divalente, pudiéndose desarrollar síndromes nefríticos como resultado de una respuesta inmunotóxica. En cambio, el metilmercurio afecta el sistema nervioso, afectando la visión y la audición, así como aquellas regiones cerebrales relacionadas con la coordinación (especialmente el cerebelo). Hay que remarcar además que en casos de intoxicación crónica, estos síntomas son irreversibles debido a la destrucción de células neuronales (Gaona, 2004; Mozaffarian & Rimm, 2006).

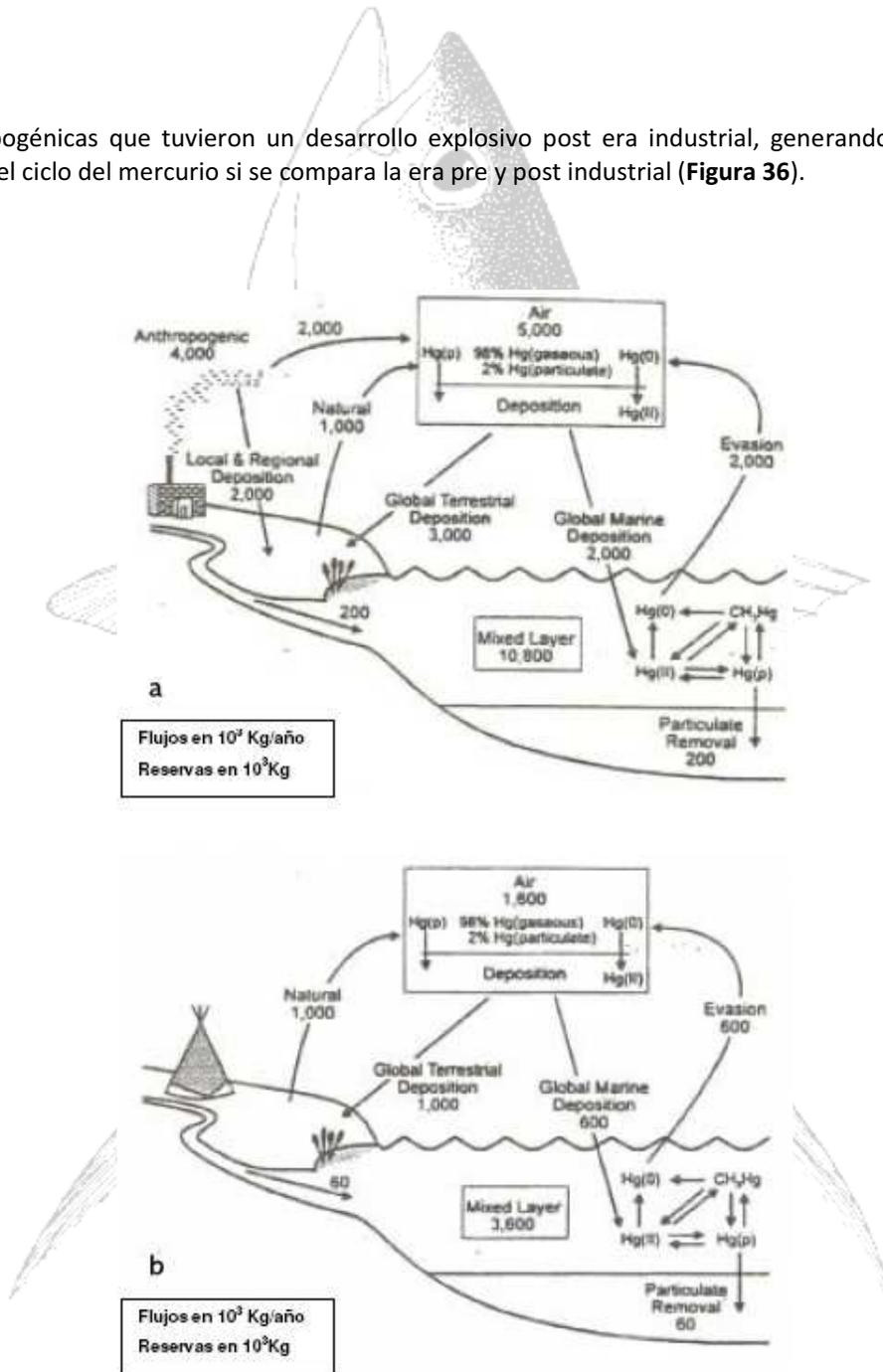
El ciclo del mercurio (Hg) considera el flujo continuo de mercurio entre atmósfera, tierra y agua. Este ciclo está basado en el comportamiento del Hg en los diferentes medios, en las reacciones químicas implicadas, así como en parámetros de transporte y su destino final. En cualquier punto de la Tierra, la cantidad de mercurio presente será función de:

- a) El ciclo global natural,
- b) El ciclo global perturbado por la actividad humana,
- c) Fuentes regionales de mercurio y
- d) Fuentes locales de mercurio.

Para dar valores cuantitativos a dicho ciclo, es necesario conocer las cantidades de mercurio presentes en las diferentes reservas terrestres. Se ha estimado que los océanos son las mayores reservas de mercurio, con alrededor de 1017 g de mercurio principalmente en forma de HgS. Las aguas oceánicas contendrían alrededor de 1013 g, la misma cantidad que suelos y sedimentos conjuntamente; la biosfera, principalmente en forma de biota terrestre, contendría 1011 g; 108 g la atmósfera y 107 g las aguas terrestres (Gaona, 2004).

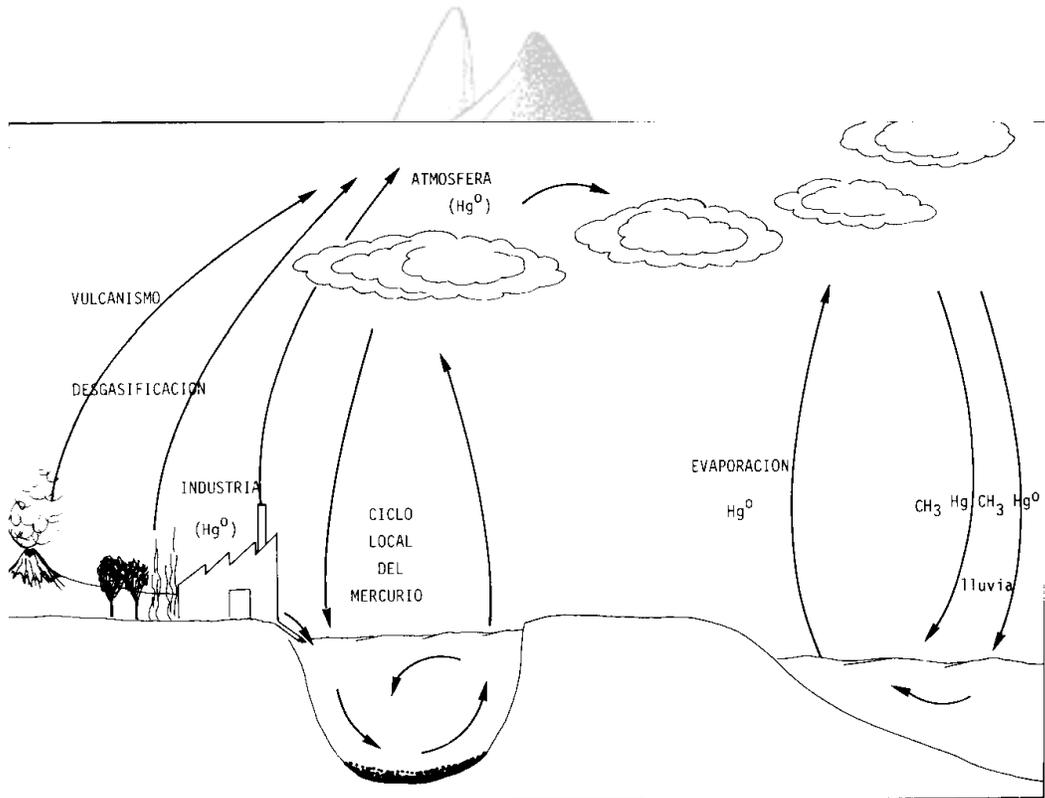
Se estima que entre el 40 y el 75% del mercurio atmosférico actual tiene como origen fuentes antropogénicas, asociado a desarrollo industrial y grandes concentraciones urbanas (Gaona, 2004), siendo una fuente importante en el aporte de Hg al medio, las actividades

antropogénicas que tuvieron un desarrollo explosivo post era industrial, generando efectos sobre el ciclo del mercurio si se compara la era pre y post industrial (**Figura 36**).

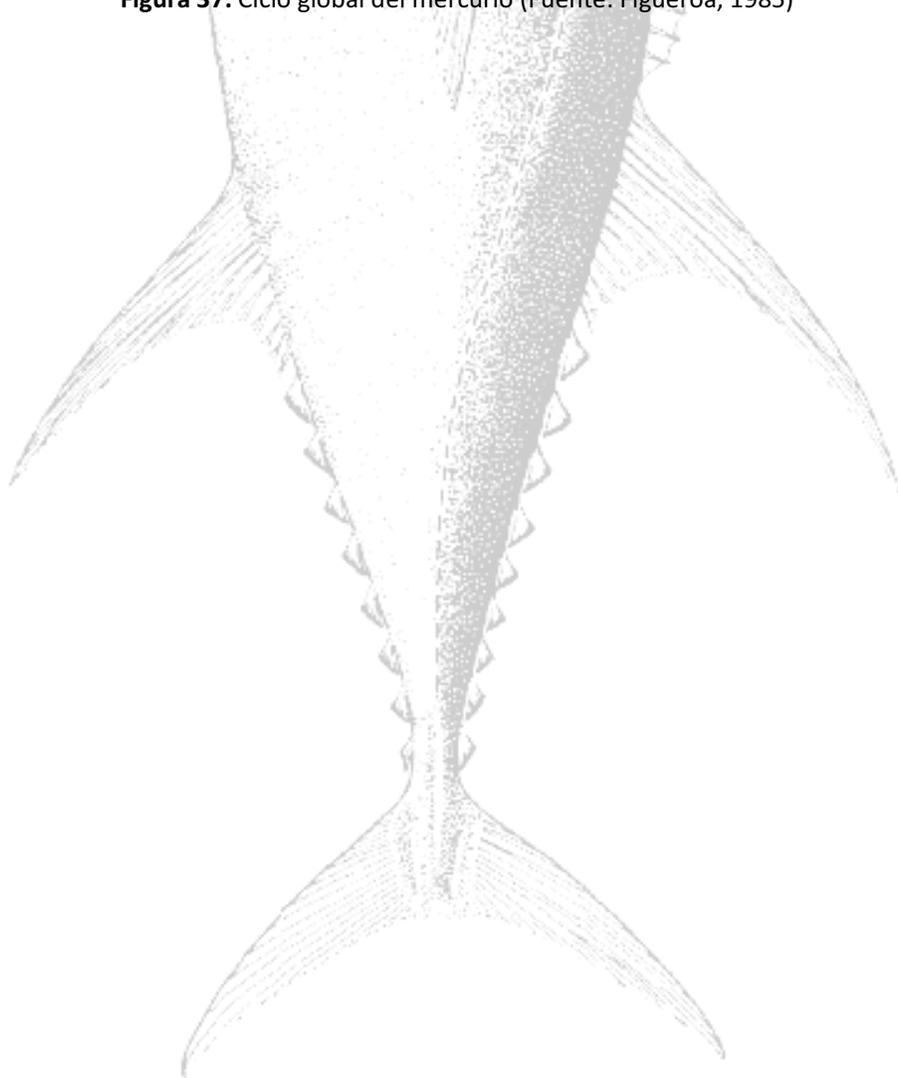


**Figura 36.** Diagrama de flujo del mercurio (a) post y (b) pre era industrial (Gaona, 2004)

El ciclo global y local del mercurio propuesto por Figueroa (1985) se muestran en las **Figuras 37** y **38**.



**Figura 37.** Ciclo global del mercurio (Fuente: Figueroa, 1985)



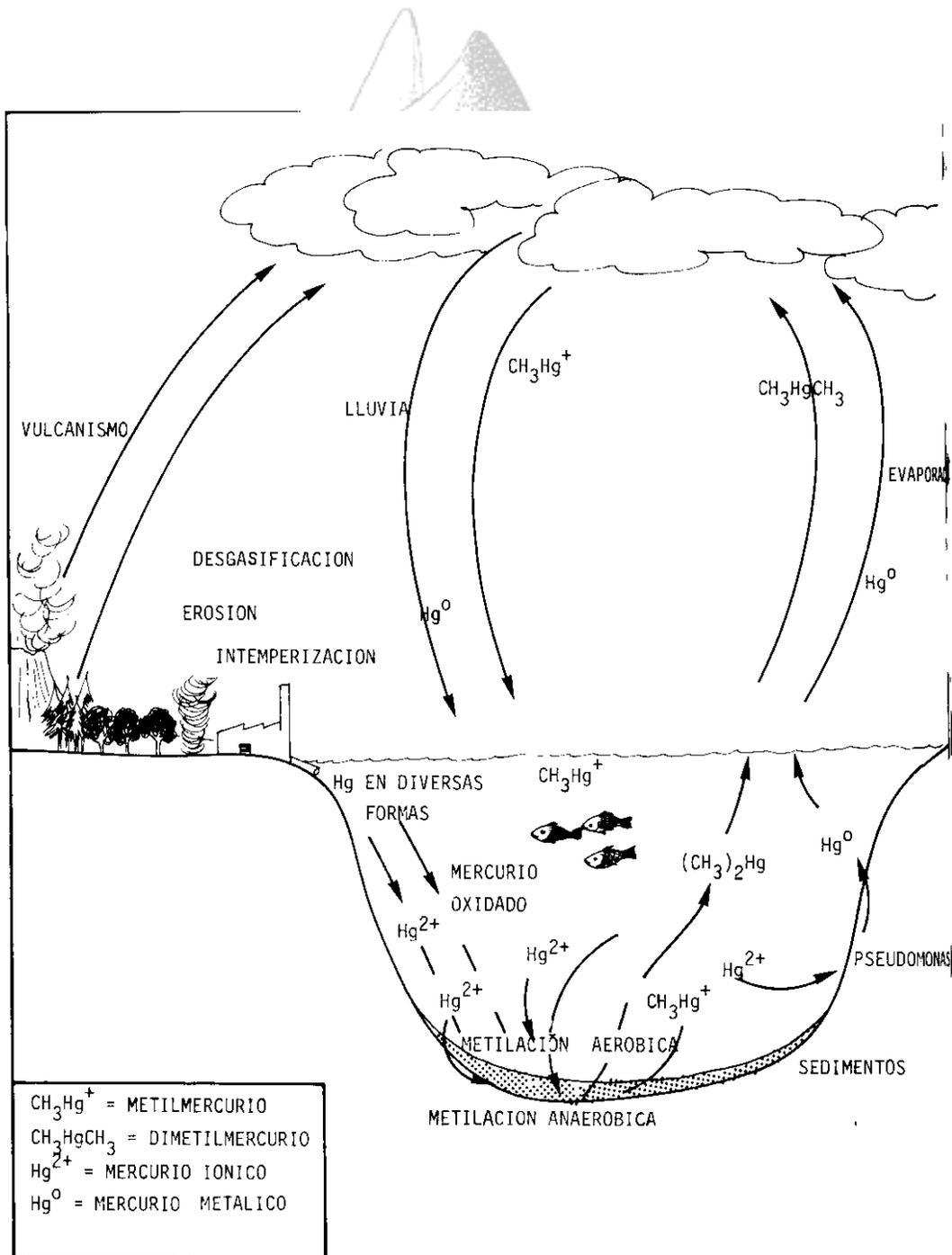
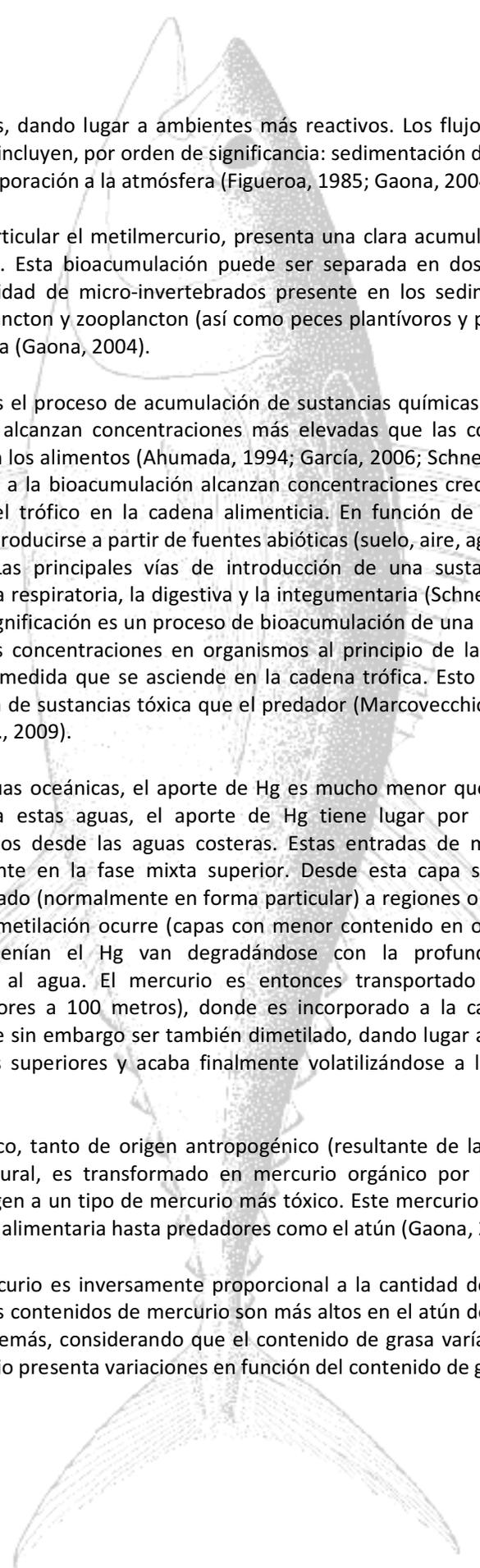


Figura 38. Ciclo local del mercurio y del dimetilmercurio (Fuente: Figueroa, 1985)

El mercurio en el ambiente marino, presenta características particulares en aguas costeras y aguas oceánicas. Las aguas costeras están potencialmente afectadas en mayor grado por especies reactivas de Hg y mercurio particular liberados a la atmósfera por fuentes antropogénicas cercanas. Para algunos estuarios contaminados por Hg, la principal fuente de este contaminante puede llegar a ser la descarga acuática y no la deposición atmosférica. Las atmósferas cercanas a estas aguas costeras pueden contener también una mayor proporción



de agentes oxidantes, dando lugar a ambientes más reactivos. Los flujos de mercurio desde estas aguas costeras incluyen, por orden de significancia: sedimentación del Hg particular, flujo hacia el océano y evaporación a la atmósfera (Figuerola, 1985; Gaona, 2004).

El mercurio, y en particular el metilmercurio, presenta una clara acumulación en las cadenas alimenticias costeras. Esta bioacumulación puede ser separada en dos grandes subgrupos, como son la comunidad de micro-invertebrados presente en los sedimentos bénticos y la comunidad de fitoplancton y zooplancton (así como peces plantívoros y piscívoros) que reside en la columna de agua (Gaona, 2004).

La bioacumulación es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos (Ahumada, 1994; García, 2006; Schneider et al., 2009). Las sustancias propensas a la bioacumulación alcanzan concentraciones crecientes a medida que se avanza en el nivel trófico en la cadena alimenticia. En función de cada sustancia, esta acumulación puede producirse a partir de fuentes abióticas (suelo, aire, agua), o bióticas (otros organismos vivos). Las principales vías de introducción de una sustancia química en un organismo vivo son la respiratoria, la digestiva y la integumentaria (Schneider et al., 2009). De otro modo, la biomagnificación es un proceso de bioacumulación de una sustancia tóxica. Ésta se presenta en bajas concentraciones en organismos al principio de la cadena trófica y en mayor proporción a medida que se asciende en la cadena trófica. Esto es, las presas tienen menor concentración de sustancias tóxicas que el predador (Marcovecchio et al., 1986; García, 2006; Schneider et al., 2009).

En el caso de las aguas oceánicas, el aporte de Hg es mucho menor que el descrito para las aguas costeras. Para estas aguas, el aporte de Hg tiene lugar por deposición desde la atmósfera y por flujos desde las aguas costeras. Estas entradas de mercurio se presume ocurren principalmente en la fase mixta superior. Desde esta capa superior, el mercurio reactivo es transportado (normalmente en forma particular) a regiones o capas oceánicas más profundas donde la metilación ocurre (capas con menor contenido en oxígeno). Además, las partículas que contenían el Hg van degradándose con la profundidad, liberando en consecuencia el Hg al agua. El mercurio es entonces transportado a la fase mixta (a profundidades inferiores a 100 metros), donde es incorporado a la cadena alimenticia. El metilmercurio, puede sin embargo ser también dimetilado, dando lugar a mercurio elemental que satura las capas superiores y acaba finalmente volatilizándose a la atmósfera (Gaona, 2004).

El mercurio inorgánico, tanto de origen antropogénico (resultante de la actividad industrial) como de origen natural, es transformado en mercurio orgánico por los microorganismos acuáticos, dando origen a un tipo de mercurio más tóxico. Este mercurio orgánico se acumula a través de la cadena alimentaria hasta predadores como el atún (Gaona, 2004).

El contenido de mercurio es inversamente proporcional a la cantidad de grasa que posee el animal, por lo que los contenidos de mercurio son más altos en el atún de aleta azul que en el de aleta amarilla. Además, considerando que el contenido de grasa varía estacionalmente, el contenido de mercurio presenta variaciones en función del contenido de grasa (Gaona, 2004).

El nivel máximo de metil mercurio definido por el FDA (Food and Drug Administration) es una parte por millón (ppm). Este nivel definido por el FDA fue establecido a partir de un valor diez veces menor al valor más bajo que generó efectos adversos en los consumidores (CPG Sec 540.600<sup>11</sup>).

#### **RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 4. Recopilar información técnica que permita relacionar atributos distintivos del Atún de Aleta Amarilla con su origen geográfico, y realizar un análisis comparado con especies relacionadas.**

La información disponible en los diversos reportes científicos revisados, no permite sostener que existen atributos distintivos en ejemplares de *T. albacares* proveniente de la Isla de Pascua, que sean distintivos de ejemplares de la misma especie provenientes de otras áreas de pesca.

Sin embargo, existen antecedentes relacionados con la existencia de poblaciones residentes de atunes y otras especies relacionadas, que permitirían sustentar una hipótesis que enuncie la existencia de poblaciones residentes, y que éstas poblaciones presentan atributos distintivos respecto de ejemplares provenientes de otras zonas de pesca; no obstante, esta hipótesis requiere ser comprobada a través del desarrollo de una investigación acotada a esta temática.

Lo planteado precedentemente, se sustenta porque aun cuando una de las características más difundidas y conocidas de los atunes es su capacidad migratoria, actualmente existen reportes sobre la existencia de poblaciones residentes de atún rojo del atlántico (*Thunnus thynnus*) (WWF, 2008); y se ha reportado que poblaciones de *Thunnus albacares* permanecieron en los montes submarinos por un rango de tiempo que varió de unos pocos días a más de un año (Holland et al., 1999).

Por otra parte, experiencias realizadas en montes submarinos de Hawaii, donde se recapturaron ejemplares marcados de *T. albacares* hasta 15 días posteriores al marcaje, sugieren que este corto tiempo de residencia en los Montes Submarinos servirían de marcas que guían la migración y no un destino con propósitos de alimentación (Klimley & Holloway, 1999; Klimley et al., 2003).

Martin Hall (Comunicación personal) señala que en algunas islas existirían poblaciones residentes de atunes, aunque no existen reportes científicos que permitan fundamentar la presencia de estas poblaciones residentes en Isla de Pascua; sin embargo, los antecedentes permitirían sustentar la hipótesis antes planteada. Además, Dagorn et al. (2007) propone que las islas generarían un efecto sobre los atunes, facilitando su concentración y retención, denominando a este fenómeno el “efecto isla”.

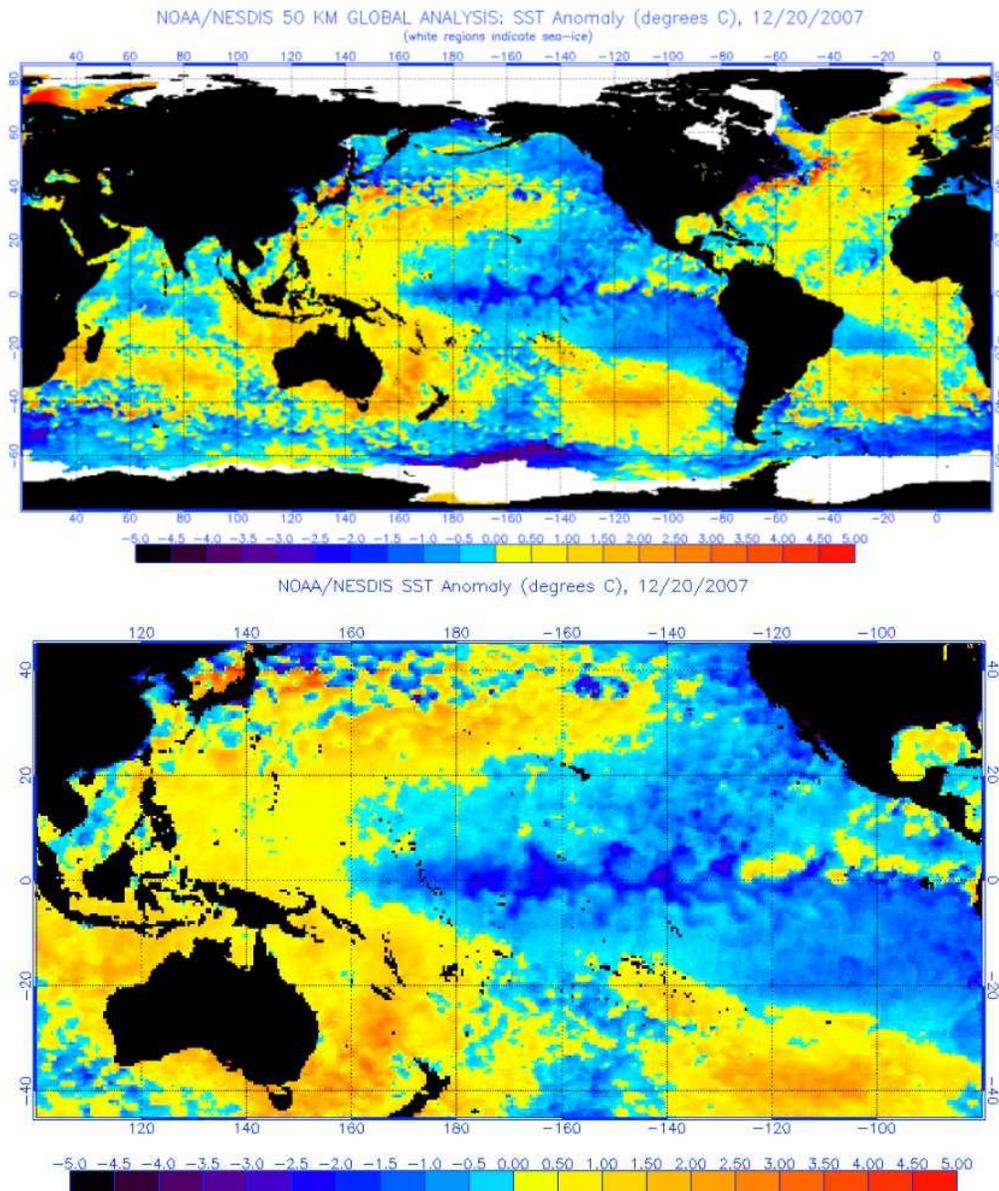
Eventos del Niño de gran magnitud, los cuales han ocurrido por larga data (existiendo registros desde 1525, a partir de interpretaciones de reportes de navegantes y otros registros<sup>12</sup>), podrían ser los responsables de haber llevado atunes hasta la Isla de Pascua, quedando

<sup>11</sup> CPG Sec. 540.600 Fish, Shellfish, Crustaceans and other Aquatic Animals - Fresh, Frozen or Processed - Methyl Mercury. Disponible en:

<http://www.fda.gov/ICECI/ComplianceManuals/CompliancePolicyGuidanceManual/ucm074510.htm>

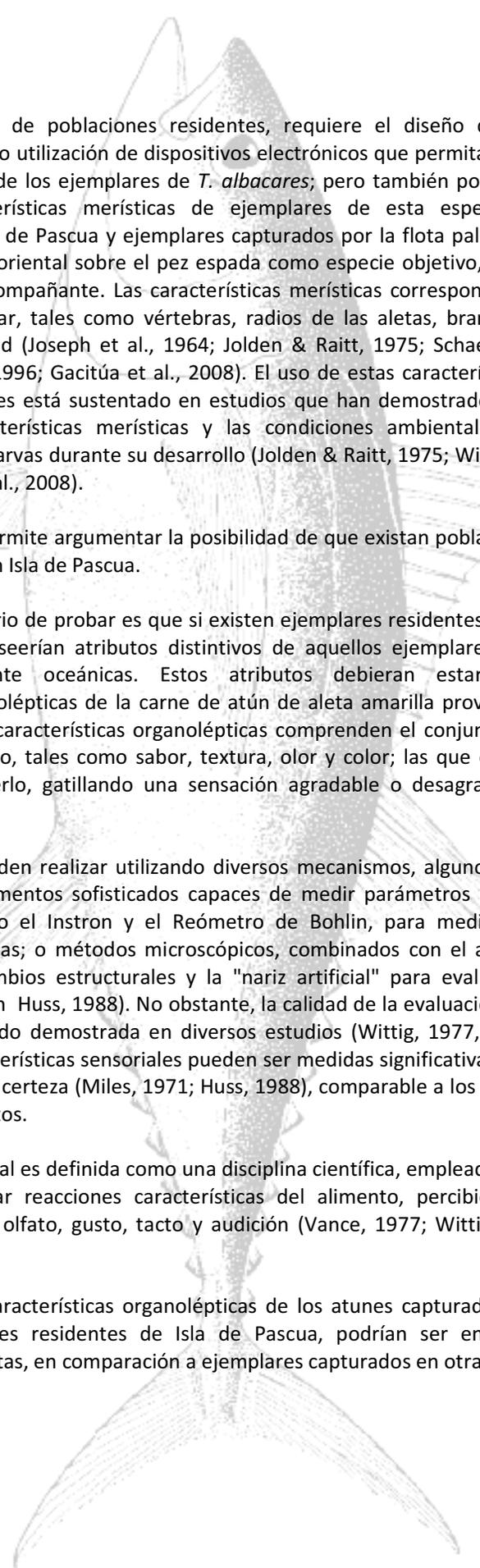
<sup>12</sup> El fenómeno de El Niño y sus efectos en el clima. Documento on line, de Roberto Araya Barckhahn de la Pontificia Universidad Católica de Chile ([http://www2.ing.puc.cl/~iing/ed433/fenomeno\\_el\\_nino.htm](http://www2.ing.puc.cl/~iing/ed433/fenomeno_el_nino.htm)).

algunos ejemplares retenidos, dando origen a una población residente (Martin Hall, comunicación personal). Fotografías satelitales<sup>13</sup> permiten visualizar que El Niño-Southern Oscillation (ENSO) alcanza a la Isla de Pascua (Figura 39).



**Figura 39.** Imágenes satelitales de anomalía de temperatura global en los océanos durante el año 2007, que dan cuenta de la ocurrencia de El Niño-Southern Oscillation (ENSO). La imagen superior muestra una visión global de los océanos; y la imagen inferior muestra el Pacífico Oriental, donde se puede apreciar que el efecto de ENSO alcanza las aguas que circundan la Isla de Pascua, ubicada a 27°9'S y 109°27'O (Fuente: <http://www.osdpd.noaa.gov>)

<sup>13</sup> Imágenes satelitales obtenidas desde <http://www.osdpd.noaa.gov>



Probar la existencia de poblaciones residentes, requiere el diseño de experimentos de marcaje-recaptura y/o utilización de dispositivos electrónicos que permitan hacer seguimiento de los movimientos de los ejemplares de *T. albacares*; pero también podrían llevarse a cabo estudios de características merísticas de ejemplares de esta especie capturados por pescadores de la Isla de Pascua y ejemplares capturados por la flota palangrera de Chile que opera en el pacífico oriental sobre el pez espada como especie objetivo, siendo capturado el atún como fauna acompañante. Las características merísticas corresponden a características que se pueden contar, tales como vértebras, radios de las aletas, branquiespinas, espinas, escamas y fecundidad (Joseph et al., 1964; Jolden & Raitt, 1975; Schaefer, 1992; Saborido, 1994; Cortés et al., 1996; Gacitúa et al., 2008). El uso de estas características para distinguir entre grupos de peces está sustentado en estudios que han demostrado que existe relación entre algunas características merísticas y las condiciones ambientales a las que están expuestos huevos y larvas durante su desarrollo (Jolden & Raitt, 1975; Winans, 1987; Cortés et al., 1996; Gacitúa et al., 2008).

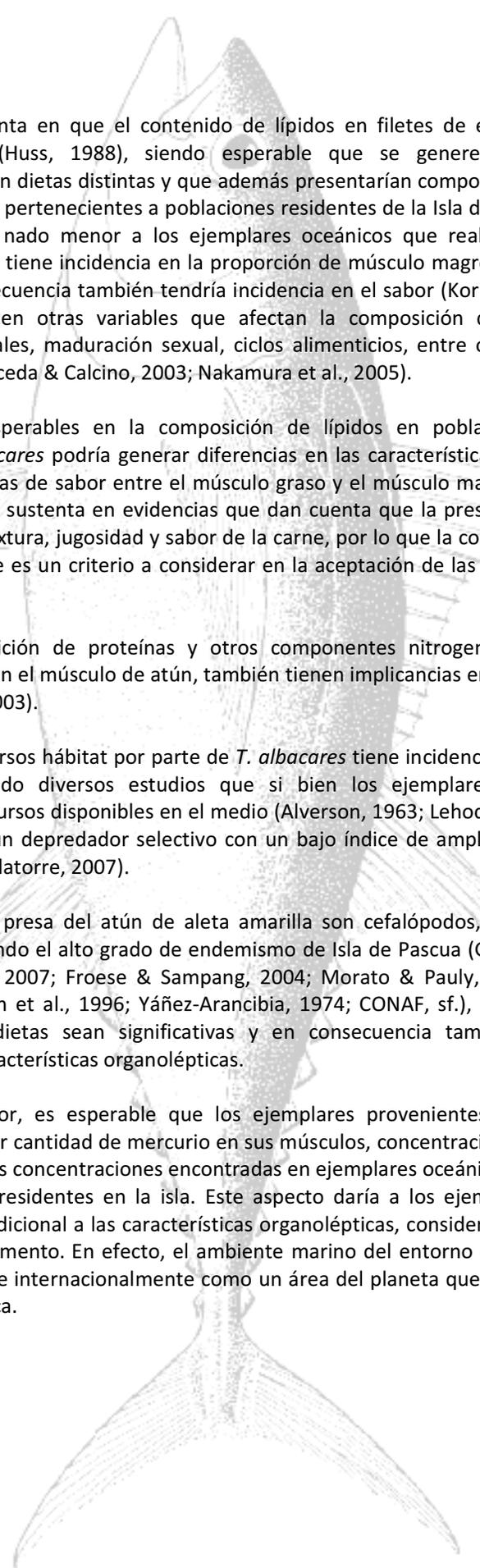
Lo antes señalado permite argumentar la posibilidad de que existan poblaciones residentes de *Thunnus albacares* en Isla de Pascua.

Otro aspecto necesario de probar es que si existen ejemplares residentes en la Isla de Pascua, éstos ejemplares poseerían atributos distintivos de aquellos ejemplares que habitan otras zonas, principalmente oceánicas. Estos atributos debieran estar relacionados con características organolépticas de la carne de atún de aleta amarilla provenientes de diversas áreas de pesca. Las características organolépticas comprenden el conjunto de características físicas de un alimento, tales como sabor, textura, olor y color; las que en conjunto generan sensaciones al comerlo, gatillando una sensación agradable o desagradable por parte del consumidor.

Estos análisis se pueden realizar utilizando diversos mecanismos, algunos de ellos ocupando tecnología e instrumentos sofisticados capaces de medir parámetros incluidos en el perfil sensorial, tales como el Instron y el Reómetro de Bohlin, para medir la textura y otras propiedades reológicas; o métodos microscópicos, combinados con el análisis de imágenes, para determinar cambios estructurales y la "nariz artificial" para evaluar el perfil de olor (Nanto et al., 1993 en Huss, 1988). No obstante, la calidad de la evaluación sensorial mediada por humanos, ha sido demostrada en diversos estudios (Wittig, 1977, 2001). De hecho, la mayoría de las características sensoriales pueden ser medidas significativamente por humanos con un alto grado de certeza (Miles, 1971; Huss, 1988), comparable a los resultados obtenidos utilizando instrumentos.

La evaluación sensorial es definida como una disciplina científica, empleada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones características del alimento, percibidas a través de los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y audición (Vance, 1977; Wittig, 1977, 2001; Huss, 1988).

Variaciones en las características organolépticas de los atunes capturados, pertenecientes a supuestas poblaciones residentes de Isla de Pascua, podrían ser encontradas debido a diferencias en las dietas, en comparación a ejemplares capturados en otras zonas de pesca.



Lo anterior se sustenta en que el contenido de lípidos en filetes de especies grasas varía considerablemente (Huss, 1988), siendo esperable que se generen diferencias entre ejemplares que tienen dietas distintas y que además presentarían comportamiento migratorio diferente. Los atunes pertenecientes a poblaciones residentes de la Isla de Pascua tendrían un comportamiento de nado menor a los ejemplares oceánicos que realizan migraciones de mayor escala, lo cual tiene incidencia en la proporción de músculo magro y graso (Suyama et al., 1986), y en consecuencia también tendría incidencia en el sabor (Koriyamma et al., 2000). Por otro lado, existen otras variables que afectan la composición química, tales como variaciones estacionales, maduración sexual, ciclos alimenticios, entre otros (Suyama et al., 1986; Huss, 1988; Cáceda & Calcino, 2003; Nakamura et al., 2005).

Estas variaciones esperables en la composición de lípidos en poblaciones residentes y oceánicas de *T. albacares* podría generar diferencias en las características organolépticas, ya que existen diferencias de sabor entre el músculo graso y el músculo magro (Koriyama et al., 2000). Lo anterior se sustenta en evidencias que dan cuenta que la presencia de lípidos está relacionada con la textura, jugosidad y sabor de la carne, por lo que la composición y cantidad de lípidos en la carne es un criterio a considerar en la aceptación de las misma (García et al., 2008).

Además, la composición de proteínas y otros componentes nitrogenados (nitrógeno no proteico) presentes en el músculo de atún, también tienen implicancias en el sabor de la carne (Cáceda & Calcino, 2003).

La ocupación de diversos hábitat por parte de *T. albacares* tiene incidencia en la dieta de esta especie, determinando diversos estudios que si bien los ejemplares se adecúan a la disponibilidad de recursos disponibles en el medio (Alverson, 1963; Lehodey, 2004), el atún de aleta amarilla sería un depredador selectivo con un bajo índice de amplitud de nicho trófico (Perrin et al., 1974; Alatorre, 2007).

Los principales ítem presa del atún de aleta amarilla son cefalópodos, crustáceos, peces y moluscos. Considerando el alto grado de endemismo de Isla de Pascua (Gálvez, 2009; Poupin, 2008; Mietke et al., 2007; Froese & Sampang, 2004; Morato & Pauly, 2004; Stocks, 2004; Retamal, 2004; Glynn et al., 1996; Yáñez-Arancibia, 1974; CONAF, sf.), es esperable que las diferencias en las dietas sean significativas y en consecuencia también se encuentren diferencias en las características organolépticas.

Sumado a lo anterior, es esperable que los ejemplares provenientes de Isla de Pascua contengan una menor cantidad de mercurio en sus músculos, concentración que debiera estar muy por debajo de las concentraciones encontradas en ejemplares oceánicos, si efectivamente existen poblaciones residentes en la isla. Este aspecto daría a los ejemplares de la Isla de Pascua un atributo adicional a las características organolépticas, considerando el alto nivel de toxicidad de este elemento. En efecto, el ambiente marino del entorno de Isla de Pascua, es reconocido nacional e internacionalmente como un área del planeta que presenta una escasa intervención antrópica.

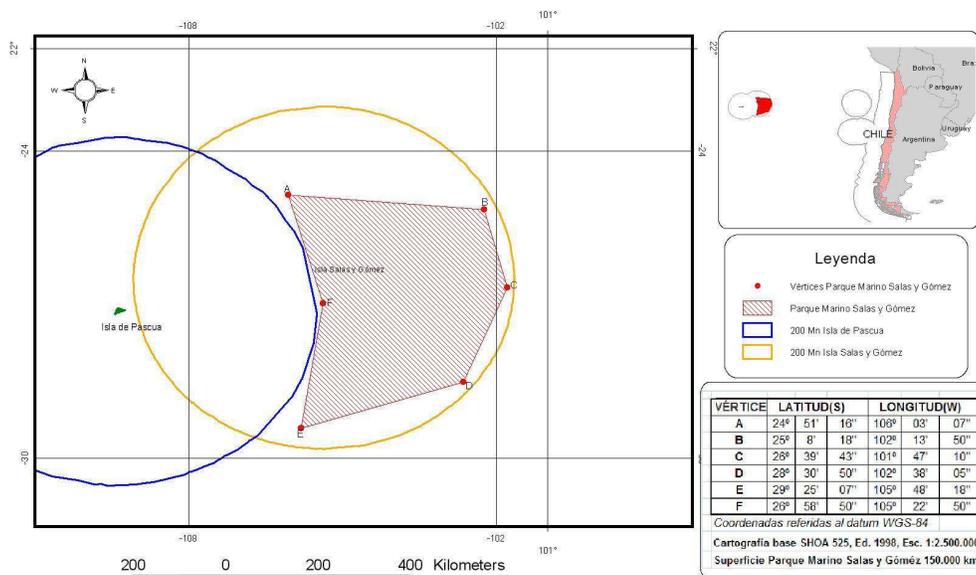
**RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 5.** Integrar toda la información recopilada con el propósito de identificar relaciones causales que expliquen las características distintivas del Atún de Aleta Amarilla presente en la Isla de Pascua y su origen geográfico.

Un primer antecedente que permite identificar a la Isla de Pascua como un área de características particulares, que constituye la base de cualquier intento de justificación de atributos diferenciadores de *Thunnus albacares* dados por características del sitio geográfico que ocupa esta supuesta población residente, son los reportados por Spalding et al. (2007), quienes definen a la Isla de Pascua como una Provincia y Ecoregión.

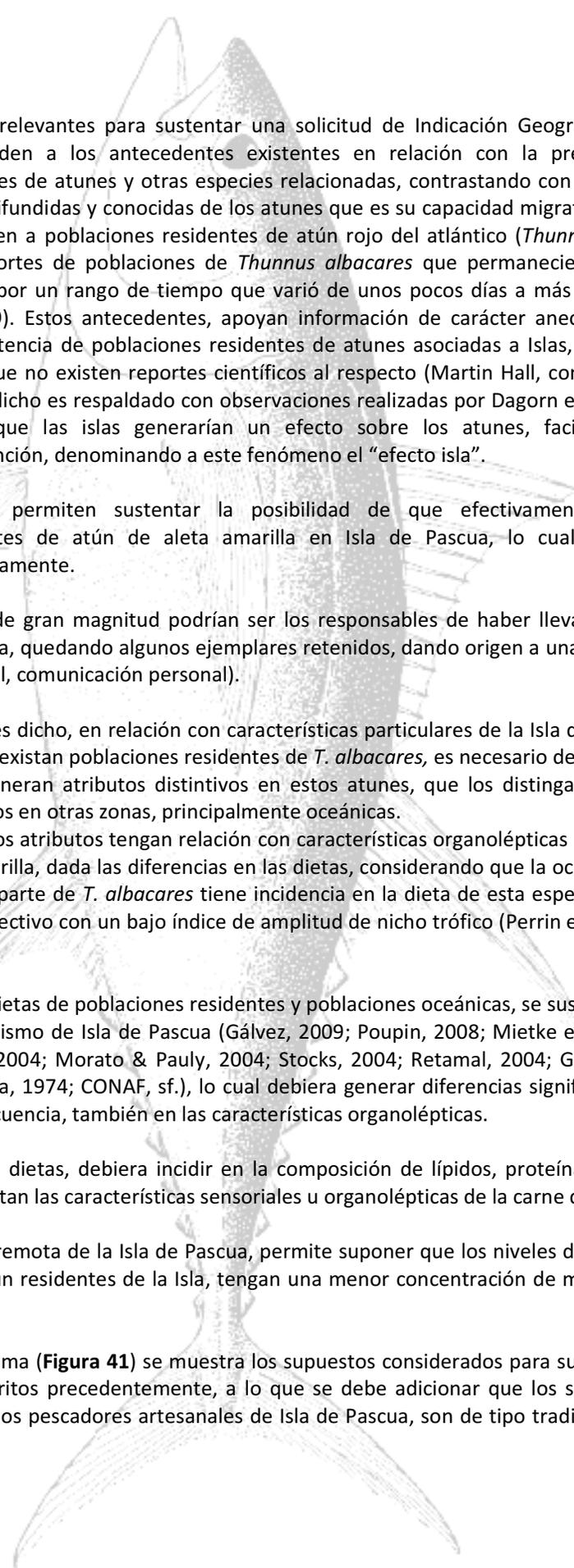
Spalding et al., (2007), definen una Provincia como un área definida por la presencia de distintas biotas que comparten aspectos a una escala de tiempo evolutivo. Las provincias exhiben un nivel de endemismo alto, principalmente a nivel de especies, y sus límites se definen por características geomorfológicas, hidrográficas y/o geoquímicas. Una Ecoregión es entendida como un área relativamente homogénea en la composición de especies y claramente diferente de sistemas adyacentes, cuyos forzantes biogeográficos dominantes que la definen son: aislación, surgencias, input de nutrientes, influjo de agua fresca, regímenes de temperatura, regímenes de hielo, exposición, sedimentos, corrientes y complejidad costera o batimétrica.

Lo anterior se refuerza por la presentación por parte de la Subsecretaría de Pesca, del informe técnico para decretar un Parque Marino en Salas y Gómez (Figura 40), que junto a la Isla de Pascua conforman un sistema único, reconocido por su baja intervención antrópica y su alta importancia para la biodiversidad (SUBPESCA, 2010).

**PARQUE MARINO SALAS Y GÓMEZ**



**Figura 40.** Area propuesta para implementar Parque Marino Salas y Gómez (SUBPESCA, 2010).



Otros antecedentes relevantes para sustentar una solicitud de Indicación Geográfica de *T. albacares* corresponden a los antecedentes existentes en relación con la presencia de poblaciones residentes de atunes y otras especies relacionadas, contrastando con una de las características más difundidas y conocidas de los atunes que es su capacidad migratoria. Estos reportes corresponden a poblaciones residentes de atún rojo del atlántico (*Thunnus thynnus*) (WWF, 2008); y reportes de poblaciones de *Thunnus albacares* que permanecieron en los montes submarinos por un rango de tiempo que varió de unos pocos días a más de un año (Holland et al., 1999). Estos antecedentes, apoyan información de carácter anecdótica (no publicada) de la existencia de poblaciones residentes de atunes asociadas a Islas, incluida la Isla de Pascua, aunque no existen reportes científicos al respecto (Martin Hall, comunicación personal). Lo antes dicho es respaldado con observaciones realizadas por Dagorn et al. (2007) quienes proponen que las islas generarían un efecto sobre los atunes, facilitando su concentración y retención, denominando a este fenómeno el “efecto isla”.

Estos antecedentes permiten sustentar la posibilidad de que efectivamente existan poblaciones residentes de atún de aleta amarilla en Isla de Pascua, lo cual debe ser comprobado científicamente.

Eventos de El Niño de gran magnitud podrían ser los responsables de haber llevado atunes hasta la Isla de Pascua, quedando algunos ejemplares retenidos, dando origen a una población residente (Martin Hall, comunicación personal).

Considerando lo antes dicho, en relación con características particulares de la Isla de Pascua y la posibilidad de que existan poblaciones residentes de *T. albacares*, es necesario determinar si estas condiciones generan atributos distintivos en estos atunes, que los distingan de otros ejemplares capturados en otras zonas, principalmente oceánicas.

Es esperable que estos atributos tengan relación con características organolépticas de la carne de atún de aleta amarilla, dada las diferencias en las dietas, considerando que la ocupación de diversos hábitat por parte de *T. albacares* tiene incidencia en la dieta de esta especie, ya que es un depredador selectivo con un bajo índice de amplitud de nicho trófico (Perrin et al., 1974; Alatorre, 2007).

La diferencia en las dietas de poblaciones residentes y poblaciones oceánicas, se sustenta en el alto grado de endemismo de Isla de Pascua (Gálvez, 2009; Poupin, 2008; Mietke et al., 2007; Froese & Sampang, 2004; Morato & Pauly, 2004; Stocks, 2004; Retamal, 2004; Glynn et al., 1996; Yáñez-Arancibia, 1974; CONAF, sf.), lo cual debiera generar diferencias significativas en las dietas y en consecuencia, también en las características organolépticas.

La variaciones en las dietas, debiera incidir en la composición de lípidos, proteínas y otros compuestos que afectan las características sensoriales u organolépticas de la carne de atún.

Además, la posición remota de la Isla de Pascua, permite suponer que los niveles de mercurio en ejemplares de atún residentes de la Isla, tengan una menor concentración de mercurio en sus músculos.

En el siguiente esquema (**Figura 41**) se muestra los supuestos considerados para sustentar los planteamientos descritos precedentemente, a lo que se debe adicionar que los sistemas de pesca ocupados por los pescadores artesanales de Isla de Pascua, son de tipo tradicional, con

un valor cultural relevante, y además con una capacidad extractiva menor, lo cual contribuye a un uso sustentable de este recurso.



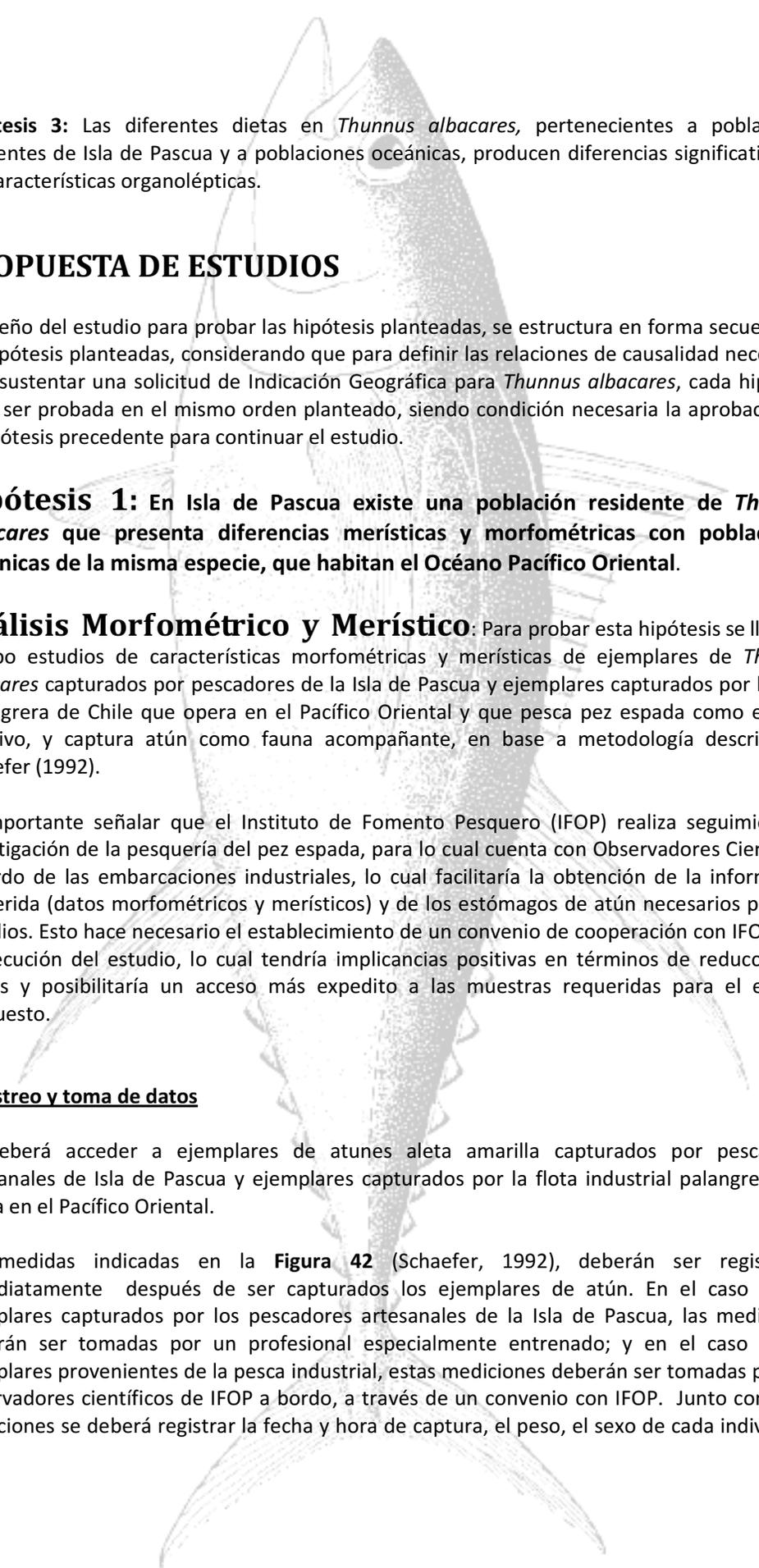
**Figura 41.** Esquema de relaciones de antecedentes que sustentan la posibilidad de la existencia de poblaciones residentes de *Thunnus albacares* en Isla de Pascua, y los efectos sobre sus características organolépticas y el menor riesgo para la salud humana.

Estas relaciones causales que se pueden esperar, a partir de los antecedentes disponibles, deben ser probadas científicamente, dado que no existe información específica de esta especie y el área geográfica aludida, por lo que se propone los estudios necesarios para probar las hipótesis planteadas a continuación en el estudio propuesto, que permitan generar la información necesaria para tramitar la Indicación Geográfica.

## Hipótesis para demostrar relaciones de causalidad:

**Hipótesis 1:** En Isla de Pascua existe una población residente de *Thunnus albacares* que presenta diferencias métricas y morfométricas con poblaciones oceánicas de la misma especie, que habitan el Océano Pacífico Oriental.

**Hipótesis 2:** La dieta de ejemplares de *Thunnus albacares* pertenecientes a poblaciones residentes de Isla de Pascua es distinta de los atunes de la misma especie que habitan zonas oceánicas en el Océano Pacífico Oriental.



**Hipótesis 3:** Las diferentes dietas en *Thunnus albacares*, pertenecientes a poblaciones residentes de Isla de Pascua y a poblaciones oceánicas, producen diferencias significativas en sus características organolépticas.

## PROPUESTA DE ESTUDIOS

El diseño del estudio para probar las hipótesis planteadas, se estructura en forma secuencial a las hipótesis planteadas, considerando que para definir las relaciones de causalidad necesarias para sustentar una solicitud de Indicación Geográfica para *Thunnus albacares*, cada hipótesis debe ser probada en el mismo orden planteado, siendo condición necesaria la aprobación de la hipótesis precedente para continuar el estudio.

**Hipótesis 1:** En Isla de Pascua existe una población residente de *Thunnus albacares* que presenta diferencias merísticas y morfométricas con poblaciones oceánicas de la misma especie, que habitan el Océano Pacífico Oriental.

**Análisis Morfométrico y Merístico:** Para probar esta hipótesis se llevarán a cabo estudios de características morfométricas y merísticas de ejemplares de *Thunnus albacares* capturados por pescadores de la Isla de Pascua y ejemplares capturados por la flota palangrera de Chile que opera en el Pacífico Oriental y que pesca pez espada como especie objetivo, y captura atún como fauna acompañante, en base a metodología descrita por Schaefer (1992).

Es importante señalar que el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) realiza seguimiento e investigación de la pesquería del pez espada, para lo cual cuenta con Observadores Científicos a bordo de las embarcaciones industriales, lo cual facilitaría la obtención de la información requerida (datos morfométricos y merísticos) y de los estómagos de atún necesarios para los estudios. Esto hace necesario el establecimiento de un convenio de cooperación con IFOP para la ejecución del estudio, lo cual tendría implicancias positivas en términos de reducción de costos y posibilitaría un acceso más expedito a las muestras requeridas para el estudio propuesto.

### Muestreo y toma de datos

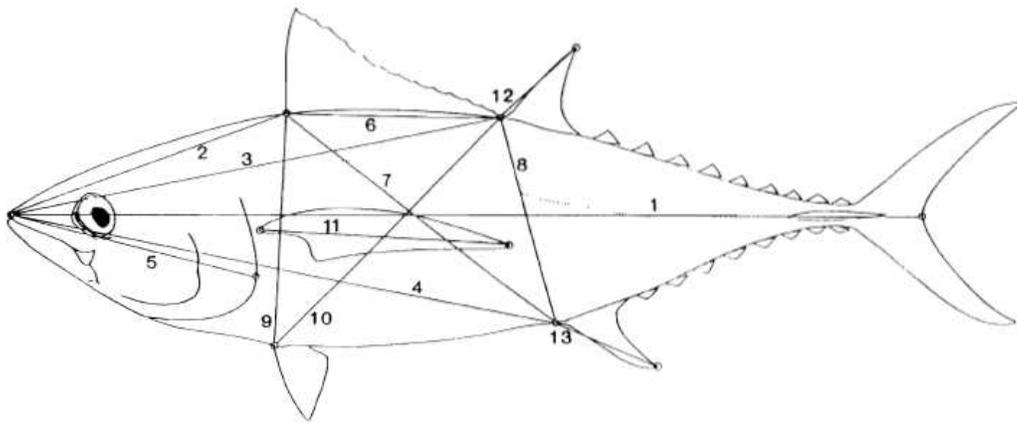
Se deberá acceder a ejemplares de atunes aleta amarilla capturados por pescadores artesanales de Isla de Pascua y ejemplares capturados por la flota industrial palangrera que opera en el Pacífico Oriental.

Las medidas indicadas en la **Figura 42** (Schaefer, 1992), deberán ser registradas inmediatamente después de ser capturados los ejemplares de atún. En el caso de los ejemplares capturados por los pescadores artesanales de la Isla de Pascua, las mediciones deberán ser tomadas por un profesional especialmente entrenado; y en el caso de los ejemplares provenientes de la pesca industrial, estas mediciones deberán ser tomadas por los observadores científicos de IFOP a bordo, a través de un convenio con IFOP. Junto con estas mediciones se deberá registrar la fecha y hora de captura, el peso, el sexo de cada individuo y

la posición donde fue capturado. La posición de captura deberá ser registrada con un GPS que entregue una medición con un error de no más de 5 m, debiendo utilizar el Datum WGS84.

A fin de examinar el efecto de errores de medición, se deberá repetir las 13 medidas morfométricas 30 veces en dos especímenes distintos. Las mediciones deberán ser tomadas idealmente por una misma persona.

Además, se deberá registrar para cada pez el número de branquiespinas en el primer arco branquial izquierdo (Collette & Nauen, 1983).



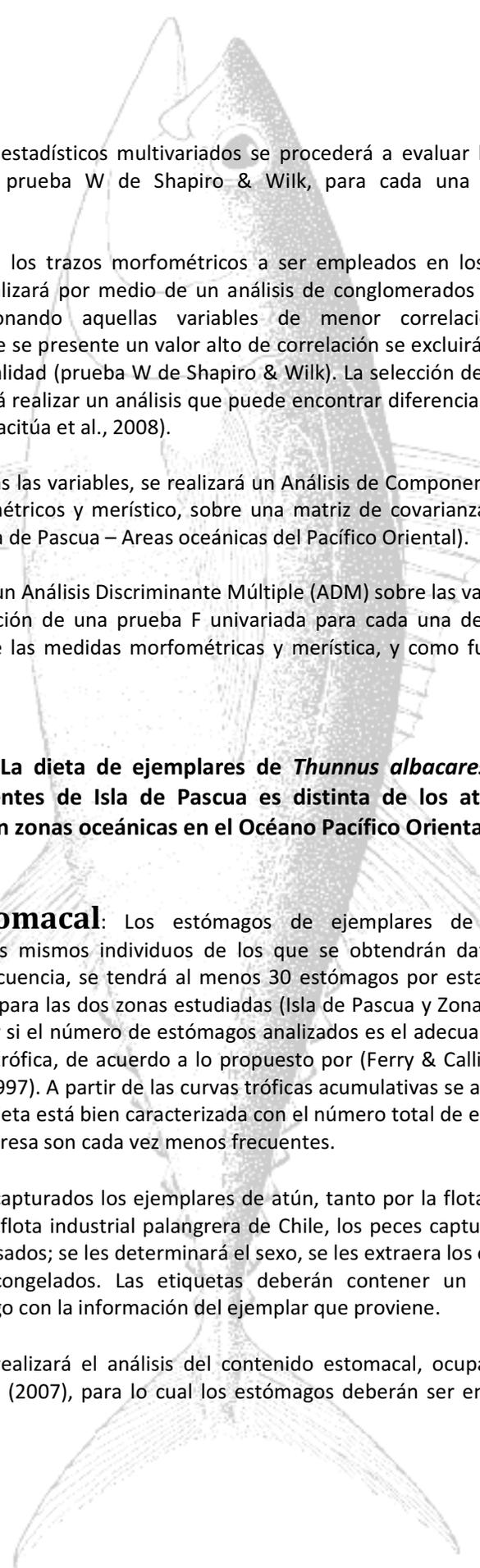
**Figura 42.** Características morfométricas medidas y siglas usadas. 1) TT: talla total; 2) HPD: hocico a la inserción de la primera aleta dorsal; 3) HSD: hocico a la inserción de la segunda aleta dorsal; 4) HAA: hocico a la inserción de la aleta anal; 5) TC: talla de la cabeza; 6) PDSD: inserción de la primera aleta dorsal a la inserción de la segunda aleta dorsal, FDS; 7) PDAA: inserción de la primera aleta dorsal a la inserción de la aleta anal; 8) SDAA: inserción de la segunda aleta dorsal a la inserción de la aleta anal; 9) PDAP: inserción de la primera aleta dorsal a la inserción de la aleta pélvica; 10) SDAP: inserción de la segunda aleta dorsal a la inserción de la aleta pélvica; 11) TAP: talla de la aleta pectoral; 12) TSD: talla de la segunda aleta dorsal; 13) TAA: talla de la aleta anal (Schaefer, 1992).

De cada sector (Isla de Pascua y zona Oceánica), se deberán considerar al menos 30 individuos por estación (verano, otoño, invierno, primavera), de los cuales se deberán registrar las medidas morfométricas y merísticas, y también se deberá obtener los estómagos para realizar el análisis estomacal.

### **Análisis estadístico**

Dado que las medidas morfométricas constituyen datos continuos, estos datos deberán ser transformados al logaritmo base 10 para evitar las correlaciones existentes entre las varianzas y medias de las mediciones (Sokal & Rohlf, 1979; Taucher, 1997).

Los caracteres merísticos, por su naturaleza discreta, serán transformados a la raíz cuadrada de la medida, más 0,5, debido a que la varianza y la media son iguales, por lo que no son independientes, sino que varían idénticamente (Sokal & Rohlf, 1979; Taucher, 1997).



Previo a los análisis estadísticos multivariados se procederá a evaluar la normalidad de los datos, utilizando la prueba W de Shapiro & Wilk, para cada una de las 13 variables morfométricas.

La determinación de los trazos morfométricos a ser empleados en los posteriores análisis multivariados, se realizará por medio de un análisis de conglomerados sobre una matriz de correlación, seleccionando aquellas variables de menor correlación, y en aquellas combinaciones donde se presente un valor alto de correlación se excluirá aquella variable que tuviera menor normalidad (prueba W de Shapiro & Wilk). La selección de una matriz reducida de variables permitirá realizar un análisis que puede encontrar diferencias significativas donde realmente existen (Gacitúa et al., 2008).

Una vez seleccionadas las variables, se realizará un Análisis de Componentes Principales (ACP) de los datos morfométricos y merístico, sobre una matriz de covarianza, para la separación entre localidades (Isla de Pascua – Areas oceánicas del Pacífico Oriental).

Además, se utilizará un Análisis Discriminante Múltiple (ADM) sobre las variables seleccionadas, y la posterior aplicación de una prueba F univariada para cada una de ellas, usando como variable dependiente las medidas morfométricas y merística, y como fuente de variación la localidad.

**Hipótesis 2:** La dieta de ejemplares de *Thunnus albacares* pertenecientes a poblaciones residentes de Isla de Pascua es distinta de los atunes de la misma especie que habitan zonas oceánicas en el Océano Pacífico Oriental.

**Análisis estomacal:** Los estómagos de ejemplares de *Thunnus albacares* corresponderán a los mismos individuos de los que se obtendrán datos morfométricos y merísticos. En consecuencia, se tendrá al menos 30 estómagos por estación (verano, otoño, invierno, primavera) para las dos zonas estudiadas (Isla de Pascua y Zona Oceánica). De todos modos, para verificar si el número de estómagos analizados es el adecuado, se construirá una curva de diversidad trófica, de acuerdo a lo propuesto por (Ferry & Calliet, 1996 en López et al., 2009) y Cortés (1997). A partir de las curvas tróficas acumulativas se asume que, cuando se logra la asíntota, la dieta está bien caracterizada con el número total de estómagos analizados, ya que nuevos ítem presa son cada vez menos frecuentes.

Al momento de ser capturados los ejemplares de atún, tanto por la flota artesanal de Isla de Pascua, como por la flota industrial palangrera de Chile, los peces capturados serán medidos (longitud furcal) y pesados; se les determinará el sexo, se les extraera los estómagos, debiendo ser etiquetados y congelados. Las etiquetas deberán contener un código que permita relacionar el estómago con la información del ejemplar que proviene.

Posteriormente, se realizará el análisis del contenido estomacal, ocupando la metodología descrita por Alatorre (2007), para lo cual los estómagos deberán ser enviados a equipos de

investigadores expertos (i.e. del Laboratorio de Ictiología del Museo de Historia Natural de Chile, o al Laboratorio de Ictiología de la Universidad Católica del Norte).

Los resultados obtenidos serán analizados estadísticamente, con el propósito de evaluar si existen diferencias significativas en la composición del contenido estomacal y/o en la proporción de ítems presa.

Considerando las diferencias reportadas en términos de las especies que habitan estas áreas geográficas, con un porcentaje de endemismo alto, es posible esperar obtener diferencias significativas en la composición de las dietas.

Este análisis tiene la complejidad de identificar los ítems presa contenidos en los estómagos de atunes, lo cual requiere de investigadores con una alta especialización y acabado conocimiento en los ítems presa que conforman la dieta escómbridos, lo que implicará recurrir a expertos del Museo de Historia Natural o de la Universidad Católica del Norte, u otros especialistas de Universidades nacionales.

Los métodos que serán ocupados para analizar los distintos componentes alimentarios serán los siguientes, en base a lo propuesto por Hyslop (1980) y Alatorre (2007):

**Método Numérico (N).** Se basa en la suma de los números de cada grupo presa registrados en los estómagos analizados, los cuáles serán expresados como porcentaje del total de presas.

$$N = \frac{n}{NT} * 100$$

Donde:

n= Sumatoria del número de cada uno de los grupos presa.

NT= Sumatoria del número de todos los componentes alimenticios

**Método Gravimétrico (G).** A partir de este método se obtendrá el peso húmedo de cada presa en la totalidad de los estómagos. Con esta información se calculará la proporción del peso total de cada presa con respecto al peso total de alimento, la que se expresará en porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$G = \frac{p}{PT} * 100$$

Donde:

p= Peso (g) de un determinado tipo de presa.

PT= Peso (g) de la totalidad de especies presa.

**Índice de Frecuencia de Aparición (FA).** Este índice refleja la frecuencia con la que se encuentra una determinada especie presa expresada como un porcentaje de la totalidad de estómagos con alimento.

$$FA = \frac{n}{NE} * 100$$

Donde:

n= Número de estómagos que tienen el mismo componente alimenticio.

NE= Número total de estómagos con alimento.

**Índice de Importancia Relativa (IIR).** El Índice de Importancia Relativa (IIR), modificado por Stevens et al. (1982 en Alatorre, 2007), en donde se utiliza el peso estimado en lugar del volumen de alimento empleado por Pinkas et al. (1971 en Alatorre, 2007), por medio de la siguiente fórmula:

$$IIR = (N + G) * FA$$

Donde:

G= Porcentaje de peso

N= Porcentaje del número de organismos

FA= Porcentaje de frecuencia de aparición

Este método es utilizado con la finalidad de aportar un resultado que equilibre los resultados obtenidos por los otros métodos, los cuales por separado subestiman o sobrestiman a ciertas presas; mientras que el IIR incorpora todas las medidas, estimando y dando importancia general a cada presa en particular (Hyslop, 1980).

Además, se calculará la amplitud del nicho trófico para determinar si los ejemplares de atunes de ambas localidades, presentan una especialización sobre los recursos alimenticios existentes, para lo cual se utilizará el índice estandarizado de Levin (Krebs, 1999):

$$B_i = \frac{1}{n - 1 \left\{ \left( \frac{1}{\sum P_{ij}^2} \right) - 1 \right\}}$$

Donde:

B<sub>i</sub> = Amplitud del nicho trófico

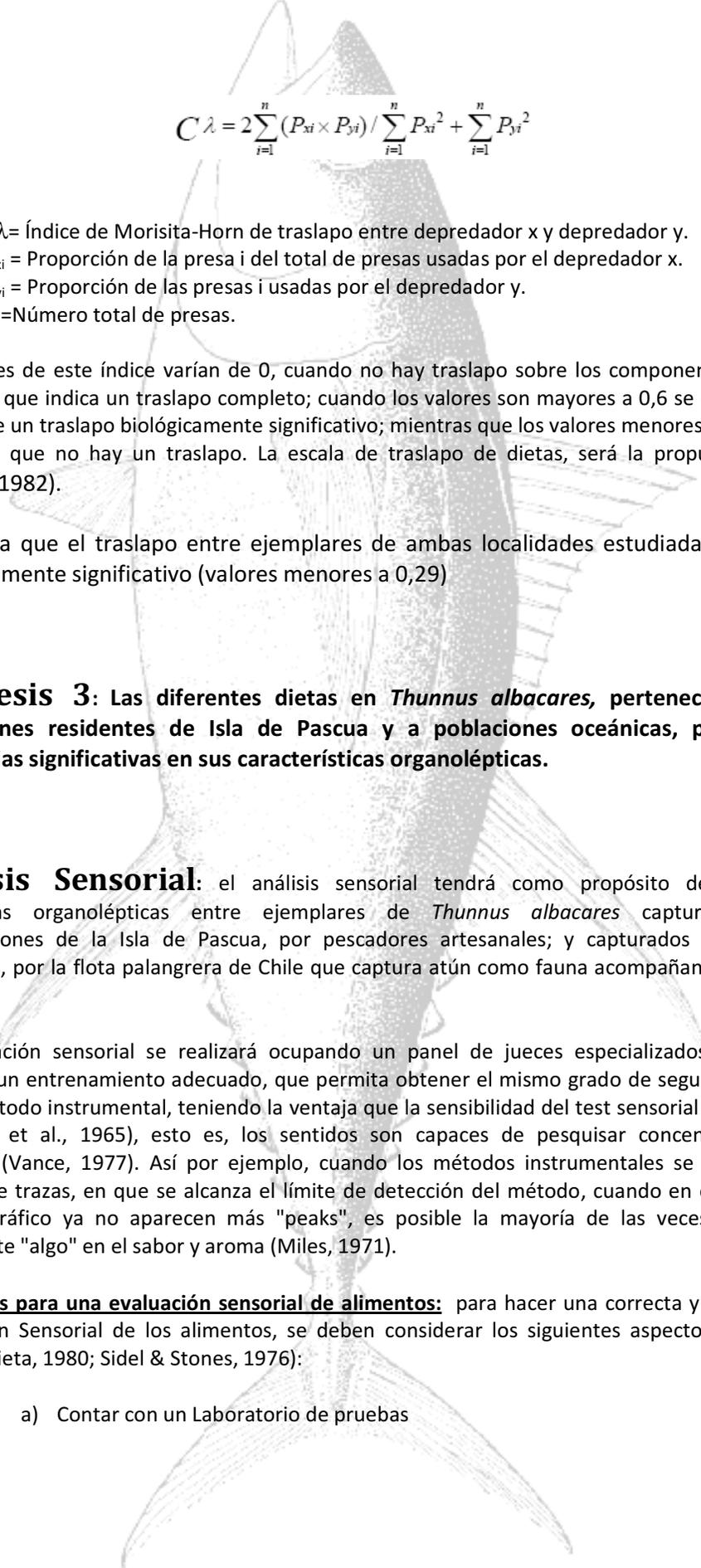
ΣP<sub>ij</sub> = Proporción de la dieta del depredador i que utiliza la presa j

n= Número total de especies presa

Este índice tiene valores que van de 0 a 1, cuando los valores son cercanos a 0 (<0,6) se considera que el depredador es más selectivo sobre ciertos grupos presa; mientras que los valores se aproximan a 1 (>0,6), se considera que el depredador es más generalista sobre los recursos alimenticios.

El número de especies presa disponible en ambas localidades estudiadas, se obtendrá en base a información bibliográfica disponible.

Por otro lado, se determinará el traslapo trófico entre los ejemplares estudiados de ambas localidades en estudio (Isla de Pascua – Zona oceánica del Pacífico Oriental), con el fin de determinar la probable existencia de un traslapo en el espectro trófico entre localidades, para lo cual se utilizará el índice de Morisita-Horn (Krebs, 1999; Alatorre, 2007), según la siguiente expresión:


$$C\lambda = 2 \sum_{i=1}^n (P_{xi} \times P_{yi}) / \sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2$$

Donde:

- Cλ= Índice de Morisita-Horn de traslapo entre depredador x y depredador y.
- P<sub>xi</sub> = Proporción de la presa i del total de presas usadas por el depredador x.
- P<sub>yi</sub> = Proporción de las presas i usadas por el depredador y.
- n = Número total de presas.

Los valores de este índice varían de 0, cuando no hay traslapo sobre los componentes de la dieta, a 1 que indica un traslapo completo; cuando los valores son mayores a 0,6 se considera que existe un traslapo biológicamente significativo; mientras que los valores menores a 0,29 se considera que no hay un traslapo. La escala de traslapo de dietas, será la propuesta por Langton (1982).

Se espera que el traslapo entre ejemplares de ambas localidades estudiadas no sea biológicamente significativo (valores menores a 0,29)

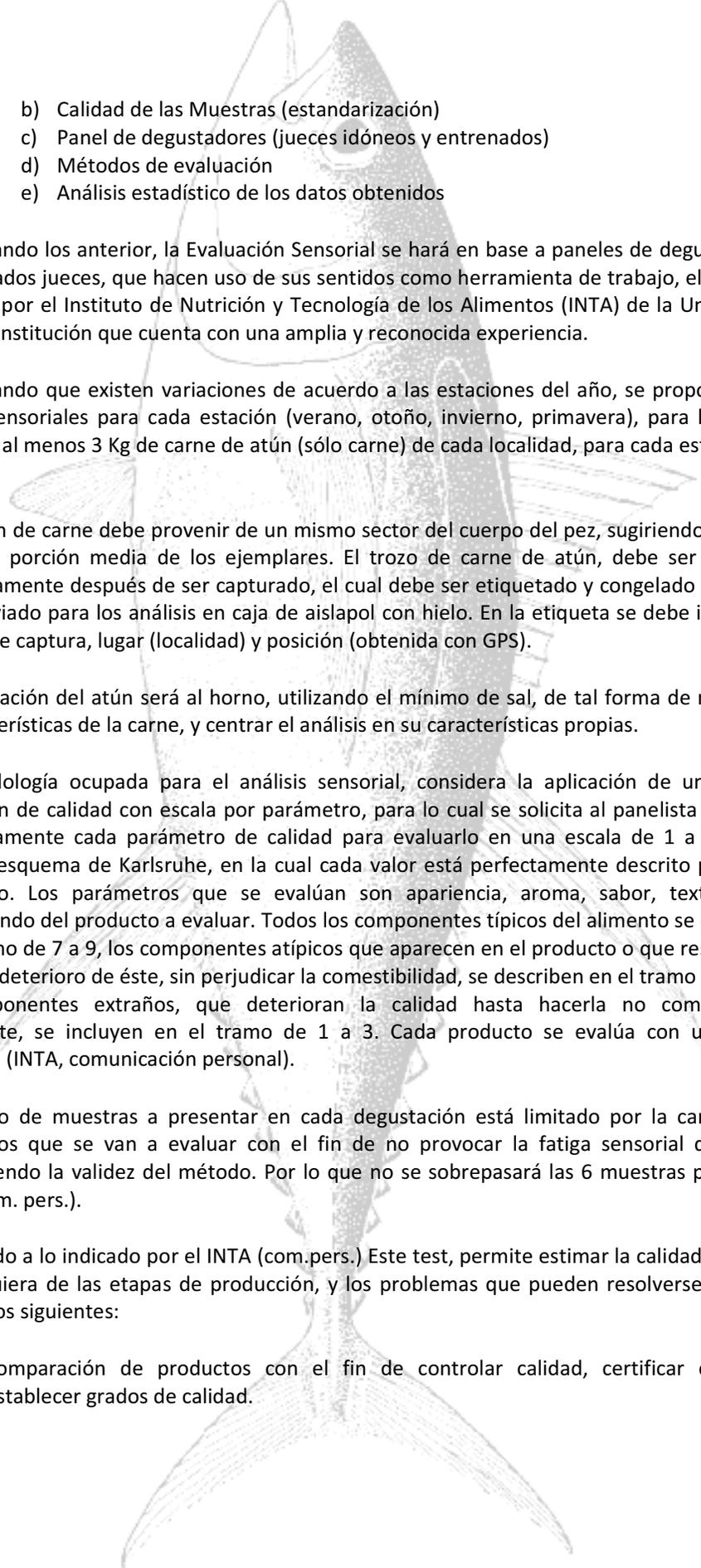
**Hipótesis 3:** Las diferentes dietas en *Thunnus albacares*, pertenecientes a poblaciones residentes de Isla de Pascua y a poblaciones oceánicas, producen diferencias significativas en sus características organolépticas.

**Análisis Sensorial:** el análisis sensorial tendrá como propósito determinar diferencias organolépticas entre ejemplares de *Thunnus albacares* capturados en inmediaciones de la Isla de Pascua, por pescadores artesanales; y capturados en zonas oceánicas, por la flota palangrera de Chile que captura atún como fauna acompañante de pez espada.

La evaluación sensorial se realizará ocupando un panel de jueces especializados, lo cual requiere un entrenamiento adecuado, que permita obtener el mismo grado de seguridad que en un método instrumental, teniendo la ventaja que la sensibilidad del test sensorial es mayor (Amerine et al., 1965), esto es, los sentidos son capaces de pesquisar concentraciones menores (Vance, 1977). Así por ejemplo, cuando los métodos instrumentales se aplican a análisis de trazas, en que se alcanza el límite de detección del método, cuando en el análisis cromatográfico ya no aparecen más "peaks", es posible la mayoría de las veces percibir claramente "algo" en el sabor y aroma (Miles, 1971).

**Requisitos para una evaluación sensorial de alimentos:** para hacer una correcta y científica Evaluación Sensorial de los alimentos, se deben considerar los siguientes aspectos (Wittig, 2001; Arrieta, 1980; Sidel & Stones, 1976):

- a) Contar con un Laboratorio de pruebas

- 
- b) Calidad de las Muestras (estandarización)
  - c) Panel de degustadores (jueces idóneos y entrenados)
  - d) Métodos de evaluación
  - e) Análisis estadístico de los datos obtenidos

Considerando lo anterior, la Evaluación Sensorial se hará en base a paneles de degustadores, denominados jueces, que hacen uso de sus sentidos como herramienta de trabajo, el cual será realizado por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile, institución que cuenta con una amplia y reconocida experiencia.

Considerando que existen variaciones de acuerdo a las estaciones del año, se propone hacer análisis sensoriales para cada estación (verano, otoño, invierno, primavera), para lo cual se requerirá al menos 3 Kg de carne de atún (sólo carne) de cada localidad, para cada estación del año.

La porción de carne debe provenir de un mismo sector del cuerpo del pez, sugiriendo que éste sea de la porción media de los ejemplares. El trozo de carne de atún, debe ser obtenido inmediatamente después de ser capturado, el cual debe ser etiquetado y congelado a  $-18^{\circ}\text{C}$ , y luego enviado para los análisis en caja de aislapol con hielo. En la etiqueta se debe identificar la fecha de captura, lugar (localidad) y posición (obtenida con GPS).

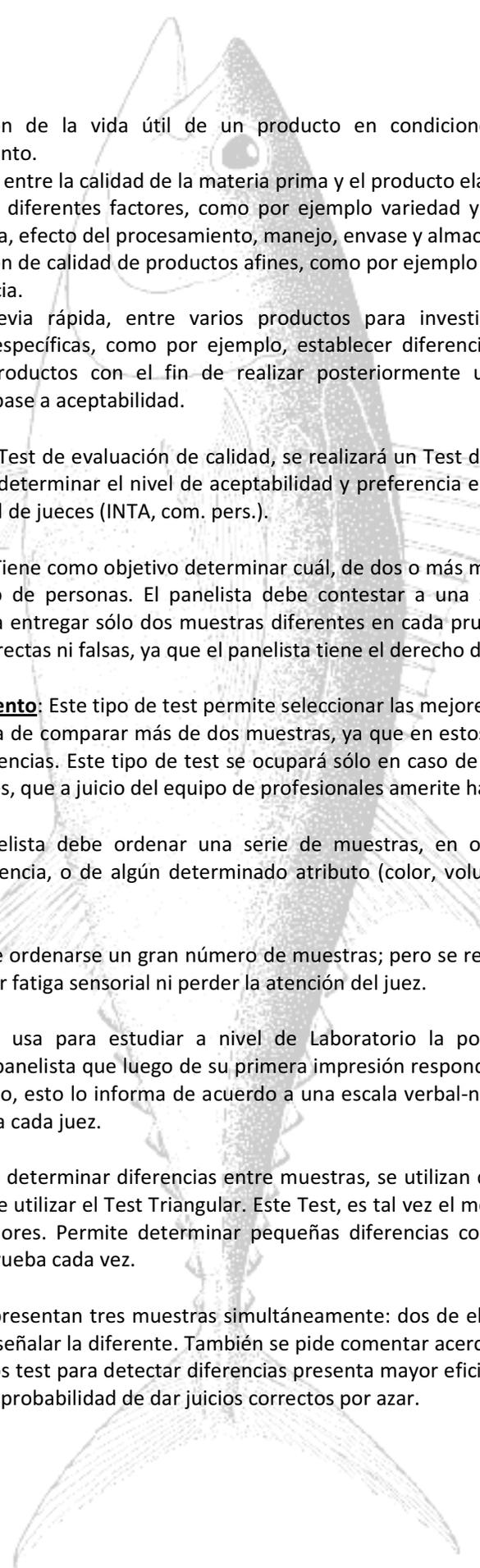
La preparación del atún será al horno, utilizando el mínimo de sal, de tal forma de no alterar las características de la carne, y centrar el análisis en su características propias.

La metodología ocupada para el análisis sensorial, considera la aplicación de un Test de evaluación de calidad con escala por parámetro, para lo cual se solicita al panelista examinar minuciosamente cada parámetro de calidad para evaluarlo en una escala de 1 a 9 puntos según el esquema de Karlsruhe, en la cual cada valor está perfectamente descrito para cada parámetro. Los parámetros que se evalúan son apariencia, aroma, sabor, textura, etc. Dependiendo del producto a evaluar. Todos los componentes típicos del alimento se describen en el tramo de 7 a 9, los componentes atípicos que aparecen en el producto o que resultan del inicio del deterioro de éste, sin perjudicar la comestibilidad, se describen en el tramo de 4 a 6 y los componentes extraños, que deterioran la calidad hasta hacerla no comestible o repugnante, se incluyen en el tramo de 1 a 3. Cada producto se evalúa con una pauta específica (INTA, comunicación personal).

El número de muestras a presentar en cada degustación está limitado por la cantidad de parámetros que se van a evaluar con el fin de no provocar la fatiga sensorial del panel, disminuyendo la validez del método. Por lo que no se sobrepasará las 6 muestras por sesión (INTA, com. pers.).

De acuerdo a lo indicado por el INTA (com.pers.) Este test, permite estimar la calidad sensorial en cualquiera de las etapas de producción, y los problemas que pueden resolverse con este test son los siguientes:

- a) Comparación de productos con el fin de controlar calidad, certificar calidad o establecer grados de calidad.

- 
- b) Determinación de la vida útil de un producto en condiciones determinadas de almacenamiento.
  - c) Comparación entre la calidad de la materia prima y el producto elaborado evaluando la influencia de diferentes factores, como por ejemplo variedad y características de la materia prima, efecto del procesamiento, manejo, envase y almacenamiento.
  - d) Determinación de calidad de productos afines, como por ejemplo analizar la calidad de la competencia.
  - e) Selección previa rápida, entre varios productos para investigaciones sensoriales posteriores específicas, como por ejemplo, establecer diferencias de un parámetro entre dos productos con el fin de realizar posteriormente una investigación de mercado en base a aceptabilidad.

Una vez realizado el Test de evaluación de calidad, se realizará un Test de Preferencia, el cual tiene como objetivo determinar el nivel de aceptabilidad y preferencia entre varias muestras, por parte de un panel de jueces (INTA, com. pers.).

**Preferencia simple:** Tiene como objetivo determinar cuál, de dos o más muestras, es preferida por un gran número de personas. El panelista debe contestar a una sola pregunta: ¿Cuál prefiere? Se aconseja entregar sólo dos muestras diferentes en cada prueba. En este caso no habrá respuestas correctas ni falsas, ya que el panelista tiene el derecho de preferir una u otra.

**Ranking u ordenamiento:** Este tipo de test permite seleccionar las mejores muestras. Son muy útiles cuando se trata de comparar más de dos muestras, ya que en estos casos no se pueden usar los test de diferencias. Este tipo de test se ocupará sólo en caso de contar con muestras de orígenes diferentes, que a juicio del equipo de profesionales amerite hacerlo.

En este test el panelista debe ordenar una serie de muestras, en orden ascendente de aceptabilidad, preferencia, o de algún determinado atributo (color, volumen, textura, sabor, etc.) del alimento.

En cada sesión puede ordenarse un gran número de muestras; pero se recomienda no más de 6 u 8 para no producir fatiga sensorial ni perder la atención del juez.

**Escala hedónica:** Se usa para estudiar a nivel de Laboratorio la posible aceptación del alimento. Se pide al panelista que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que va en la ficha que se entrega a cada juez.

**Test Triangular:** para determinar diferencias entre muestras, se utilizan diversos test. En esta propuesta se propone utilizar el Test Triangular. Este Test, es tal vez el método más usado por paneles de degustadores. Permite determinar pequeñas diferencias con eficacia, ya que la muestra control se prueba cada vez.

Al degustador se le presentan tres muestras simultáneamente: dos de ellas son iguales y una diferente. Se le pide señalar la diferente. También se pide comentar acerca de la naturaleza de la diferencia. Entre los test para detectar diferencias presenta mayor eficiencia estadística ( $p = 1/3$ ), es decir, menor probabilidad de dar juicios correctos por azar.

Cuando no se detecta diferencia estadísticamente significativa entre las muestras, no se necesita seguir evaluando. Cuando por el contrario se detectan diferencias significativas, se puede continuar evaluando con métodos cuantitativos, con el fin de cuantificar la magnitud de la diferencia, o con un test analítico para establecer la naturaleza de la diferencia.

**Análisis proximal y perfil de ácidos grasos:** a partir de las muestras de carne de atún obtenidas estacionalmente desde las capturas de los pescadores artesanales de Isla de Pascua y de la flota palangrera de Chile, se realizarán análisis proximal y perfil de ácidos grasos de las muestras.

El análisis proximal incluye estimación de humedad, proteínas, lípidos, cenizas, extracto no nitrogenado, hidratos de carbono, fibra cruda y calorías; y el perfil de ácidos grasos, permitirá distinguir entre diferentes tipos de lípidos presentes en las muestras.

## Costo del estudio

El costo estimado del estudio asciende a \$52.809.480, de acuerdo a detalle presentado en el siguiente cuadro. En este presupuesto se incluye la langosta de Isla de Pascua (*Panulirus pascuensis*), cuyos costos se presentan por separado.

| Item                        | Unidad     | Costo unitario | Cantidad | Total             |
|-----------------------------|------------|----------------|----------|-------------------|
| <b>Análisis</b>             |            |                |          |                   |
| Análisis estomacal atún     | \$/muestra | 39.000         | 240      | 9.360.000         |
| Análisis estomacal langosta | \$/muestra | 39.000         | 60       | 2.340.000         |
| Análisis sensorial atún     | \$/muestra | 160.000        | 24       | 3.840.000         |
| Análisis sensorial langosta | \$/muestra | 160.000        | 6        | 960.000           |
| Análisis proximal atún      | \$/muestra | 445.000        | 24       | 10.680.000        |
| Análisis proximal langosta  | \$/muestra | 445.000        | 6        | 2.670.000         |
| Perfil lipídico atún        | \$/muestra | 180.000        | 24       | 4.320.000         |
| <b>Operación</b>            |            |                |          |                   |
| Compra muestras             | \$         | 864.000        | 1        | 864.000           |
| Envío muestras              | \$         | 640.000        | 1        | 640.000           |
| Insumos                     | \$         | 720.000        | 1        | 720.000           |
| Pasajes y viáticos          | \$         | 4.800.000      | 1        | 4.800.000         |
| Imprevistos                 | \$         | 500.000        | 1        | 500.000           |
| <b>Personal</b>             |            |                |          |                   |
| Honorarios profesionales    | \$/HP      | 16.000         | 480      | 7.680.000         |
| Honorarios técnicos         | \$/HP      | 5.000          | 480      | 2.400.000         |
| <b>Administración</b>       |            |                |          |                   |
| Gastos de administración    | \$         | 1.035.480      | 1        | 1.035.480         |
| <b>TOTAL</b>                |            |                |          | <b>52.809.480</b> |

## Cronograma de trabajo

El cronograma de trabajo considera un año de trabajo, dadas las diferencias estacionales que están reportadas para el atún. Los estudios relacionados con la langosta de Isla de Pascua, se realizan en un período estimado de 3 meses.

| Actividad                         | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Obtención de muestras             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Análisis morfométrico y merístico |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Análisis estomacal atún           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Análisis estomacal langosta       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Análisis sensorial atún           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Análisis sensorial langosta       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Análisis proximal atún            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Análisis proximal langosta        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Perfil lipídico atún              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Informes                          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

## CONCLUSIONES

La Isla de Pascua posee características dadas por su ubicación en el planeta, que determinan que haya sido denominada una ecoregión y provincia particular, dados sus atributos geomorfológicos, faunísticos, oceanográficos y de aislamiento.

Existe evidencia de poblaciones residentes de *T. albacares* y otras especies, que sustentan la posibilidad de la existencia de poblaciones residentes de *T. albacares* en la Isla de Pascua. Además, entre los expertos no existe consenso sobre procesos migratorios de gran escala en atunes.

Eventos del Niño de gran magnitud, podrían haber llevado atunes hasta la Isla de Pascua, quedando algunos ejemplares retenidos, dando origen a una población residente, el cual se refuerza por evidencia del efecto isla, que generan estas formaciones geológicas, en la concentración y retención de atunes.

El alto endemismo presente en la Isla de Pascua, que supera el 40%, permite suponer que ejemplares de atún de aleta amarilla, que permanecen en las inmediaciones de la Isla de Pascua, presentarán diferencias significativas en la dieta, en comparación con atunes de poblaciones oceánicas.

Diferencias en hábitos migratorios, entre ejemplares de poblaciones residentes y ejemplares de zonas oceánicas, es posible que generen variaciones en la proporción de músculo claro y oscuro, y en consecuencia en la proporción de grasas, lo cual sumado a la diferente dieta, podría afectar las características organolépticas del atún de poblaciones residentes.

Ejemplares de atún de aleta amarilla, capturados en lugares remotos, como Isla de Pascua, se esperaría que tuvieran una concentración menor de mercurio.

Las artes de pesca tienen incidencia en los efectos sobre el ecosistema y los recursos explotados, por lo que el uso de métodos de pesca tradicional como los utilizados por los pescadores de Isla de Pascua para extraer el atún, son garantía de un manejo sustentable de la pesquería, que se debe mantener y resguardar, no sólo por lo antes señalado, sino también por el valor cultural de dichas prácticas.

## LITERATURA CITADA

- Ahlstrom, E.H. 1971. Kinds and abundance of fish larvae in the eastern tropical Pacific, based on collections made on EASTROPAC I. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull. 69: 3-77
- Ahlstrom, E.H. 1972. Kinds and abundance of fish larvae in the eastern tropical Pacific on the second multivessel EASTROPAC survey, and observations on the annual cycle of larval abundance. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull. 70: 1153-1242
- Ahumada, 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de bahía San Vicente, Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 29(1): 77-87
- Alatorre, V. 2007. Hábitos alimenticios del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y barrilete *Katsuwonus pelamis* en cardúmenes mixtos del Océano Pacífico Oriental Tropical. Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas – CICIMAR IPN
- Alverson, F. 1963. The food of yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull. 7: 293-396.
- Alverson, F., 1963. The food of yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific Ocean. (El alimento del atún aleta amarilla y del barrilete en el Océano Pacífico oriental tropical). Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull., 7 (5): 295-396
- Amerine, M.A., R.M. Pangborn & E.B. Roessler. 1965. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press. New York
- Argandoña, W. & J. Moraga, 2000. Dinámica de las aguas costeras de isla de Pascua, una aproximación. En: Resultados Crucero Cimar 5, Islas Oceánicas (13 de octubre al 12 de noviembre de 1999). CONA (Ed). 50-55.
- Argue, A. & R. Kearney. 1982. An Assessment of the Skipjack and Baitfish Resources of Pitcairn Islands. South Pacific Commission Noumea, New Caledonia. Skipjack Survey and Assessment Programme Final Country Report No. 4, 39 pp.
- Arrieta, E. 1980. Uso de Polifosfatos en Filetes de Merluza (*Merluccius gayi gayi*) refrigerados y congelados. Tesis de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacológicas, Universidad de Chile.
- Ashraf, W. 2006. Levels of selected heavy metals in tuna fish. The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 31(1A): 89 - 92
- Bahamonde, R., Santilan, L. & Carvajal, V. 1993. Pesca exploratoria de atunes en Isla de Pascua. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, 183 pp.
- Bayliff, W., Leiva Moreno, J., Majkowski, J. (eds.). 2005. Second Meeting of the Technical Advisory Committee of the FAO Project "Management of Tuna Fishing Capacity: Conservation and Socio-economics". Madrid, Spain, 15–18 March 2004. FAO Fisheries Proceedings. No. 2. Rome, FAO. 336p.
- Beardsley, G. 1969. Distribution and apparent relative abundance of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern tropical Atlantic in relation to oceanographic features. Bull. Mar. Sci. 19:48-56
- Beardsley, G. 1969. Proposed migrations of albacore, *Thunnus alalunga*, in the Atlantic Ocean. Transactions of the American Fisheries Society, 98: 589-598
- Besada, V., J. González & F. Schultze. 2006. Concentraciones de mercurio, cadmio, plomo, arsénico, cobre y zinc en atún blanco, rabil y patudo procedentes del Océano

- Atlántico. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México. Ciencias Marinas, julio, vol. 32, número 02B. pp. 439-445
- Blackburn, M. 1965. Oceanography and the ecology of tunas. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann Rev.* 3: 299-322
- Blackburn, M., 1969. Condition related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. *Fish. Bull.* 68: 147-176.
- Boehlert, G.W., and B.C. Mundy. 1994. Vertical and onshore-offshore distributional patterns of tuna larvae in relation to physical habitat features. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 107: 1-13
- Boush, G. & J. Thieleke. 1983. Total mercury content in yellowfin and bigeye tuna. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 30: 291-297
- Boyce, D. 2006. Effects of water temperature on the global distribution of tuna and billfish. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Honour Bachelor of Science of Biology. Dalhousie University. Halifax, New Scotia.
- Briggs, J. C. 1974. *Marine Zoogeography*. Mac Graw Hill, New York.
- Brill, R., K. Bigelow, M. Musyl, K. Fritsches & E. Warrant. 2005. Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) behavior and physiology and their relevance to stock assessments and fishery biology. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 57(2): 142-161
- Bruyn, P., V. Restrepo & G. Scott. 2009. A preliminary investigation of the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) population in the Atlantic Ocean using the integrated stock assessment model Multifin-CL. *Collect. Vol. sci. Pap. ICCAT*, 64(4): 1241-1271
- Cáceda, C. & R. Calcino. 2003. Evaluación de la frescura de *Scomber japonicus* caballa en hielo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna – Perú. 60 pp.
- Campbell, H. & R. Nicholl. 1994. Can purse seiners target Yellowfin Tuna? *Land Economics*, 70(3): 345 – 353
- Carocci, F. & Majkowski, J. 2003. Atlas of tuna and billfish catches. Statistical Collections. FIGIS Data Collection. Disponible en: <http://www.fao.org/80/figis/servlet/static?dom=collection&xml=tunabillfishatlas.xml>
- Castilla, C. & N. Rozbaczylo. 1987. Invertebrados marinos en Isla de Pascua. En: *Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento científico y necesidades de investigaciones*. Castilla, J (Ed): 191-215.
- Castro, L. & M. Landaeta. 2000. Patrones de distribución y acumulación larval en torno a islas oceánicas: Isla de Pascua y Salas y Gómez. En: *Resultados Crucero Cimar 5, Islas Oceánicas (13 de octubre al 12 de noviembre de 1999)*. CONA (Ed): 89-94
- Cayré, et al., 1991. Comportamiento de Atún Aleta Amarilla (*Thunnus albacares*) y Barrilete (*Katsuwonus pelamis*) usando marcaje. Centro de Investigación Pesquera. Informe FAO.
- CCC, 2003. Consumo de carne de cetáceos contaminados y riesgos asociados a la salud humana. Centro de Conservación Cetácea. 10 pp.
- Chamorro, J. 2003. Elaboración de productos pesqueros en el Archipiélago de Juan Fernández. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 177 pp.
- Chuecas, L. 1989. Contaminación por metales pesados en el litoral de la Región de Bío-Bío, Concepción, Chile: El ciclo del mercurio y el cadmio. *Amb. y Des.*, Vol. V - N° 1: 137-145
- Clark, M. & Rowden, A. 2004. CenSeam: a global census of marine life on seamounts. A proposal for a ne CoML field project.
- Collette, B.B., and C.E. Nauen. 1983. *FAO species catalogue*. Vol. 2. *Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos, and related species known to date*. *FAO Fish. Synop.* 125, Vol. 2: 137 pp.

- CONAF. (s.f.). Plan de Manejo Parque Nacional Rapa Nui. Disponible en: <http://www.conaf.cl/pargues/seccion-planos-de-manejo.html>
- Cortés, 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
- Cortés N, C Oyarzún & R Galleguillos. 1996. Diferenciación poblacional en sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936). II: Análisis multivariado de la morfometría y merística. *Revista de Biología Marina* 31(2): 91-105
- Dagorn, L., K. Holland & D. Itano. 2007. Behavior of yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (*T. obesus*) tuna in a network of fish aggregating devices (FADs). *Mar Biol.*, 151: 595-606
- Davidoff, E. 1963. Size and year class composition of catch, age and growth of Yellowfin Tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean, 1951-1961. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull.* 8(4): 200-251
- Davis, T., V. Lyne, and G. Jenkins. 1991. Advection, dispersion and mortality of a patch of southern bluefin tuna larvae *Thunnus maccoyii* in the East Indian Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 73: 33-45
- De Anda-Montañez, J., A. Amador, S. Martínez & A. Muhlia. 2004. Spatial analysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) catch rate and its relation to El Niño and La Niña events in the eastern tropical Pacific. *Deep Sea Research. Part II. Topical Studies in Oceanography*, Vol. 51, No. 6-9, pp 575-586
- De Forest, L. & J. Drazen. 2008. The influence of a Hawaiian seamount on mesopelagic micronekton. *Deep-Sea Research, Part I*, vol 56, pp. 232-250
- Díaz, O., F. Encina, E. Recabarren, S. Del Valle, R. Pastene, S. Montes & A. Figueroa. 2008. Study on arsenic, mercury, lead and phenanthrene concentration in surf clam (*Mesodesma donacium*). Food and toxicological Implications. *Revista Chilena de Nutrición*. Vol. 35(1): 53-60
- Disalvo, L., J. Randall & A. Cea. 1988. Ecological Reconnaissance of the Easter Island Sublittoral Marine Environment. *National Geographic Research* 4 (4): 451-473
- Domingo, A., M. Ríos & M. Pons. 2008. Spatial and Temporal Distribution, Length Composition and Environmental Relations of the Yellowfin Tuna (*Thunnus Albacares*) in the South West Atlantic. *Recursos Pelágicos, Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA)*. Constituyente 1497, CP 11200, Montevideo, Uruguay.
- Donoso, M. 2000. Proyecto Investigación Situación Pesquerías Pelágicas Mayores, 1999. Programa Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Instituto de Fomento Pesquero - Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, Chile: 43 pp + tablas y figuras.
- Donoso, M., Barría, P., Braun, M. & Valenzuela, V. 2009. Distribución y abundancia de larvas de atunes en Isla de Pascua e Isla Salas y Gómez, Chile. *Crucero CIMAR 5 - Islas Oceánicas. Cienc. Tecnol. Mar*, 32 (1): 83-92
- Du, W., C. Lin, A. Phu, J. Cornell, M. Marshall & C. Wei. 2006. Development of Biogenic Amines in Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*): Effect of and Correlation with Decarboxylase-Positive Bacterial Flora. *Journal of Food Science*, 67(1): 292 - 301
- Ekman, S. 1973. *Zoogeography of the Sea*. Sidgwick and Jackson. London.
- Escribá, C., M. Soto & J. García. 2007. Cuantificación de mercurio (Hg), por la técnica de espectrometría de absorción atómica con celda de vapor frío (FIAS), en muestras de carne de tiburón provenientes de las Costas del Atlántico y Pacífico de la

- República de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 104 pp.
- Eslava, N., L.W. González & D. Gaertner 2003. Asociación de la abundancia y la distribución vertical de atunes y peces de pico en el sureste del Mar Caribe. *Rev. Biol. Trop.* 51 (1): 213-219
- Essington, T., D. Schindler, R. Olson, J. Kitchell, C. Boggs & R. Hilborn. 2002. Alternative fisheries and the predation rate of Yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean. *Ecological Applications*, 12(3): 724-734
- FAO. 1998. Catches and landings, 1996. *FAO Yearb. Fish. Statist.* 82: 678 pp.
- Fiedler, P. & M.F. Lavín. 2006a. Introduction: A review of eastern tropical Pacific oceanography. *Progress in Oceanography*, 69, 94-100
- Fiedler, P., M.F. Lavín. 2006b. A Review of the Eastern Tropical Pacific Oceanography. *Progress in Oceanography*, 69(2-3), 91-398
- Figueroa, A. 1985. Curso básico de toxicología ambiental. Capítulo Once: Mercurio y Methylmercurio. *ECO: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Metepec, ECO*, p.183-204
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, & V. H. Niem., 1995a. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen I: Plantas e invertebrados. FAO, 1-646 pp
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, & V. H. Niem., 1995b. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen II: Vertebrados—Parte 1. FAO, 647-1200 pp.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, & V. H. Niem., 1995c. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen III: Vertebrados—Parte 2. FAO .III, 1201-1813 pp.
- Franklin, P. sf. Australian southern bluefin tuna fishery. Australian Fisheries Service Department of Primary Industry. Canberra, Australia. 412 – 426
- Froese, R. & A. Sampang. 2004. Taxonomy and biology of seamount fishes. *Fisheries Centre Research Reports*, 12(5): 25-32
- Gacitúa, S., C. Oyarzún & R. Veas. 2008. Análisis multivariado de la morfometría y merística del robalo *Eleginops maclovinus* (Cuvier, 1830). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 491-500
- Galván, M. 1988. Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Pacífico mexicano durante 1984-1985. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 86 pp.
- Galván, M. 1999. Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental. Tesis Doctoral. CICESE. 212 pp.
- Gálvez, M. 2009. Montes submarinos de Nazca y Salas y Gómez: Una revisión para el manejo y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(3): 479-500
- Gaona, X. 2004. El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente. Memoria presentada para aspirar al grado de Doctor en Química. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Química. Unitat de Química Analítica. 246 pp.
- García, A. 2006. Assessment of bioaccumulation and biomagnification potential of chemical substances through trophic chain. *Ecotoxicological aspects*. Universidad de Salamanca. Thesis. 289 pp.

- García, J., F. Núñez, G. Espino, A. Alarcón, A. Rentería, C. Chávez & M. Espinosa. 2008. Características organolépticas de productos elaborados con carne de trucha Arco Iris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Tecnociencia*, 2(3): 156-165
- George, R.W. 1997. Tectonic plate movements and the evolution of *Jasus* and *Panulirus* spiny lobsters (Palinuridae). *Marine and Freshwater Research*, 48: 1121-1130
- George, R.W. 2005. Tethys sea fragmentation and speciation of *Panulirus* spiny lobsters. *Crustaceana*, 78(11): 1281-1309
- Ginsburg, I. 1953. The Taxonomic Status and Nomenclature of Some Atlantic and Pacific Populations of Yellowfin and Bluefin Tunas. *Copeia*, No. 1: 1-10
- Glynn, P.W., J.E. Veron & G.M. Wellington. 1996. Clipperton Atoll (eastern Pacific): oceanography, geomorphology, reef-building coral ecology and biogeography. *Coral Reefs*, 15(2): 71-99
- Holland, K. N., P. Kleiber & S. M. Kajiura. 1999. Different residence times of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and bigeye tuna, *T. obsesus*, found in mixed aggregations over a seamount. *Fish. Bull.*, 97:392-395
- Holthuis, L.B. 1991. FAO species catalogue. Marine lobster of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. FAO Fisheries Synopsis N° 125, Vol. 13, Rome FAO. 292 pp.
- Huss, H.(Ed.) 1988. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 348. Roma, FAO. 1998. 202 pp.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17: 411- 429
- IATTC, 2001. Early life history studies of Yellowfin Tuna, *Thunnus albacores*. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull. 22(1): 1-91
- INE, 2007. Censo Pesquero Artesanal. Disponible en: <http://www.ine.cl>
- Itano, D. 2000. The Reproductive Biology of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) in Hawaiian Waters and the Western Tropical Pacific Ocean: Project Summary. Joint Institute for Marine and Atmospheric Research – JIMAR.
- Izaurieta, M. 1994. Análisis proximal en harinas de pescado — trabajo práctico. I Curso Regional de Capacitación (Santiago de Chile, 20/9-8/10/1993) organizado por el Proyecto AQUILA II y ejecutado por Fundación Chile. Emilio Castro Campos (Ed.) Documento preparado por el proyecto GCP/RLA/102/ITA “Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en América Latina y El Caribe” —Aquila II. FAO, Italia. Documento de Campo N° 16
- Jolden, M. & D. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Roma.
- Jones, Ch. & E. Prince. 1998. The cooperative tagging center mark recapture database for Istiophoridae (1954-1995), with an analysis of the West Atlantic ICCAT Billfish tagging program. *Col.Vol.Sci.Pap. ICCAT*, 47:311-321
- Joseph, J. 1963. The fecundity of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) from the eastern Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull. 7: 255-292
- Joseph, J., F. Alverson, B. Fink & E. Davidoff. 1964. Una revisión de la estructura de la población del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, en el Océano Pacífico Oriental. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull. IX, N°2, 60 pp.
- Joseph, J., W. Bayliff & M. Hinton. 1994. A review of information on the biology, fisheries, marketing and utilization, fishing regulations, and stock assessment of swordfish,

- Xiphias gladius, in the Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission, Internal Report N° 24. La Jolla, California: 81 pp.
- Kaji, T., M. Tanaka, M. Oka, H. Takeuchi, S. Ohsumi, K. Teruya, and J. Hirokawa. 1999. Growth and morphological development of laboratory-reared yellowfin tuna *Thunnus albacares* larvae and early juveniles, with special emphasis on the digestive system. *Fish. Sci.* 65: 700-707
- Kinghorn, A., M. Humphries, P. Outridge & H. Man. 2006. Reconstructing historical mercury exposure from beluga Whale consumption Among inuit in the Mackenzie Delta. *Journal of Ethnobiology* 26(2):310-326
- Klawe, W.L. 1963. Observations on the spawning of four species of tuna (*Neothunnus macropterus*, *Katsuwonus pelamis*, *Auxis thazard* and *Euthynnus lineatus*) in the eastern Pacific Ocean, based on the distribution of their larvae and juveniles. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull. 6: 447-540
- Klimley, A. & C. Holloway. 1999. School fidelity and homing synchronicity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Marine Biology*, 133: 307-317
- Klimley, A., Muhlia\_Melo, A. & Beavers, S. 2003. The occurrence of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) at Espiritu Santo Seamount in the Gulf of California. *Fish. Bull.* 101:684-692
- Koizumi, K. & S. Hiratsuka. 2009. Fatty acid compositions in muscles of wild and cultured ocellate puffer *Takifugu rubripes*. *Fisheries Science*. Volume 75(5): 1323-1328
- Koriyama, T., Kohata T., Watanabe K. & Abe H. 2000. Chemical components of bigeye tuna muscle and the effects of lipid on the taste. *Nippon Suisan Gakkaishi*, Vol. 66, N°3, 462-468
- Kraepiel, K., H. Chin, E. Malcolm & F. Morel. 2003. Sources and variations of mercury in Tuna. *Environ. Sci. Technol.*, 37: 5551-5558
- Krebs, C. 1999. *Ecological methodology*. Addison Wesley. California, 620 pp.
- Lagos, P., J. Moraga & A. Valle-Levinson. 2000. Condiciones oceanográficas alrededor de Isla de Pascua (Noviembre 1999). En: Resultados Crucero Cimar 5, Islas Oceánicas (13 de octubre al 12 de noviembre de 1999). CONA (Ed.): 46-49.
- Lang, K.L., C.B. Grimes, and R.F. Shaw. 1994. Variations in the age and growth of yellowfin tuna larvae, *Thunnus albacares*, collected about the Mississippi River plume. *Environ. Biol. Fishes* 39: 259-270
- Langley, A., K. Briand, D. Seán & R. Murtugudde. 2009. Influence of oceanographic variability on recruitment of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western and central Pacific Ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 66(9): 1462-1477
- Langton, R. 1982. Diet overlap between the Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake, *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish. U.S. National Marine Fisheries Service. *Fishery Bulletin*. 80:745-759
- Leggett, W. 1977. The ecology of fish migrations. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: 285-308
- Lehodey, P. & B. Leroy. 1999. Age and growth of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) from the Western and Central Pacific Ocean as indicated by daily growth increments and tagging data. Oceanic Fisheries Programme Secretariat of the Pacific Community Noumea, New Caledonia. Working Paper YFT-2.
- Lehodey, P. 2004. A spatial ecosystem and population dynamics model (SEAPODYM) for tuna and associated oceanic top-predator species: Part II – Tuna populations and fisheries. Oceanic Fisheries Programme Secretariat of the Pacific Community Noumea, New Caledonia. 36 pp.

- Leis, J.M., T. Trnski, M. Harmelin-Vivien, J.P. Renon, V. Dufour, M.K. El Moudni, and R. Galzin. 1991. High concentrations of tuna larvae (Pisces: Scombridae) in near-reef waters of French Polynesia (Society and Tuamotu Islands). *Bull. Mar. Sci.* 48: 150-158
- López, S., Meléndez, R. & Barría, P. 2009. Alimentación del tiburón marrajo *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 (Lamniformes: Lamnidae) en el Pacífico suroriental. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 44(2): 439-451
- Loret, J. & J. Tanacredi. 2003. Easter Island: Scientific Exploration into the World's Environmental Problems in Microcosm. Klumer Academic. Plenum Publishers, New York. 229 pp.
- Luke, H. 1954. Easter Island. *The Geographical Journal*. Vol. 120, Nº 4: 422-430
- Maguire, J., Sissenwine, M., Csirke, J., Grainger, R. & Garcia, S. 2006. The state of world highly migratory, straddling and other high seas fishery resources and associated species. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 495. Rome: FAO. 84 pp.
- Mallory, G. & J. Thieleke. 1983. Total mercury content in yellowfin and bigeye tuna. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 30(1): 291-297
- Marcovecchio, J., Moreno, V. & Pérez, A. 1986. Bio-magnification of total mercury in Bahía Blanca Estuary shark. *Marine Pollution Bulletin*, 17(6): 276 - 278
- Margulies, D. 1993. Assessment of the nutritional condition of larval and early juvenile tuna and Spanish mackerel (Pisces: Scombridae) in the Panama Bight. *Mar. Biol.* 115: 317-330
- Margulies, D., J.B. Wexler, K.T. Bentler, J.M. Suter, S. Masuma, N. Tezuka, K. Teruya, M. Oka, M. Kanematsu, and H. Nikaido. 2001. Food selection of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, larvae reared in the laboratory. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull.* 22: 9-51
- Margulies, D., V. Scholey, J. Wexler, R. Olson, J. Suter & S. Hunt. 2007. A review of IATTC research on the early life history and reproductive biology of scombrids conducted at the achotines laboratory from 1985 to 2005. *Inter-American Tropical Tuna Commission Comisión Interamericana del Atún Tropical. Special Report* 16: 3-67
- Márquez, Y., A. Cabello, L. Bettina, G. Guevara, B. Figuera & O. Vallenilla. 2006. Cambios físicos-químicos y microbiológicos observados durante el proceso tecnológico de la conserva de atún. *Zootecnia Trop.* v.24 n.1 Maracay mar. 2006.
- Marsac, F. & P. Cayré. 1998. Telemetry applied to behaviour analysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*, Bonnaterre, 1788) movements in a network of fish aggregating devices. *Hydrobiologia* 371/372: 155-171
- Matsumoto, W. & T. Kazama. 1974. Occurrence of Young Billfishes in the Central Pacific Ocean. *NOAA Technical Report, NMFS SSRF* 675: 238-250
- Maunder, M.M. & S.J. Harley. 2005. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2003 and outlook for 2004. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Stock Assessment Report* 5: 5-108
- Maury, O., D. Gascuel, F. Marsac, A. Fonteneau & A. De Rosa. 2001. Hierarchical interpretation of nonlinear relationships linking yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution to the environment in the Atlantic Ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58(3): 458-469
- McPherson, G.R. 1991. Reproductive biology of yellowfin tuna in the eastern Australian fishing zone, with special reference to the North-western Coral Sea. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 42: 465-477
- Melo, T., N. Silva, P. Muñoz, J. Díaz-Naveas, J. Sellanes, A. Bravo, J. Lamilla, J. Sepúlveda, R. Vögler, Y. Guerrero, C. Bustamante, M.A. Alarcón, D. Queirolo, F. Hurtado, E.

- Gaete, P. Rojas, I. Montenegro, R. Escobar & V. Zamora. 2007. Caracterización del fondo marino entre la III y X Regiones. Informe Final Proyecto FIP N° 2005-61. 287 pp. Disponible en <http://www.fip.cl>
- Miethke, S., S. Reichle, E. Armijo, Z. Ferdaña, L. Sotomayor, A. Chatwin, B. Ramírez & R. De Andrade. 2007. Coastal and Marine Conservation Priorities in Chile. En: Priorities for Coastal and Marine Conservation in South America. Edited by Anthony Chadwin. Chapter 3: 25-29
- Miles, F. 1971. The Role of Sensory Evaluation in the Food Industry. Interaction of Sensory Panel and Instrumental Measurements. *Journal of Food Technol.* 25:247
- Miyake, M.P.; Miyabe, N. & Nakano, H. 2004. Historical trends of tuna catches in the world. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 467. Rome, FAO. 2004. 74p.
- Moraga, J. & J. Olivares. 1996. Hidrografía del área costera de Isla de Pascua, mayo 1994. *Cienc. Tec. Mar*, 19: 47-56
- Moraga, J., A. Valle-Levinson y J. Olivares. 1999. Hydrography and geostrophy around Eastern Island. *Deep-Sea Res. (I)* 46: 715-731
- Morato, T. & D. Pauly. 2004. Seamounts: Biodiversity and Fisheries. *Fisheries Centre Research Reports*, 12(5): 1-78
- Mozaffarian, D. & Rimm, E. 2006. Fish Intake, Contaminants, and Human Health. Evaluating the Risks and the Benefits. *American Medical Association*, Vol 296, No. 15, 1885 - 1900
- Mujica, A. & E. Espinoza. 2000. Distribución y abundancia de crustáceos decápodos y crustáceos holoplanctónicos. Taller de Presentación de Resultados Crucero CIMAR 5. Islas Oceánicas. 9-10 de septiembre. Valparaíso. Libro de resúmenes ampliados.
- Mujica, A. & E. Espinoza. 2000. Distribución y abundancia de larvas de crustáceos decápodos y crustáceos decápodos y crustáceos holoplanctónicos. En: Resultados Crucero Cimar 5, Islas Oceánicas (13 de octubre al 12 de noviembre de 1999). CONA (Ed.): 84-85
- Mujica, A. 2006. Larvas de crustáceos decápodos y crustáceos holoplanctónicos en torno a la Isla de Pascua. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 29(1): 123-135
- Nakamura, Y., M. Ando, M. Seoka, K. Kawasaki & Y. Tsukamasa. 2005. Comparison of the proximate compositions, breaking strength and histological structure by the muscle positions of the full-cycle cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Fisheries Science*, 71(3): 605-611
- Nishikawa, Y., M. Honma, S. Ueyanagi, & S. Kikawa. 1985. Average distribution of larvae of oceanic species of Scombroid fishes, 1956-1981. Contribution N° 236 from the Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu, Japan.
- NNDSR, 2009. National Agricultural Library del United State Department of Agriculture – USDA. National Nutrient Database for Standard Reference - NNDSR, Release 22 de año 2009. Disponible en: [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl)
- Olivares, J. & J. Moraga. 1993. Contribución a la descripción de las condiciones oceanográficas del área costera de Isla de Pascua. *Cienc. Tec. Mar*, 16: 47-54
- Olivares, J. & K. Karl. 2000. Contenido de nutrientes oxígeno disuelto alrededor de isla de Pascua, noviembre 1999. En: Resultados Crucero Cimar 5, Islas Oceánicas (13 de octubre al 12 de noviembre de 1999). CONA (Ed.): 56-59
- Olson, R. & C. Boggs. 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 439:1760-1775

- Olson, R. & G. Watters. 2003. A model of the pelagic ecosystem in the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull., 22 (3) 1-17
- Oñate, J.A. 2005. Ictiofauna del sector austral de la cordillera submarina de Nazca, frente al norte de Chile y sus relaciones biogeográficas. Tesis de Grado de Biología Marina. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología Marina. 77 pp.
- Pacheco, L. 2009. Distribución y abundancia de *Thunnus albacares* en aguas ecuatorianas. Instituto Nacional de Pesca. Proceso IRBA / Subproceso EEP. 13 pp.
- Padilla, O. 1980. Canotaminación con mercurio de productos procesados. II Contribución. Santiago. Universidad de Chile. 46 pp. + Ilust. + Tablas
- Parin, N. V., A. N. Mironov & K. N. Kesis. 1997. Biology of the Nazca and Salas y Gómez Submarine Ridges, an outpost of the Indo - West Pacific Fauna in the Easter Pacific Ocean: Composition and Distribution of the fauna, its communities and History. Adv. in Marine Biology 32: 145-242
- Pequeño, G. 2000. Delimitaciones y relaciones biogeográficas de los peces del Pacífico suroriental. Estud. Oceanol., 19: 53-76
- Perrin, W., R. Warner, H. Fiscus & B. Holts. 1974. Stomach contents of porpoise, *Stenella* spp., and Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares*, in mixed-species aggregations. Fishery Bulletin, 71(4): 1077-1092
- Pollok, D. 1992. Palaeoceanography and speciation in the spiny lobster genus *Panulirus* in the Indo-Pacific. Bulletin of Marine Science, 51(2): 135-146
- Polunin, N.V.C. & J.K. Pinnegar. 2002. Trophic ecology and the structure of Marine Food Webs. En: Handbook of fish biology and fisheries. Paul J.B. Hart, John D. Reynolds (Ph.D.) (Eds.). Wiley-Blackwell. 432 pp.
- Poupin, J. 2003. Crustacea Decapoda and Stomatopoda of Easter Island and surrounding areas. A documented checklist with historical overview and biogeographic comments. Atoll Research Bulletin, N° 500: 1-50
- Poupin, J. 2008. Biogeography of the Decapod and Stomatopod Crustacea of the Tropical Pacific: Issues and Prospects. Pacific Science, 62(3): 377-383
- Punsly, R. 1987. Estimation of the relative annual abundance of Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares*, in the Eastern Pacific Ocean during 1970 – 1985. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull. Vol.9(3): 265-306
- Randall, J. 1970. Easter Island and ichthyological expedition. Ocean., 3(3): 48-59
- Reid, J. 1997. On the total geostrophic circulation of the Pacific Ocean: flow, patterns, tracers, and transports. Prog.Oceanog. Vol. 39: 263-352
- Retamal, M. 2002. *Percnon pascuensis* una nueva especie de isla de Pascua (Grapsidae, Plagusinae). Invest. Mar., Valparaíso, 30(1): 63-66
- Retamal, M. 2004. Decápodos de las Islas Oceánicas chilenas: Pascua y Salas y Gómez. Cienc. Tecnol. Mar., 27(2): 55 - 68
- Retamal, M., L. Yáñez, & J. Vásquez. 1974. Biometría y observaciones generales en poblaciones de la langosta de Isla de Pascua (*Panulirus pascuensis* Reed). Universidad de Concepción. 5 pp.
- Richards, W.J., and D.C. Simmons. 1971. Distribution of tuna larvae (Pisces: Scombridae) in the northwestern Gulf of Guinea and off Sierra Leone. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull. 69: 555-568
- Rivera, J. & A. Mujica. 2004a. Distribución horizontal de larvas de crustáceos decápodos capturadas entre Caldera e isla de Pascua (Pacífico Sudoriental), octubre 1999. Invest.Mar. Valparaíso, 32(2): 37-58

- Rivera, J. & A. Mujica. 2004b. Larvas phyllosomas (Decapoda, Palinuridae y Scyllaridae) de las Islas Oceánicas Chilenas. *Invest. Mar. Valparaíso*, 32(2): 99-111
- Rivers, J., J. Pearson & C. Shultz. 1972. Total and organic mercury in marine fish. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol.8(5): 257-266
- Rojas, O. & A. Mujica. 1981. Delimitación de las áreas de desove, pre-reclutamiento y estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. Instituto de Fomento Pesquero. 32 pp + anexo.
- Rojas, O. 1980. Determinación de la distribución geográfica y abundancia relativa de huevos y larvas de túnidos en el Pacífico suroriental. Instituto de Fomento Pesquero. 27 pp + tablas y figuras.
- Román-Reyes, J. 2000. Hábitos alimenticios del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) capturado por la flota atunera mexicana en el Océano Pacífico Oriental durante 1997. Tesis de maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México 120 pp.
- Román-Reyes, J. 2005. Análisis del contenido estomacal y la razón de isótopos estables de carbono ( $\sigma^{13}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $\sigma^{15}\text{N}$ ) del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), delfín manchado (*Stenella attenuata*) y delfín tornillo (*Stenella longirostris*) del Océano Pacífico Oriental. Tesis de doctorado CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México 161 pp.
- Rosas, P. & G. Reyes. 2009. Diseño de un plan HACCP en el procesamiento industrial de sardinas congeladas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Organó Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Vol. 59 N° 3, 310-317
- Saborido, J. 1994. El género *Sebastes* Cuvier, 1829 (Pisces, Scorpaenidae) en el Atlántico Norte: identificación de especies y poblaciones mediante métodos morfométricos; crecimiento y reproducción de las poblaciones en Flemish Cap. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Biología. Departamento de Zoología. 271 pp.
- Saito, H., R. Yamashiro, K. Ishihara. & Ch. Xue. 1999. Lipids of Three Highly Migratory Fishes: *Euthynnus affinis*, *Sarda orientalis*, and *Elagatis bipinnulata*, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, Vol. 63, 2028-2030
- Schaefer, K.M. 1992. Una evaluación de la variación geográfica y anual en las características morfométricas y conteos de branquiespinas del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, del Océano Pacífico. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull.*, Vol. 20, No. 3, 31 pp.
- Schaefer, K.M. 1996. Spawning time, frequency, and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, from Clipperton Atoll in the eastern Pacific Ocean. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.* 94: 98-112
- Schaefer, K.M. 1998. Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.* 21: 205-272
- Schaefer, M. 1961. Tuna oceanography programs in the tropical and central Pacific., *CALCOFI Rep.*, 8 41-44
- Schneider, L., Belger, L., Burger, J. & Vogt, R. 2009. Mercury bioaccumulation in four tissues of *Podocnemis erythrocephala* (Podocnemididae: Testudines) as a function of water parameters. *Sci. Total Environ.*, 407(3): 1048 - 1054
- Scoresby, M.A. 1917. Easter Island. *The Geographical Journal*. Vol. XLIX, N° 5: 321-340
- Shomura, R., M. Majkowski & R. Harman. 1996. Status of interactions of Pacific Tuna Fisheries in 1995. *Proceeding of the 2th FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Tuna Fisheries Shimizu, Japan: 23 to 31 January 1995*. FAO Fisheries Technical Paper, N°365, 612 pp.

- Shomura, R., Majkowski, J. & Langi, S. (eds.) 1993. Interactions of Pacific tuna fisheries. Proceedings of the first FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Tuna Fisheries. 3–11 December 1991. Noumea, New Caledonia. Volume 2: papers on biology and fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 336, Vol.2. Rome, FAO. 439p.
- Sidel, J.L., H. Stones. 1976. Experimental Design and Analysis of Sensory Tests. *Journal of Food Technol.*, 32:11
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*, 832 pp. H Blume, Madrid.
- Sosa, A. & H. Manzo. 2002. Patrones espaciales del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico Oriental: una exploración de perfiles de concentración. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México. *Ciencias Marinas*, 28(4): pp. 331-346
- Spalding, M., Fox, H., Allen, G., Davidson, N., Ferdaña, A., Finlayson, M., Halpern, B., Jorge, M., Lombana, A., Lourie, S., Martin, K., McManus, E., Molnar, J., Recchia, Ch. & J. Robertson. 2007. Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7): 573-583
- Stocks, K. 2004. Seamount invertebrates: Composition and vulnerability to fishing. *Fisheries Centre Research Reports*, 12(5): 17-24
- Storelli, M. & G. Marcotrigiano. 2001. Total Mercury Levels in Muscle Tissue of Swordfish (*Xiphias gladius*) and Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) from the Mediterranean Sea (Italy). *Journal of Food Protection*, 64(7): 1058-1061
- Stretta, J. 1991. Contribution de la teledetection Aerospatiale a l'elaboration des bases de l'halieutique operationnelle: l'exemple des pecheries thonieres tropicales de surface (aspects predictifs). These de Doctorat d'Etat, Universite Paris VI 125 pp.
- SUBPESCA, 2010. Fundamentos para establecer parque marino Salas y Gómez. Informe Técnico (R.Pesq.) N° 81/2010
- Sun, Ch., W. Wang & S. Yeh. 2005. Reproductive biology of yellowfin tuna in the central and western Pacific Ocean. Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Chinese-Taipei. Document submitted at the first Meeting of the Scientific Committee of the Western and Central Pacific Fisheries Commission, WCPFC-SC1, August 8-19, 2005, Noumea, New Caledonia.
- Sund, P., Blackburn, M. & Williams, F. 1981. Tunas and their environment in the Pacific Oceanogr. A Review. *Oc. Mar. Biol.* 19: 443-512
- Suyama, M., T. Hirano & T. Suzuki. 1986. Buffering capacity of free histidine and its related dipeptides in White and dark muscles of Yellowfin Tuna. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 52(12): 2171-2175
- Suzuki, Z. 1994. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western and central Pacific Ocean. *FAO Fish. Tech. Paper* 336(2): 108-137
- Suzuki, Z., P.K. Tomlinson, and M. Honma. 1978. Population structure of Pacific yellowfin tuna. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull.* 17: 273-441
- Sylvain, G. & F. Rousset. 1999. Evolution of Stepping-Stone Dispersal rates. *Proc. R. Soc. Lon. B.* 266: 2507-2513
- Taucher, E. 1997. *Bioestadística. Editorial Universitaria.* 310 pp.
- Thiel, M., Macaya, E., Acuña, E., Wolf, A., Bastias, H., Brokordt, K., Camus, P., Castilla, J.C., Castro, L., Cortés, M., Dumont, C., Escribano, R., Fernández, M., Gajardo, J., Gaymer, C., Gómez, I., González, A., González, H., Haye, P., Illanes, J.E., Iriarte, J., Lancellotti, D., Luna-Jorquera, G., Luxoro, C., Manríquez, P., Marín, V., Muñoz, P., Navarrete,

- S., Pérez, E., Poulin, E., Sellanes, J., Sepúlveda, H., Stotz, W., Tala, F., Thomas, A., Vargas, C., Vásquez, J. and Vega, A. 2007. The Humboldt Current System of Northern and Central Chile: oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 2007, 45, 195-344
- Toro, H. 2002. Areas marítimas nacionales protegidas. Monografías y Ensayos. *Revista Marina*. Disponible en: <http://www.revistamarina.cl/revistas/2002/2/toro.pdf>
- Torres, E., A. Muhlia, A. Trasviña & S. Ortega. 2006. Variation of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) catches related to the ENSO events at the entrance to the Gulf of California. *Fishery Bulletin*. 104(2): 197-203 p.
- Uosaki, K. & W. Bayliff. 1999. Un examen de la pesca palangrera japonesa de atunes y picudos en el océano Pacífico Oriental, 1988-1992. Comisión Interamericana del Atún Tropical. Boletín Vol. 21, Nº 6. La Jolla. California.
- Vance, G. 1977. Case Studies Demonstrating the Role of Sensory Evaluation in Product Development. *Journal of Food Technology*, 11
- Velasco, P. 2005. Hábitos alimenticios e isótopos de  $^{13}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$  del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque 1810) en la Costa Pccidental de Baja California Sur. Tesis para obtener grado de maestro en ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 103 pp.
- Velasco, O., S. Echeverría, M. Pérez & I. Villanueva. 2001. Contenido de mercurio y arsénico en atún y sardinas enlatados mexicanas. *Rev.Int.Contam.Ambient.*, 17(1); 31-35
- Voegborlo, R., A. El-Methnani & M. Abedin. 1999. Mercury, cadmium and lead content of canned tuna fish. *Food Chemistry*, Volume 67(4): 341-345
- Walker, M. 1984. Learned magnetic field discrimination in yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Journal of Comparative Physiology A*, 155: 673-679
- Walker, M., J. Kirschvink, S. Chang, & A. Dizon. 1984. A Candidate Magnetic Sense Organ in the Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares*. *Science*, New Series, Vol. 224, No. 4650: 751-753
- Watanabe, H. 1958. On the difference of the stomach contents of the yellowfin and bigeye tunas from the western equatorial Pacific. *Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep.*, 7: 72-81
- Watters, G. 1999. Distribuciones geográficas del esfuerzo y las capturas de atunes por barcos cerqueros en el océano Pacífico Oriental durante 1965-1998. Comisión Interamericana del Atún Tropical. Data Report 10. La Jolla. California.
- Weng, K., M. Stokesbury, A. Boustany, A. Seitzj, S. Teo, S. Miller & B. Block. 2009. Habitat and behaviour of yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the Gulf of Mexico determined using pop-up satellite archival tags. *Journal of Fish Biology*, 74: 1434-1449
- Wexler, J.B., D. Margulies, S. Masuma, N. Tezuka, K. Teruya, M. Oka, M. Kanematsu, and H. Nikaido. 2001. Age validation and growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, larvae reared in the laboratory. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull.* 22: 52-91
- Wild, A. 1986. Growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean based on otolith increments. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull.* 18(6), 423-482
- Wild, A. 1993. A review of the biology and fisheries for Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares*, in the Eastern Pacific Ocean. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 336, Vol.2. Rome, FAO.

- 
- Wild, A. 1994. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean. Shomura, R. S., Majkowski, J. and Langi, S. Interactions of Pacific Tuna Fisheries. Proceeding of the first FAO expert consultation on interaction of Pacific tuna fisheries, 3-11 December 1991, Noumea, New Caledonia. Rome, FAO. FAO Fisheries Technical Paper. 52-107
- Wild, A., Wexler, J. B. and Foreman, T. J. 1995. Extended studies of increment deposition rates in otoliths of yellowfin and skipjack tunas. *Bulletin of Marine Science* 57(2), 555-562
- Winans G. 1987. Using morphometric and meristic characters for identifying stocks of fish. National Marine Fisheries Service Northwest and Alaska Fisheries Center. NOAA Technical Memorandum NMT S-SEFC 199: 25-62
- Winklhofer, M. & J. Kirschvink. 2010. A quantitative assessment of torque-transducer models for magnetoreception. *Journal of the Royal Society*. 7: 273–289
- Wittig, E. 1977. Evaluación Sensorial, una metódica que mide calidad. *Alimentos* 2,1, Edit. Santiago
- Wittig, E. 2001. Análisis Sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos. Edición Digital reproducida con autorización del Autor. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. Sistema de Servicios de Información y Bibliotecas - SISIB.
- WWF, 2008. El atún rojo del Atlántico oriental y del Mediterráneo. Propuesta de WWF para un Santuario en el Mediterráneo occidental.
- Xolaltenco, K., M.J. Dreyfus, E. Almanza & J. Almanza. 2010. Analysis of the fishing effort of the Mexican longline tuna fleet operating in the Gulf of Mexico in 2004. *Ciencias Marinas*, 36(1): 59-70
- Yáñez, E., C. Silva, H. Trujillo, E. González, L. Alvarez, L. Manuatomatema & P. Romero. 2007. Diagnóstico del sector pesquero de la Isla de Pascua. Informe Final. Código EBI 30059982-0. 142 pp. + Anexos
- Yáñez, E., Silva, C., Vega, R., Alvarez, L., Silva, N., Palma, S., Salinas, S., Menschel, E., and Haussermann, V. 2008. Biodiversidad de montes submarinos. Informe Final. Proyecto FIP 2006-57. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Recursos Naturales. Disponible en <http://www.fip.cl>
- Yáñez-Arancibia, L.A. 1974. Zoogeografía de la fauna ictiológica de la Isla de Pascua (Easter Island). Trabajo presentado en el VI Congreso Latinoamericano de Zoología, México D.F. (Octubre 1974). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Autónoma de México. 29 pp.
- Yesaki, M. 1983. Observation on the biology of yellowfin (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) tunas in Philippine waters. Indo-Pacific Tuna Development and Management Programme. Working Paper. 7, 1 - 66
- Yess, J. 1993. US Food and Drug Administration survey of methyl mercury in canned tuna. *Journal of AOAC International*, 76(1): 36 - 38