

INFORME FINAL

FIP Nº 98 - 05

**Prospección del recurso  
orange roughy ( Hoplostetus spp )  
y su fauna acompañante  
entre la I y la X Región**



abril

**1 9 9 9**

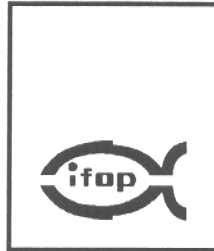
## **REQUIRENTE**

**CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP**  
**Presidente del Consejo: JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ**

## **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP**  
**Director Ejecutivo: PABLO ALVAREZ TUZA**





## **JEFE DE PROYECTO**

**ROBERTO BAHAMONDE F.**

## **AUTORES**

**SERGIO LILLO V.  
ROBERTO BAHAMONDE F.  
BERNARDO LEIVA P.  
MANUEL ROJAS G.  
MARIA ANGELA BARBIERI B.  
MIGUEL DONOSO P.  
RAUL GILI V.**

## **COLABORADORES**

**JOSE CORDOVA M.  
GASTON OJEDA M.**



## RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó un proyecto de exploración y prospección entre la I y la X región, con el objetivo de determinar la distribución geográfica y batimétrica del recurso orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) y su fauna acompañante, como también recopilar antecedentes sobre sus principales características biológicas.

Para tal efecto, se efectuaron dos cruceros uno desde el 7 al 28 de agosto en el B/F "Betanzos" y otro, en el B/I "Abate Molina" entre el 4 y 18 de septiembre de 1998. Estos cruceros abarcaron tres zonas que fueron la cordillera de Nazca, archipiélago de Juan Fernández, incluyendo el Bajo O'Higgins e isla Mocha.

Durante ambos cruceros se realizaron dos actividades principales que fueron un levantamiento batimétrico de 23 montes submarinos y 80 lances de pesca de exploración y prospección, con una captura total de 168,76 toneladas de las cuales 154,98 (91,7%) correspondieron a orange roughy.

El orange roughy, fue detectado en cinco de un total de veintitrés montes explorados, estando éstos localizados en el sector del archipiélago de Juan Fernández, Bajo O'Higgins y en las inmediaciones de la isla Mocha, pero ausente en los lances realizados en la ZEE de la cordillera de Nazca. Lo anterior sin embargo, no permite definir en forma categórica la distribución real del recurso, por cuanto es posible que experimente variaciones interanuales, como ha sido observado en Nueva Zelanda, donde se desarrolla principalmente esta pesquería.

Aunque el recurso objetivo fue capturado en 5 montes, las principales capturas fueron obtenidas en torno al archipiélago de Juan Fernández (152,5 t) que provienen de tres montes situados uno, en 33°23,8' S - 77°25,4' W con 149,8 t aportando el



98,4% de la captura, otro en 33°26,6' S – 76°52' W donde se capturaron 1,2 t (0,8%) y el último localizado en 33°33.2' S - 77°41,5'W con 149 kg (0,1%). También fue detectado en el Bajo O'Higgins (33°54,8' S- 73°53,4'W) donde se capturaron 1,08 t (0,7%) y en las cercanías de isla Mocha con sólo 31 kg (0,002%).

La alta agregación del recurso, correspondería de acuerdo a los índices gonádicos estimados a una concentración previa al desove, período en el cual otras pesquerías del mismo recurso, se obtienen los mejores rendimientos de pesca.

Además, el hecho de haberse operado sobre concentraciones en proceso reproductivo, significó que la estructura de tallas de los ejemplares capturados corresponden mayoritariamente a ejemplares adultos con un rango de tallas que fluctuó entre 30 y 52 cm con un valor modal de 43 cm en machos y una distribución multimodal en hembras con valores de 43, 47 y 50 cm.

En lo que respecta a la fauna acompañante, ésta estuvo compuesta por 32 especies, con una captura de 13,78 toneladas, sin embargo, el 80% de éstas fueron aportadas por cuatro especies, alfonsino (*Beryx splendens*), tiburón narigón negro (*Centroscymnus crepidater*), jaiba araña (*Libidoclaea granaria*) merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), aunque sólo las tres primeras de las nombradas representaron un nivel superior al 1% de las capturas totales realizadas durante el estudio.

Los bajos volúmenes de captura proporcionados por la fauna acompañante, se deberían a la intencionalidad de los lances de pesca, pues en la zona de Juan Fernández la captura de fauna acompañante alcanzó sólo a 4.153 kg de los cuales 3.641 (87,6%) correspondieron a alfonsino, recurso que puede ser catalogado como potencial, debido a su alto valor de mercado y características de las agregaciones detectadas.



Se debe añadir a lo anterior, el hecho que el sistema de pesca utilizado no es el más adecuado para su captura, la que es esencialmente realizada con palangres y arrastre de mediagua. Las estructuras de tallas de este recurso, mostraron la presencia de individuos de menor tamaño en la zona de Nazca (18-26 cm), mientras que en Juan Fernández el rango de tallas fluctuó entre 21-40 cm en machos y 23-46 cm en hembras.

Otro elemento que contribuye a los bajos aportes de fauna acompañante, lo constituye la topografía del terreno en las áreas de distribución del orange roughy, obligando a tomar un amplio resguardo durante la operación de pesca de modo que la red esté sólo el tiempo necesario en contacto con el fondo y la concentración objetivo, lo cual contribuye también a que las capturas incidentales tengan los bajos niveles observados.

Durante el período del estudio, los valores de índices gonádicos estimados alcanzaron valores de 9,77, lo cual puede ser considerado como un indicador de un proceso reproductivo activo. Esta condición habría favorecido los altos niveles de rendimientos de pesca obtenidos, por cuanto una de las características de este recurso, son sus grandes concentraciones en el período previo al desove y que corresponde al período de mayor captura.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## INDICE GENERAL

Página

RESUMEN EJECUTIVO .....	i
INDICE GENERAL .....	v
INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXO .....	vii
1. ANTECEDENTES .....	1
2. OBJETIVO GENERAL .....	5
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
4. METODOLOGIA DE TRABAJO .....	7
4.1 Características Generales .....	7
4.1.1 Zona de estudio .....	7
4.1.2 Embarcaciones utilizadas .....	8
4.1.3 Arte de pesca .....	8
4.2 Metodología por objetivo específico .....	9
4.2.1 <b>Objetivo específico 1.</b> "Determinar la distribución geográfica y batimétrica de orange roughy y su fauna acompañante" .....	9
4.2.1.1 Exploración de áreas .....	9
4.2.1.2 Datos operacionales .....	10
4.2.1.3 Procesamiento de los datos .....	11
4.2.2 <b>Objetivo específico 2.</b> "Recopilar y analizar antecedentes que permitan avanzar en el conocimiento de las principales características biológicas del orange roughy y su fauna acompañante" .....	17

v



---

4.2.2.1	Toma de datos .....	17
4.2.2.2	Procesamiento de los datos .....	17
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
5.1	Determinar la distribución geográfica y batimétrica del orange roughy y su fauna acompañante en el área de estudio .....	23
5.1.1	Levantamiento batimétrico .....	23
5.1.2	Distribución geográfica del orange roughy .....	23
5.1.3	Índices de abundancia de orange roughy .....	24
5.1.4	Distribución de la abundancia de orange roughy .....	25
5.1.5	Fauna acompañante .....	26
5.1.6	Aspectos operacionales .....	27
5.1.7	Estructuras de tallas .....	28
5.1.8	Relación longitud peso .....	30
5.1.9	Proporción sexual .....	30
5.1.10	Contenido estomacal .....	31
5.1.11	Fecundidad .....	32
5.1.12	Estado de Madurez .....	32
5.1.13	Factor de Condición .....	33
5.1.14	Estimación experimental de la edad .....	34
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>43</b>

**FIGURAS**

**TABLAS**

**ANEXO**



## INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXO

### FIGURAS

- Figura 1a. Area del archipiélago de Juan Fernández y bajo O'Higgins.
- Figura 1b. Area continental entre punta Changos (32°S) y Corral (40°S).
- Figura 1c. Area continental entre Taltal (25°S) - punta Changos (32°S), San Félix-San Ambrosio y cordillera de Nazca.
- Figura 2. Embarcaciones utilizadas.
- Figura 3. Track de prospección del B/F "Betanzos" y B/I "Abate Molina".
- Figura 4. Plano de la red arrastre, modelo Arrow trawl.
- Figura 5. Ubicación de los montes submarinos explorados durante el estudio.
- Figura 6. Localización de los lances de pesca realizados.
- Figura 7. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 1 en Juan Fernández.
- Figura 8. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 2 en Juan Fernández.
- Figura 9. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 3 en Juan Fernández.
- Figura 10. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 4 en Juan Fernández.
- Figura 11. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 5 en Juan Fernández.
- Figura 12. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 6 en Juan Fernández.
- Figura 13. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 1 en bajo O'Higgins.





- Figura 14. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 2 en bajo O'Higgins.
- Figura 15. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 1 (Taltal 1).
- Figura 16. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 2 (Taltal 2).
- Figura 17. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 3 (Taltal 3).
- Figura 18. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 4 (Taltal 4).
- Figura 19. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 5 (Taltal 5).
- Figura 20. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 1 (Nazca 1).
- Figura 21. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 2 (Nazca 2).
- Figura 22. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 3 (Nazca 3).
- Figura 23. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 4 (Nazca 4).
- Figura 24. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 5 (Nazca 5).
- Figura 25. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 6 (Nazca 6).
- Figura 26. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 7 (Nazca 7).
- Figura 27. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 8 (Nazca 8).
- Figura 28. Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 9 (Nazca 9).
- Figura 29. Levantamiento batimétrico del monte submarino isla Mocha.
- Figura 30. Montes con capturas de orange roughy y alfonsino.
- Figura 31. Distribución de la densidad de orange roughy en el monte J. Fernández 3.



- Figura 32. Capturas de orange roughy.
- Figura 33. Distribución de las densidades de orange roughy en el bajo O'Higgins.
- Figura 34. Distribución de las densidades de orange roughy en el monte J. Fernández 4.
- Figura 35. Variogramas estimados para la distribución de orange roughy.
- Figura 36 a Principales especies capturadas.
- Figura 36b Especies capturadas como fauna acompañante.
- Figura 37. Registros acústicos de orange roughy y alfonsino.
- Figura 38. Duración de los lances de pesca (arrastre efectivo).
- Figura 39. Distribución de frecuencia de orange roughy (machos).
- Figura 40. Distribución de frecuencia de orange roughy (hembras).
- Figura 41. Distribución de frecuencia de alfonsino (machos).
- Figura 42. Distribución de frecuencia de alfonsino (hembras).
- Figura 43. Relación longitud-peso de orange roughy.
- Figura 44. Relación longitud-peso de alfonsino.
- Figura 45. Distribución de frecuencia de longitud de orange roughy, por sexo y zona.
- Figura 46. Escala de madurez sexual para hembras de orange roughy.



## TABLAS

- Tabla 1. Escala de madurez sexual de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) (Fuente: Pankhurst, 1987b).
- Tabla 2. Posición y área proyectada de los montes explorados.
- Tabla 3. Registros operacionales e índices de densidad de orange roughy.
- Tabla 4. Dimensiones de las áreas de pesca de orange roughy e índices de abundancia relativa.
- Tabla 5. Nombre común y científico de las especies capturadas. Ordenadas por nivel de captura.
- Tabla 6. Capturas por lance (kilogramos)
- Tabla 7. Resumen de los valores de tamaño de muestra muestreado, rango de tallas y modas de orange roughy.
- Tabla 8. Resumen de los valores de número muestreado, rango de tallas y modas de orange roughy.
- Tabla 9. Proporción sexual de orange roughy por área y mes.
- Tabla 10. Proporción sexual de orange roughy por monte explorado.
- Tabla 11. Proporción sexual de alfonsino por monte explorado.
- Tabla 12. Estados de madurez sexual por mes y sexo de orange roughy.
- Tabla 13. Factor de condición de orange roughy por mes y sexo.

## ANEXO

- ANEXO 1. ESTIMACION DE LA EDAD DE ORANGE ROUGHY (*Hoplostethus atlanticus*) en aguas chilenas.**



## 1. ANTECEDENTES

El desarrollo de las pesquerías de peces demersales en Chile se han sustentado principalmente en la captura de recursos asociados a la plataforma continental, como son la merluza común (*Merluccius gayi gayi*), el congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y la merluza del sur (*Merluccius australis*), recursos que se encuentran sometidos al régimen de plena explotación y manejados a través de cuotas anuales de capturas (Ley General de Pesca y Acuicultura).

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), teniendo como objetivo mantener el desarrollo del sector pesquero, orientó parte de su labor hacia la búsqueda de nuevos recursos mediante la realización de proyectos de investigación, financiados con aportes del sector público y privado. Un resultado de lo anterior, lo constituye la incorporación del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) recurso de alto valor comercial como una pesquería, en la cual actúa una flota palangrera con base en la XI y XII regiones.

De igual modo, en el marco de un proyecto de prospección de recursos demersales que abarcó las aguas exteriores de las IX a XI regiones (Leiva *et al.*, 1997), se detectó la presencia de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) en un rango comprendido entre los paralelos 38°40'S y 38°50' de latitud sur en una profundidad promedio de 668 m. A lo anterior, se deben sumar antecedentes no documentados que señalan también la presencia ocasional de orange roughy en las capturas comerciales de la flota de barcos arrastreros en la zona sur austral, como en buques arrastreros hieleros que operan en la zona centro sur del país.

El interés despertado por la presencia de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) en la costa de Chile, se debe al hecho de constituir un recurso de alto valor



comercial y con un amplio mercado, fundamentalmente en Estados Unidos. Cabe señalar que en Nueva Zelandia, donde se ha ubicado dentro de las tres principales pesquerías, generó en 1997 retornos por US\$ 56,2 millones de dólares para una captura de 21 mil toneladas.

Aunque posee una amplia distribución geográfica, se le encuentra en lugares como el Atlántico norte y suroriental, Pacífico suroriental, Australia y Nueva Zelandia, su presencia está asociada a montes submarinos en profundidades que varían entre 700 y 1.200 metros.

En aquellos países donde se han establecido pesquerías de este recurso (Australia, Namibia y Nueva Zelandia), las operaciones se realizan durante la mayor parte del año, sin embargo, las mayores capturas se obtienen en el período invernal durante su proceso de desove, el recurso se concentra en áreas definidas (cimas y laderas de montes submarinos), por un corto lapso de tiempo formando agregaciones de muy alta densidad lo cual es aprovechado por las flotas pesqueras, permitiéndoles lograr altas tasas de captura o rendimientos de pesca (FishFacts, 1996; Koslow *et al.* 1995).

Al respecto cabe destacar que casi el 50% de las capturas australianas de orange roughy se logran en una pequeña montaña submarina (St. Hellens) localizada en la costa noreste de Tasmania de aproximadamente 10 Km<sup>2</sup> (Kloser, 1996).

Un aspecto, que ha provocado una gran controversia, lo constituye la dificultad en la determinación de las edades máximas que alcanza esta especie, ya que los valores informados fluctúan entre catorce y ciento cincuenta años (Smith, 1995, Gauldie, 1997), lo cual depende del método utilizado (para mayor detalle ver anexo 1).



La alta densidad de las concentraciones durante el período reproductivo, unido a su longevidad, lento crecimiento y posiblemente baja mortalidad natural, ha hecho que distintos autores consideren al orange roughy como una especie altamente vulnerable a la sobreexplotación, lo cual hace necesario una recopilación y actualización permanente de los antecedentes y características de esta especie, con el objeto de un desarrollo sustentable de su eventual pesquería.

En este escenario y considerando el interés que reviste para el país la diversificación de las pesquerías demersales, el Consejo de Investigación Pesquera llamó a licitación pública un proyecto de pesca exploratoria orientado a determinar áreas de distribución del orange roughy entre las I y X regiones, proyecto que fue adjudicado al Instituto de Fomento Pesquero, correspondiendo de acuerdo a las Ofertas Técnicas hacer entrega del Informe final, que corresponde al presente documento.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## 1. OBJETIVO GENERAL

Determinar áreas de distribución de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) entre la I y X Región.

## 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1 Determinar la distribución geográfica y batimétrica del orange roughy y su fauna acompañante en el área de estudio.
- 2.2 Recopilar y analizar antecedentes que permitan avanzar en el conocimiento de las principales características biológicas del orange roughy y su fauna acompañante.





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## **4. METODOLOGIA DE TRABAJO**

### **4.1 Características Generales**

El proyecto de investigación constó en su parte operativa de la ejecución de dos cruceros de pesca exploratoria, orientados a determinar posibles áreas de presencia de orange roughy en la zona económica exclusiva de Chile.

Durante la planificación del proyecto, se contó con la asesoría directa del experto neozelandés Sr. Andy Smith con amplia experiencia en la pesca de orange roughy en Nueva Zelanda, Australia y Namibia.

#### **4.1.1 Zona de estudio**

Las Bases Técnicas del Proyecto (FIP, 1997), consideraban como zona de estudio la zona económica exclusiva de la I a X regiones (18°20'S – 43°30'S), islas San Félix, San Ambrosio y archipiélago de Juan Fernández, equivalente a un valor superior a las 350 mil millas náuticas<sup>2</sup>. Considerando la gran extensión del área, en base a los antecedentes recopilados de cartas submarinas (SHOA, 1992; Seabed Mapping, 1996) unido a la experiencia del asesor neozelandés en pesca, permitió ajustar el área a explorar, limitándola a aquellos sectores con presencia de montes o cadenas montañosas, donde por su profundidad y de acuerdo a la experiencia de pesquerías similares sería factible la presencia de orange roughy. Es así como se definieron tres subsectores:



- Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins (Fig. 1a).
- Litoral entre Taltal (25°S) y Corral (40°S), denominado isla Mocha por existir antecedentes no publicados de captura de la especie objetivo en sus cercanías (Fig. 1b).
- Islas de San Félix, San Ambrosio y cordillera de Nazca (Fig. 1c).

#### **4.1.2 Embarcaciones utilizadas**

Durante el estudio se utilizaron dos embarcaciones arrastreras el B/F “Betanzos” y el B/I “Abate Molina” (Fig. 2), ambas implementadas para capturar hasta profundidades de 1.000 metros.

El equipamiento electrónico de detección estuvo compuesto por ecosondas digitales de alta profundidad de 2.000 metros de alcance, marca Simrad modelo EP500 en el B/F “Betanzos” y EK500 en el B/I “Abate Molina”.

El B/F “Betanzos” operó en los montes submarinos de Juan Fernández, Bajo O'Higgins y el sector comprendido entre punta Changos y Corral, mientras que el B/I “Abate Molina” desarrolló sus actividades de exploración entre Taltal y punta Changos, San Félix, San Ambrosio, Juan Fernández y Bajo O'Higgins (Fig. 3).

#### **4.1.3 Arte de Pesca**

Durante el estudio se utilizó una red de arrastre de fondo tipo Arrow, similar a la utilizada en las pesquería de orange roughy en Nueva Zelandia (Fig. 4). Las características relevantes del diseño de la red es el alto calibre de su hilo (5 mm) y la ausencia de ala inferior, reemplazada por cadenas, haciéndola adecuada para operar en fondos duros.



La longitud de relinga alcanza un total de 29,7 metros, una extensión desde la punta de alas al inicio del túnel de 51,2 metros y tamaños de malla que fluctuaban entre 240 mm en la sección delantera de la red que disminuían a 100 mm en la sección del túnel. Las malletas y estándares tenían una longitud de 50 metros cada uno.

El desarrollo vertical de la red medida en el centro de la relinga fluctuó entre 5 y 8 metros de altura, mientras que su desarrollo vertical (distancia entre punta de alas) se estimó en 14,9 metros.

## **4.2 Metodología por objetivo específico**

### **4.2.1 Objetivo específico 1. “Determinar la distribución geográfica y batimétrica de orange roughy y su fauna acompañante”**

#### **4.2.1.1 Exploración de áreas**

Con el objeto de dar cumplimiento a este objetivo específico, en aquellos sectores (montes submarinos), que por su profundidad era factible la presencia del recurso objetivo se efectuaron dos actividades que fueron: un levantamiento batimétrico del área (Fig. 5) y la realización de lances de pesca.

#### **a) Levantamiento batimétrico**

Se ejecutó mediante la realización de una grilla de muestreo, con transectas generalmente paralelas entre si y con una separación de una milla náutica. Los datos de profundidad georeferenciados, fueron almacenados y procesados mediante el programa Seaplot Depth Gathering System, que permite en tiempo real la localización de las profundidades y mediante un post-proceso la generación de cartas batimétricas que confieren una mayor seguridad en las operaciones de pesca.



## b) Lances de pesca

Una vez realizado el levantamiento batimétrico y analizadas las características de profundidad, topografía y calidad del fondo, se definieron los sectores que presentaban condiciones aptas tanto para la pesca de arrastre como para la presencia de la especie objetivo, de acuerdo al conocimiento del asesor de pesca en base a su experiencia en las pesquerías de orange roughy.

En los sectores definidos se procedió entonces a realizar lances de pesca (Fig.6), los que pueden clasificarse como:

- **Lances de exploración:** Son aquellos realizados en las áreas donde el juicio experto consideró que existía la posibilidad de presencia del recurso objetivo.
- **Lances de caracterización:** Fueron aquellas operaciones de pesca realizados en aquellas zonas donde se haya detectado la presencia de orange roughy. Estos estuvieron orientados a caracterizar la zona de pesca en términos de extensión, rendimientos y caracterización biológica del recurso.

### 4.2.1.2 Datos operacionales

Durante los lances de pesca se recopilaban en formularios diseñados para el efecto los siguientes datos del lance: número, posición (latitud y longitud), fecha, profundidad del fondo, altura de la boca de la red, horas de virado y calado, horas de inicio y fin de arrastre, longitud de cable, dirección y fuerza del viento, presión barométrica, estado de mar, tipo de fondo, captura y composición de especies.



### 4.2.1.3 Procesamiento de los datos

#### a) Índices de abundancia relativa

La abundancia relativa de la especie objetivo, se estimó a partir de los datos de captura y esfuerzo obtenidos en los diferentes lances de pesca, basado en el supuesto de la existencia de proporcionalidad entre la captura observada por unidad de área barrida por un arte de muestreo (red de arrastre) y el área de estudio (Gunderson, 1993).

Un aspecto importante a considerar lo constituye un adecuado conocimiento del área muestreada por el arte de pesca. En el presente estudio, se había considerado estimar el desarrollo vertical de la red según el método propuesto por Koyama (1968), que a partir de la divergencia de los cables de arrastre a la salida de las pastecas de arrastre, estima mediante procedimientos trigonométricos primero la abertura de los portalones y luego la abertura entre la punta de alas. Sin embargo, por razones que serán explicadas más adelante no se pudo aplicar el método propuesto.

Los valores de densidad por lance (c.p.u.e) fueron estandarizados al área de una milla náutica<sup>2</sup> mediante la expresión:

$$c.p.u.e.(j) = \frac{C_j}{E_j} = \frac{C_j}{T_j * V_j * (AP)}$$



donde:

- $c.p.u.e._{(j)}$  = captura por unidad de esfuerzo del lance "j" (t \* milla náutica<sup>-2</sup>)  
 $C_{(j)}$  = captura del lance "j" (toneladas)  
 $E_{(j)}$  = Esfuerzo del lance "j" (milla náutica)<sup>2</sup>  
 $T_{(j)}$  = tiempo de arrastre del lance "j" (horas)  
 $V_{(j)}$  = velocidad de arrastre del lance "j" (nudos)  
AP = abertura entre punta de alas de la red (millas náuticas).

El valor promedio del índice de densidad (c.p.u.e.) y su variabilidad, se estimó mediante los siguientes métodos:

### Método de grupo aleatorio

$$\overline{c.p.u.e._{(k)}} = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m c.p.u.e._i$$

donde:

- $c.p.u.e._{(k)}$  = densidad de recurso en la zona "k" (t\*milla náutica<sup>-2</sup>)  
m = número de lances realizados en la zona "k"

Para obtener la variabilidad del estimado de densidad, se utilizó el método de cálculo de varianza (Cochran, 1977; Sparre y Venema, 1995):

$$VAR (c.p.u.e._{(k)}) = \frac{1}{m * (m - 1)} * \sum_{i=1}^m (c.p.u.e._i - \overline{c.p.u.e._{(k)}})^2$$



- VAR (c.p.u.e.<sub>(k)</sub>) = varianza del estimado de densidad en el área "k"  
m = número de lances en la zona "k".  
c.p.u.e.<sub>(i)</sub> = captura por unidad de esfuerzo en el lance "i"  
c.p.u.e.<sub>(k)</sub> = captura por unidad de esfuerzo promedio en la zona "k"

### Método Geoestadístico

Un segundo método utilizado para estimar la densidad promedio y su variabilidad, correspondió a un estimador geoestadístico el cual hace uso de la correlación espacial entre los datos para generar estimaciones puntuales (mapeo) y globales (estimación de densidad promedio) en el área de estudio (Petitgas y Lafont, 1997).

La densidad o índice de abundancia promedio en un área "k"  $Z_k^*$  se estima como:

$$Z_k^* = \sum_{\alpha} (w_{\alpha} * z(x_{\alpha}))$$

siendo  $z(x_{\alpha})$  el valor de densidad medido en el punto  $x_{\alpha}$  definido por su latitud y longitud y  $w_{\alpha}$  su ponderador ( $\sum w_{\alpha} = 1$ ).

La varianza es estimada mediante un algoritmo de kriging, que pondera los puntos de muestreos de acuerdo a su posición relativa y estructura, generando un estimador de varianza como:

$$\sigma_e^2 = \frac{2}{V} \sum_{\alpha} w_{\alpha} \int_{\gamma} (x_{\alpha} - y) dy - \overline{\gamma_{vv}} - \sum_{\alpha} \sum_{\beta} w_{\alpha} w_{\beta} \gamma (x_{\alpha} - x_{\beta})$$





En el método intrínseco (estacionaridad de segundo orden), el semivariograma  $\gamma(h)$  es estimado a través de los datos mediante el semivariograma experimental  $\gamma^*(h)$  (Armstrong *et al.*, 1992), que representa el promedio de las diferencias cuadráticas entre dos mediciones experimentales realizadas en dos puntos separados por una distancia  $h$ .

Existe una variedad de modelos que permiten ajustar el variograma experimental, en función del rango “a” que representa la distancia hasta la cual las muestras presentan correlación y “C” el valor asintótico o *sill* del variograma. Los modelos efecto nugget, esférico y exponencial, los comúnmente utilizados y cuyas funciones en términos de variograma están dados por:

### Efecto nugget

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ C & |h| > a \end{cases}$$

Este modelo corresponde a un fenómeno puramente aleatorio, sin correlación entre los datos, no importando lo cerca que estén.

### Modelo esférico

$$\gamma(h) = \begin{cases} C \left[ \frac{3|h|}{2a} - \frac{1}{2} \left( \frac{(|h|)^3}{a^3} \right) \right] & |h| < a \\ C & |h| > a \end{cases}$$



Este modelo probablemente es el más utilizado, presenta un crecimiento lineal hasta una cierta distancia y después se estabiliza. La tangente al origen, intercepta el *sill* en un punto con abcisa  $2a/3$ .

### **Modelo exponencial**

$$\gamma(h) = C * \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \right]$$

Para propósitos prácticos el rango o distancia de autocorrelación, puede considerarse como 3 veces el rango teórico. La tangente en el origen intercepta el *sill* en un punto con abcisa  $a$ .

La estimación de los variogramas, se efectuaron mediante la utilización de los paquetes estadísticos EVA2 (Petitgas y Lafont, 1997) y GSLIB (Deutsch and Journel, 1992).

#### **b) Distribución espacial de la abundancia**

La oferta técnica proponía utilizar un sistema de información geográfica (SIG) para analizar la distribución espacial de la abundancia de orange roughy y dories, como también generar mapas de distribución mediante el programa Surfer (Keckler, 1994).

Sin embargo, la distribución del orange roughy caracterizada por una alta variabilidad entre lances y lo reducido de los sectores donde se detectó el recurso en los diferentes sectores explorados, impidió realizar un análisis cartográfico de los índices de abundancia mediante el uso de cuadrículas.



Considerando lo anterior, la distribución de la abundancia del orange roughy se presenta de dos maneras, en el monte llamado Juan Fernández 3, donde se realizó el mayor número de lances y se obtuvieron las mayores capturas, se generó un mapa de distribución de las densidades mediante líneas de contorno, utilizando el método de *kriging ordinario puntual*, que permite interpolar desde los puntos de muestreo (lances de pesca) ponderados en términos de su posición relativa (distancia) y estructura (variograma), hacia los sectores no muestreados de distribución del recurso en el área de estudio (Armstrong *et al.*, 1992).

En los otros sectores, el insuficiente número de datos, ya sea por un bajo número de lances totales como de lances positivos, no permitió la confección de mapas de distribución consistentes por lo que sólo se efectuó un ploteo de los índices de abundancia relativa ( $t * \text{milla náutica}^{-2}$ ) sobre las cartas batimétricas.

La composición faunística de las diferentes zonas exploradas, se comparó mediante el coeficiente o índice de similaridad de Sorensen (S), citado por Pinheiro-Joventino (1998), basado en la presencia-ausencia de especies como:

$$S = \frac{2a}{2a + b + c}$$

donde  $a$  es el número de especies comunes a dos áreas,  $b$  y  $c$  número de especies presentes en las áreas 1 y 2.



## **4.2.2 Objetivo específico 2. "Recopilar y analizar antecedentes que permitan avanzar en el conocimiento de las principales características biológicas del orange roughy y su fauna acompañante"**

### **4.2.2.1 Toma de datos**

Con el fin de caracterizar biológicamente las especies capturadas, en cada lance se registró a una fracción de los ejemplares capturados anotando los siguientes datos: peso, sexo, longitud, peso de gónadas, estadio de madurez sexual y peso eviscerado. Se recolectaron también estructuras óseas (otolitos) y estómagos.

Dado el desconocimiento previo de los niveles de captura posibles de obtener, no fue posible fijar una muestra mínima por especie y lance, por lo cual se optó de acuerdo a la disponibilidad de tiempo y captura, tomar una muestra de tres cajas de 32 l de capacidad.

### **4.2.2.2 Procesamiento de los datos**

#### **a) Estructura de tallas**

Los registros de longitud provenientes de los muestreos de las capturas fueron ingresados a registros computacionales y procesados por subzonas definidas.

Los datos de longitud, permitieron efectuar las estimaciones de la composición en longitud de las especies orange roughy y alfonsino, que fueron estimadas mediante una combinación lineal de las distribuciones de tallas obtenidas en cada lance, empleando como factor de ponderación, los valores de captura (kg) de la respectiva especie obtenida en cada lance.



Las distribuciones de longitud ponderadas se estimaron como:

### Estimador para la distribución ponderada de longitud $P_{pk}$

$$\hat{P}_{pk} = \sum_{j=1}^j \frac{d_j}{D} \hat{P}_{jk}$$

### Estimador de la varianza de $P_{pk}$

$$\hat{V}(\hat{P}_{pk}) = \sum_{j=1}^j \left[ \frac{d_j}{D} \right]^2 \hat{V}(\hat{P}_{jk})$$

### Estimador del coeficiente de variación de $P_{pk}$

$$CV(\hat{P}_{pk}) = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{P}_{pk})}}{\hat{P}_{pk}}$$

donde:

$$D = \sum_{j=1}^j d_j$$

$$\hat{P}_{jk} = \frac{n_{jk}}{n_j}$$

$$\hat{V}(\hat{P}_{jk}) = \frac{1}{n_j - 1} \hat{P}_{jk} [1 - \hat{P}_{jk}]$$



- j : Lance  $j = 1, 2, \dots, j$
- k : Clase de talla  $k = 1, 2, \dots, k$
- $d_j$  : Captura (kg) del lance  $j$
- $n_j$  : Muestra de longitud (ejemplares) en el lance  $j$
- $n_{jk}$  : Ejemplares de longitud  $k$  en la muestra del lance  $j$

Se realizaron contrastes entre las distribuciones de tallas ponderadas, tanto para cada especie considerada, separadas por sexo y para los diferentes montes en que fueron capturadas, mediante la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov (Conover, 1980), test que permite determinar si ambas provienen de una misma distribución muestral.

#### **b) Proporción sexual**

Las proporciones sexuales ponderadas fueron estimadas empleando una metodología similar a la descrita para la estimación de distribuciones de tallas.

#### **c) Relación longitud peso**

La relación longitud - peso para las especies capturadas se determinará usando la ecuación multiplicativa:

$$P = a * L^b$$

donde:

- P = Peso total del pez (kg)
- L = Longitud total del pez (cm)
- a y b = Constantes de la regresión



#### d) Fecundidad

La determinación de la fecundidad de la especie orange roughy fue realizada contando y midiendo el número de huevos provenientes de los ejemplares muestreados. El conteo de los huevos se realizó siguiendo el método de Pankhurst *et al.* (1987a), en el cual se toma una muestra de 1 a 2 gramos de las gónadas maduras (estados 3 y 4), lo cual posteriormente se expande al peso total de la gónada.

#### e) Estado de Madurez

Los estados de madurez se estimaron mediante el uso de dos métodos, el primero fue utilizando la escala de madurez determinada por Pankhurst *et al.* (1987 b) (tabla 1), y el segundo fue utilizando el índice gonadosomático, que corresponde a la relación entre el peso de la gónada y el peso corporal multiplicado por cien.

#### f) Factor de Condición

El factor de condición de orange roughy fue determinado mediante la siguiente relación (Fulton *et al. fide*, Weatherley, 1972):

$$FC = \frac{P}{L^3} * 100$$

donde  $P$  es el peso total del pez (gr) y  $L$  la longitud (cm)

#### g) Contenido estomacal

El contenido estomacal de orange roughy fue determinado analizando un total de 44 estómagos muestreados al azar durante el período de estudio, en el laboratorio se



separaron los contenidos de los estómagos de su pared corporal para realizar dos análisis, un índice utilizado fue el de repleción definido por Hureau (*fide* Berg, 1979) de la siguiente forma:

$$Ir = \frac{PF}{P} * 100$$

donde *PF* corresponde al peso del alimento ingerido (gr) y *P* el peso del pez (gr).

El otro índice utilizado fue el de importancia relativa, que considera la importancia de cada fracción de presa (Pinkas *et al. Fide*, Berg, 1979).

$$IIR = \ln ((\% N + \% P) \% F + 1)$$

donde:

% N = porcentaje en número

% P = porcentaje en peso

% F = porcentaje de frecuencia de ocurrencia

#### **h) Determinación experimental de edad**

Durante ambos cruceros de investigación se logró coleccionar un total de 259 pares de otolitos "sagitta", correspondientes a capturas de orange roughy realizadas entre las zonas de Juan Fernández, Bajo O'Higgins e isla Mocha. Estos fueron almacenados, indicándose la procedencia y datos del pez.





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## **5. RESULTADOS**

### **5.1 Determinar la distribución geográfica y batimétrica del orange roughy y su fauna acompañante en el área de estudio.**

#### **5.1.1 Levantamiento batimétrico**

Durante el estudio se exploraron y efectuaron levantamientos batimétricos en 23 montes submarinos (Figs. 7-29), cuyas características básicas como son su posición geográfica y área proyectada considerando desde la cota superior hasta un máximo de 1.500 metros se entregan en la Tabla 2.

De los 23 montes explorados, los que presentaron una mayor extensión fueron los denominados como Juan Fernández 1, Juan Fernández 2 y Nazca 5, con superficies proyectadas de 169, 166 y 211 millas náuticas<sup>2</sup>, correspondiendo al 48,5% del área total de los montes explorados. Los otros montes explorados (20) presentaron una superficie total 546 millas náuticas<sup>2</sup> con un rango que fluctuó entre 0,7 y 87 millas náuticas<sup>2</sup>.

#### **5.1.2 Distribución geográfica del orange roughy**

Las capturas de orange roughy obtenidas durante ambos cruceros ascendieron a 154,98 toneladas, de las cuales en el monte Juan Fernández 3 se obtuvieron 152,5 t (98,3%), el resto de la captura fue obtenida en los montes Juan Fernández 4 con 1,23 t (0,8%), Bajo O'Higgins 1,08 t (0,7%), Juan Fernández 2 con 0,15 t (0,01%) e isla Mocha 0,033 t (0,02).



La distribución de orange roughy estimada a partir de los lances positivos respecto a la captura de este recurso, se puede limitar a los montes localizados entre los 33° y 38° de latitud sur, mientras que longitudinalmente estuvo presente en las cercanías de isla Mocha, Bajo O'Higgins y en torno al archipiélago de Juan Fernández (Fig.30).

Batimétricamente, el recurso fue capturado en profundidades de 413 a 760 metros, obteniéndose las mayores capturas entre los 600 y 700 metros.

No obstante lo anterior, esta distribución debe ser considerada en forma preliminar y es posible pensar en una mayor amplitud en la distribución, especialmente en aquellos montes localizados en torno al archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, los cuales por su cercanía, características batimétricas y la existencia de índices de similaridad específicas moderadas ( $S=0,35$ ) entre ambas zonas, podrían también ser considerados como hábitat adecuados para el orange roughy.

### 5.1.3 Índices de abundancia de orange roughy

Los índices de abundancia de orange roughy expresados en términos de toneladas \* milla náutica<sup>-2</sup>, presentaron un amplio rango de valores que fluctuaron desde 0 a 46.611 t \*milla náutica<sup>-2</sup> (Tabla 3).

La alta variabilidad observada en los valores de abundancia relativa por lance, se presenta también en los estimadores promedios de densidad en los distintos montes donde fue capturado. Al respecto, considerando los valores estimados para la operación del B/F "Betanzos" que aplicó el mayor porcentaje del esfuerzo de pesca y obtuvo las mayores capturas, los indicadores de abundancia relativa por monte variaron entre 0,9 y 5.878 t \* milla náutica<sup>-2</sup> y coeficientes de variación que fluctuaron entre 132% y 219% estimados según el método de grupo aleatorio y



desde 0,8 a 5.353 t \* milla náutica<sup>-2</sup> por el método geoestadístico con coeficientes de variación superiores entre 57 y 72% (Tabla 4).

De aquellos montes con presencia de orange roughy, cabe destacar el denominado Juan Fernández 3 (Fig. 31), con un densidad promedio estimada de 5.358 t\*milla náutica<sup>-2</sup>. Allí se capturaron 152,5 toneladas del recurso objetivo de las cuales 149,1 toneladas fueron obtenidas en cuatro de los quince lances allí realizados (Fig. 32). Lo anterior implica, que los lances de mayor volumen, significaron el 97,8% de las capturas aportando el 98% de la densidad promedio del monte.

Con respecto a los demás montes explorados (Figs. 33 y 34), los indicadores de densidad estimados son bajos, basta señalar que dentro de éstos los mayores valores fueron obtenidos en el Bajo O'Higgins 1 (35,4 t \* milla náutica<sup>-2</sup>) y Juan Fernández 4 (32,8 t \* milla náutica<sup>-2</sup>), que corresponden a menos del 0,6% de la densidad promedio estimada en Juan Fernández 3.

La alta variabilidad en las densidades estimadas al interior de cada monte, puede ser un efecto del comportamiento del recurso, en este sentido se pueden considerar a lo menos dos factores, uno sería la existencia de una migración nictimeral, sustentada en el hecho que los lances con mayor captura se efectuaron durante el período nocturno (Tabla 3) y el otro, la característica gregaria del recurso.

#### **5.1.4 Distribución de la abundancia de orange roughy**

La distribución de la abundancia de orange roughy estimada a partir de los valores de densidad de los lances de pesca, muestran al recurso concentrado en áreas de pequeñas dimensiones al interior de cada monte.



Lo anterior se refleja en la dimensiones de las áreas, consideradas como el producto de las distancias latitudinal y longitudinal entre los lances de pesca con captura más alejados entre si (Tabla 4). Allí se puede observar que en el monte de mayor concentración del recurso (Juan Fernández 3), las dimensiones del área de distribución alcanzó a 3,5 millas náuticas<sup>2</sup> con una extensión latitudinal y longitudinal de 3,1 y 1,1 millas náuticas respectivamente, representando el 15,9% del área de dicho monte. Una situación parecida se registró en el Bajo O'Higgins 1 donde el área con captura alcanza a 9,3 millas náuticas<sup>2</sup>, es decir, el 28,6% de la superficie proyectada del monte.

Por otra parte, los variogramas estimados para modelar la distribución espacial del recurso (Fig.. 35), muestran la presencia de una alta componente aleatoria en la distribución del recurso (efecto pepita), como también la presencia de microestructuras en los montes Juan Fernández 3 y Bajo O'Higgins, es decir donde se registraron las mayores capturas, representadas por el rango del variograma de dimensiones no mayores a 0,032° (1,9 millas náuticas).

### **5.1.5 Fauna acompañante**

Durante ambos cruceros se capturaron 168,76 toneladas de las cuales 154,98 t (91,8%) correspondieron a orange roughy y 13,78 t (8,2%) a fauna acompañante, representadas por 31 especies (Tabla 5 y 6), algunas de las cuales se presentan en las figuras 36a, 36b. Sólo tres de las especies consideradas como fauna acompañante alfonsino, tiburón narigón negro y jaiba araña representaron un aporte superior al 1% de la captura total.

En lo que respecta a sus niveles de importancia, éstas correspondieron a: alfonsino (28,2%), merluza de cola (18,8%), tiburón narigón negro (23,0%) y jaiba araña (18,3%), que en total aportan el 88,3% a la captura de fauna acompañante.



Dentro de las especies antes mencionadas, se debe señalar que todo el aporte de la jaiba araña proviene de un lance efectuado al sur de Corral ( $40^{\circ}48'S$ ), mientras que casi el 70% de los 3.123 kg capturados de tiburón narigón (2.200 kg) corresponden a un lance realizado al norte de isla Mocha.

Dentro de las especies de interés comercial inmediato, sobresale el alfonsino del cual se capturaron 3.846 kg, en lances efectuados en los subsectores de Nazca y Juan Fernández, observándose además en los equipos de detección acústicos agregaciones a mediagua (Fig. 37), que serían factibles de capturar con el sistema de pesca apropiado.

#### **5.1.6 Aspectos operacionales**

En la propuesta se señaló la ejecución de lances de exploración y caracterización, sin embargo las dificultades operacionales que importó operar por primera vez sobre este recurso, como fueron el comportamiento del recurso, topografía y características de los fondos y reconocimiento de sus ecotrazos, hace difícil diferenciar entre ambos tipos de lances especialmente en aquellas áreas donde se capturó orange roughy.

Dentro de los aspectos operacionales, uno de los factores más relevante lo constituye el tiempo de arrastre, el cual es una componente del esfuerzo de pesca. Durante los lances realizados en el presente estudio, el tiempo de arrastre efectivo por lance fluctuó entre 1 y 90 minutos de duración (Fig. 38), ubicándose 30 lances (37,5%) por un período inferior a 10 minutos.

La alta variabilidad en la duración efectiva de los lances, se puede atribuir además del desconocimiento del comportamiento de este recurso, a los tipos de fondos, que correspondieron a terrenos de características irregulares, de pendiente media ( $20^{\circ}$ ) y



duros, lo cual incrementa el riesgo ya natural de una operación de pesca. Lo anterior queda respaldado por el hecho que de los 80 lances de pesca realizados en 29 de ellos (36,3%), se observaron anomalías en el desarrollo del lance (trabadas).

Otros factores que contribuyen a la alta variabilidad en la duración de los lances de pesca, son la característica gregaria del recurso y su tendencia a localizarse en las cercanías de accidentes topográficos, cima o ladera de los montes submarinos (Fig. 37), que unido a los tipos de fondos, obliga a tomar un amplio resguardo con el objeto de mantener por el tiempo estrictamente necesario el contacto entre el sistema de pesca y el fondo.

Lo anterior, además imposibilitó la medición por el método propuesto (Koyama, 1968), la abertura entre punta de alas para la estimación del área barrida por la red en cada lance, debido principalmente a la alta profundidad de pesca ya que los cables prácticamente no presentaron divergencia a una distancia de dos metros de las pastecas de arrastre. Por esta razón, la abertura de la punta de alas se estimó en 14,9 metros, equivalente al 50% de la longitud de relinga, valor que es concordante con el referido por su fabricante (Smith, com. pers.).

#### **5.1.7 Estructuras de tallas**

En la figuras 39 y 40 se grafican las distribuciones de frecuencia de tallas de orange roughy y en la Tabla 7 se entrega un resumen de los valores del número de ejemplares muestreados, rango de tallas y valor modal, diferenciados por sexo.

Un hecho a considerar, lo constituye el tamaño de las muestras especialmente en las capturas obtenidas en el sector de isla Mocha y J. Fernández 2, que impiden efectuar una estimación consistente de su valor modal.



En el monte J. Fernández 3, donde se obtuvo el mayor porcentaje de las capturas, la moda se centró en 43 cm con un rango de tallas que varió entre los 30 y 52 cm para los machos, localizándose el 12% de los ejemplares en el rango de 40-46 cm y el 50% presentó una talla inferior a 43 cm.

En el caso de las hembras, éstas presentan una distribución centrada hacia tallas mayores en relación a los machos, con un rango que fluctuó entre 40 y 56 cm, con una distribución multimodal con valores centrados en 43, 47 y 50 cm.

Estadísticamente las distribuciones entre ambos sexos, no muestran diferencias significativas entre ellas

Los resultados obtenidos en el Bajo O'Higgins mostraron un rango de tallas que fluctuó entre 39 y 51 cm, con un valor modal de 44 cm. En lo referente a las hembras el valor modal se ubica entorno a los 49 cm, con un rango de tallas entre 42-57.

Con respecto a las estructuras de tallas estimadas para alfonsino (Tabla 8, Figs. 41 y 42), presentan para la zona de Juan Fernández un rango de talla que fluctuó 21 y 44 cm en machos y 23-45 cm en hembras, siendo estadísticamente diferentes entre ellas.

En la zona de Nazca la distribución estuvo centrada en ambos sexos hacia ejemplares de menor tamaño, en el rango de 18 a 26 cm.





### 5.1.8 Relación longitud peso

En función al número de datos, sólo se estimó la relación peso-talla de orange roughy en los muestreos realizados en el Bajo O'Higgins y Juan Fernández 3 (Fig. 43 y 44).

En ambos casos y para ambos sexos la relación muestra estadísticamente un crecimiento isométrico ( $b=3$ ).

En el caso del alfonsino, también presenta un crecimiento isométrico ( $b=3$ ) y estadísticamente ambas relaciones son similares.

### 5.1.9 Proporción sexual

En la tabla 9 se presenta la proporción sexual de orange roughy por área durante el período de estudio, allí se observa la existencia de una alternancia en el predominio de los sexos en los montes de Bajo O'Higgins y archipiélago de Juan Fernández, de las hembras en agosto y machos en septiembre.

La proporción sexual por monte explorado de orange roughy y alfonsino ponderada a la captura se presenta en la tabla 10, mediante un test  $\chi^2$  ( $\alpha=5\%$ ) fue posible confirmar que para orange roughy en el monte 3 de J. Fernández y en el monte Bajo O'Higgins existe una predominancia significativa de machos, mientras en el monte 4 de J. Fernández y el monte de Isla Mocha hubo una predominancia significativa de hembras. En el caso de Alfonsino también con el mismo test se confirmó la predominancia significativa de los machos en tres de los cuatro montes analizados (Tabla 11).



También se realizó un test  $\chi^2$  para ver la predominancia sexual en los distintos lances realizados en el monte J. Fernández 3 y en el monte B. O'Higgins, en los cuales la proporción sexual fue significativamente distinta de 1:1 en la mayoría de los lances. En el primer caso de los 20 lances analizados, se encontró una predominancia significativa de las hembras en 16 de éstos, mientras que en Bajo O'Higgins de los 7 lances analizados se encontró en 4 de éstos una predominancia significativa de machos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en Nueva Zelandia en que se ha encontrado una marcada separación de los sexos en agregaciones de desove e incluso se menciona que los machos serían los primeros en llegar a estos sitios de desove (Pankhurst, 1988).

En la figura 45 se presenta la distribución de frecuencia de longitud por sexo y por zona de orange roughy, en donde es posible apreciar claramente que existe una predominancia de hembras hacia las tallas mayores. En Juan Fernández esta predominancia comienza a partir de los 39 cm de longitud estándar, mientras que en el Bajo O'Higgins comienza a los 40 cm de longitud estándar.

#### **5.1.10 Contenido estomacal**

El índice de repleción (Ir) alcanzó un valor de 0,17 debido a que la mayoría de los estómagos no tenían alimento o en muy poca cantidad. El peso del estómago con contenido alimenticio osciló entre 12 y 68 gramos y el peso de la bolsa del estómago sin alimentos varió entre 10 y 48 gramos en peces que pesaban entre 1.400 y 4.100 gramos.

En los contenidos alimenticios se encontraron solamente tres tipos de presas: peces, crustáceos y calamares, generalmente en proceso de digestión, siendo identificado en el caso de los peces a mictófidis y en el caso de los crustáceos a camarón rojo, mientras que de los calamares, se encontraron generalmente sus picos. De esta forma



fue realizado el índice de importancia relativa para estos tres tipos de presas resultando en 9,1 para peces, 7,4 para crustáceos y 5,3 para calamares, lo que indica que sin duda alguna existe la preferencia por los peces, en especial mictófidios.

#### **5.1.11 Fecundidad**

La talla de primera madurez no fue posible obtenerla ya que en los lances realizados en los dos meses del período de estudio sólo fue posible obtener ejemplares que sobrepasaban los 30 cm, longitud que es considerada como de madurez (Mace *et al.*, 1990; Bell *et al.*, 1992; Francis *et al.*, 1997).

Los resultados del análisis de 31 muestras dio como resultado un número entre 21.000 y 94.000 huevos, con esta fecundidad total y el peso corporal total del pez se realizó una ecuación de regresión dando una fecundidad relativa de 23.000 huevos por kilo de peso corporal total, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Pankhurst *et al.* (1987 a), en que obtuvo una fecundidad relativa de 22.000 huevos por kilo de peso total del cuerpo.

El tamaño de los huevos maduros en Estado 2 oscilaron entre 0,5 y 1,8 mm, y presentaban una coloración anaranjada por la cantidad de yema que contenían, los huevos del estado 3 medidos alcanzaron un tamaño entre 1,3 y 2,0 mm, con una mezcla entre huevos hialinos y anaranjados, mientras que los huevos del estado 4 eran notoriamente hialinos con pocos huevos anaranjados y alcanzaban un tamaño entre 1,5 y 2,4 mm, lo cual concuerda con lo reportado por Bulman y Koslow (1995).

#### **5.1.12 Estado de Madurez**

Los estados de madurez descritos para las hembras por Pankhurst *et al.* (1987 b) son presentados en la figura 46, esta escala de madurez es muy útil para la identificación



de los estados, sin embargo en los estados 3 y 4 la distinción no es clara y sólo hay que tener cuidado en que el estado 4 presenta la mayoría de los huevos hialinos. Mediante esta escala fueron calculados los estados de madurez a bordo, cuyos resultados son presentados en la tabla 12, en la cual es claro observar que la mayoría de los ejemplares se encontraban en estado 3 y 4 para machos y hembras respectivamente, durante el mes de agosto, al mes siguiente se encontraban en el estado inmediatamente superior.

Los índices gonadosomáticos de 94 ejemplares analizados indicaron un promedio de 9,77 para el mes de agosto, lo cual concuerda con lo indicado para Nueva Zelanda en los períodos de desove (Pankhurst, 1988).

#### **5.1.13 Factor de Condición**

El factor de condición es una expresión que representa el peso del cuerpo en función de la longitud del pez, se le considera como un “índice de bienestar corporal” o como un “índice de engorde”, en cuya variación influye el aumento o disminución del peso gonadal, en los períodos de predesove, desove y postdesove (Weatherley, 1972).

Los resultados por mes y sexo son entregados en la tabla 13, indicando en general en este período una cifra muy superior a 1, tanto en machos como en hembras, lo cual era de esperar ya que los ejemplares se encontraban en estado de madurez. Es notorio el factor de condición más alto en las hembras en el mes de agosto, el cual alcanza 1,90, lo que podría señalar que sería un período predesove.



#### **5.1.14 Estimación experimental de la edad**

La determinación de la edades máximas que alcanza esta especie ha presentado una gran dificultad, de hecho los valores informados fluctúan entre catorce y ciento cincuenta años (Smith, 1995, Gauldie, 1997), dependiendo del método utilizado.

Por esta razón el cumplimiento de esta actividad, se ha enfocado hacia la puesta a punto del método adecuado para la preparación e interpretación de los otolitos (Anexo 1).



## 6. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Primeramente se debe señalar que el presente estudio fue realizado sobre un recurso del cual no existían mayores antecedentes en Chile, en términos de su proceso de captura, comportamiento y distribución, por lo tanto, los resultados obtenidos deben ser analizados teniendo en consideración dicha situación.

Los resultados obtenidos, aunque preliminares, constituyen el primer esfuerzo sistemático documentado y se puede considerar como satisfactorio pues permiten aportar una base donde sustentar el desarrollo de una pesquería chilena de orange roughy, teniendo además en consideración la trayectoria de pesquerías sobre este mismo recurso en otros países.

En lo referente a la distribución detectada para el recurso objeto del estudio, se puede señalar que aunque se habían seleccionado cerca de 30 montes, en los cuales según los antecedentes disponibles en la literatura y experiencia del asesor de pesca era interesante explorar la existencia de orange roughy, las diferencias batimétricas entre los datos de las cartas y los datos de terreno redujeron el número a 23, de los cuales sólo en 5 se capturó orange roughy.

En términos generales se puede señalar que la distribución de orange roughy, es concordante con lo consignado por Kloser (1996), Lyle *et al.* (1991), Smith, (Com. Pers.) para los caladeros de Nueva Zelandia, Australia y Namibia, donde este recurso se localiza en torno a los montes submarinos, ya sea en sus cimas y laderas, estas últimas generalmente de pendiente irregular y terreno duro, pero con áreas rastreables con sistemas de pesca acondicionados para tales efectos.



Un factor interesante de destacar, es que de trece lances con captura superior a 100 kg, en doce de ellos el tiempo de arrastre fue inferior a 10 minutos, y en los cuatro lances de mayor volumen el tiempo fluctuó entre 2 y 9 minutos. Lo anterior cobra importancia al utilizar las estimaciones de densidad local para las estimaciones de los índices de abundancia relativa, por cuanto es sabido que una red de arrastre demora en adquirir su configuración de trabajo una vez en contacto con el fondo, lapso que depende de la velocidad de caída de la red y la profundidad de pesca.

Lo anterior habría significado en una operación de arrastre como se conoce en pesquerías tradicionales como la de merluza común o langostinos, que las mayores capturas se obtuvieron antes que la red adquiriera su configuración de trabajo. Sin embargo, debe tenerse en consideración las características que rodean la pesquería de orange roughy, donde debido a la topografía, calidad y tipo de fondos en que se distribuye, es necesario tomar un amplio resguardo para asegurar que la red opere sobre la concentración objetivo y con un mínimo de tiempo en contacto con el fondo, con el objeto de evitar accidentes en la operación de pesca como trabadas y/o roturas, no obstante lo cual esto sucedió en el 36,2% de los lances efectuados.

Por otra parte, la ausencia en los demás lugares explorados no puede ser considerada como algo definitivo, pues teniendo en cuenta el comportamiento del recurso, que presenta altas concentraciones en un corto período, se requiere de un mayor esfuerzo de muestreo para determinar su presencia, por cuanto los montes en que se capturó el recurso exhiben similitudes en términos de sus rangos de profundidad con aquellos en los cuales los lances de pesca fueron bajos o negativos, el hecho que entre ellos exista un nivel moderado de similitud específica, permitiría aventurar la existencia de condiciones adecuadas para su presencia, siendo necesario entonces un muestreo de mayor cobertura temporal.



Los valores observados en los lances de mayor captura, deberían corresponder a concentraciones de pre-desove, lapso en el cual se obtienen las mayores capturas (Coburn and Doonan, 1994), reflejado también en los altos índices gonádicos observados.

Cabe señalar que de acuerdo al área barrida por la red utilizada, en promedio una densidad de  $36 \text{ t} \cdot \text{milla náutica}^{-2}$  equivale a una tasa de captura de  $1 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Vale entonces comparar los resultados obtenidos durante el presente estudio con los informados por Clark y Tracey (1994) al inicio de la pesquería en Nueva Zelanda (1983), donde los rendimientos promedios obtenidos por la flota comercial se estimaron en  $16,2 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $n=222$ ) durante la temporada de invierno, disminuyendo a  $9,2 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $n=307$ ) en el resto del año, valores que corresponden a casi el 10% de las  $159 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  estimadas para el monte Juan Fernández 3.

Otro aspecto de interés, lo constituye a pesar de la cercanía entre los montes, la gran diferencia observada en los rendimientos de pesca especialmente en la zona del archipiélago de Juan Fernández, donde el monte 2 pese a estar a 17 millas náuticas, el rendimiento de pesca es de sólo el 0,02% del obtenido en el monte 3 ( $159 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Una situación similar se observa con respecto al monte Juan Fernández 4, donde la distancia es de 37 millas náuticas y el rendimiento de pesca es del 0,04% en relación al monte donde se obtuvo el máximo rendimiento.

Estas fuertes diferencias entre montes relativamente cercanos, ha sido también observado en la pesquería de orange roughy en Nueva Zelanda donde Clark and Tracey (1994), informan para la principal área de pesquería, Challenger Plateau integrada por tres montes, la existencia de variaciones interanuales en la distribución del recurso, con marcadas fluctuaciones en los rendimientos de pesca en los años 1984 y 1987-1990.





En resumen, se puede señalar que la distribución de orange roughy aunque se localiza en sectores relativamente definidos, es posible observar variaciones al interior de las áreas de pesca.

En lo que respecta a la fauna acompañante, representaron un bajo nivel de captura especialmente donde se capturó orange roughy, hecho que se podría atribuir a las características operacionales de los lances de pesca. Un hecho interesante lo constituyen las capturas de alfonsino, que constituye un recurso potencial, con demanda en el mercado y alto valor económico. Aunque este recurso fue capturado en los tres sectores en estudio, el sistema de pesca utilizado no es el más adecuado, por cuanto en sus pesquerías se opera con arrastre de mediagua y palangres (Ledohey *et al.* 1994), dado que, como también fue observado es este estudio, forma agregaciones semipelágicas.

En forma global, se puede señalar que las capturas de orange roughy se pueden calificar como monoespecíficas, donde la incidencia de la fauna acompañante es casi nulo.

En lo que respecta a la estructura de tallas de orange roughy, estas muestran un absoluto predominio de ejemplares adultos (>30 cm), cual confirma el hecho que los ejemplares muestreados provendrían de una concentración en actividad reproductiva, al igual como ha sido observado en las pesquerías del Pacífico occidental y sobre las cuales se ejerce la mayor actividad de pesca.

En lo referente al estado reproductivo del recurso, este es concordante con lo observado en las pesquerías del Pacífico occidental, en cuanto a que durante el período del invierno austral se concentra en agregaciones de muy alta densidad conformadas por ejemplares adultos, aunque con proporciones sexuales diferentes.



Es justamente el comportamiento reproductivo, el que ha permitido la obtención de altos niveles de captura durante este período y el desarrollo acelerado de la pesquería en el Pacífico occidental, pero también ha permitido que algunos investigadores señalen su preocupación por la sustentabilidad de una pesquería basada en un recurso de extrema longevidad y baja fecundidad, especialmente después de la trayectoria de las pesquerías en Australia y Nueva Zelandia.

No obstante lo anterior, los resultados pueden ser considerados satisfactorios pues se detectó la presencia de orange roughy y alfonsino con niveles interesantes de captura, que podrían dar lugar al desarrollo de dos pesquerías orientadas a recursos de alto valor comercial. El hecho que ambos recursos y especialmente el orange roughy se haya detectado en unos pocos montes, puede ser considerado como parte de la dinámica de este recurso y no significa que en los otros montes explorados no pueda estar presente, hecho que debería ser verificado con posteriores estudios.



## 7. CONCLUSIONES

- 7.1** Se exploraron 23 montes submarinos, detectándose la presencia de orange roughy en cinco de ellos.
- 7.2** El orange roughy fue capturado en montes submarinos localizados en torno al archipiélago de Juan Fernández, Bajo O'Higgins y en las cercanías de isla Mocha.
- 7.3** Se capturaron 154,98 t de orange roughy, de las cuales 152,5 t (98,4%) fueron obtenidas en el monte denominado Juan Fernández 3, y de las cuales 149,2 t (97,8%) del total del monte fueron obtenidas en cuatro lances de pesca.
- 7.4** Las concentraciones de orange roughy detectadas correspondieron a agregaciones en una fase activa de su ciclo reproductivo, con altos valores de índices gonádicos (9) y estadios de madurez sexual 3 y 4 (maduros y desovando).
- 7.5** El índice de captura por unidad de esfuerzo, presentó fuertes variaciones entre montes con captura de orange roughy. En el monte Juan Fernández 3, el valor promedio alcanzó a  $5.353 \text{ t} \cdot \text{milla náutica}^{-2}$  con un coeficiente de variación del 65%, mientras que en el Bajo O'Higgins alcanzó a sólo  $35,5 \text{ t} \cdot \text{milla náutica}^{-2}$ .
- 7.6** La fecundidad de orange roughy se estimó en 23 mil huevos por kilogramo de peso.



- 7.7** La dieta del orange roughy estuvo compuesta por peces (mictófidios), crustáceos (camarones) y moluscos (calamares), con una preferencia por el grupo peces.
- 7.8** La fauna acompañante representó el 8,2% de la captura, pero sólo dos especies, alfonsino y tiburón narigón gris, representaron un aporte superior al 1%.
- 7.9** La especie de fauna acompañante de interés comercial más importante fue el alfonsino, aunque el arte utilizado no era el adecuado para su captura.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Armstrong, M., D. Renard, J. Rivoirard and P. Petitgas. 1992. Geostatistics for fish survey data. Course held at centre of Geostatistiques, Fontainebleau. France, 91 p.
- Bell, J. D., Lyle, J. M., Bulman, C. M., Graham, K. J., Newton, G. M. and D. C. Smith. 1992. Spatial variation in reproduction, and occurrence of non-reproductive adults, in orange roughy, *Hoplostethus atlanticus* Collet (Trachichthyidae), from south-eastern Australia. J. Fish. Biol. 40: 107-122.
- Berg, J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Marine Biology Volume 50 N° 3: 263-274.
- Bulman C. M. and J. A. Koslow. 1995. Development and depth distribution of the eggs of orange roughy, *Hoplostethus atlanticus* (Pisces: Trachichthyidae). Mar. Freshwater Res. 46: 697-705.
- Clark and Tracey. 1994. Changes in a population of orange roughy, *Hoplostethus atlanticus*, with commercial exploitation on the Challenger Plateau, New Zealand. Fish. Bull. 92 (2): 236-253.
- Coburn and Doonan, 1994. *Orange roughy* on the northeast Chatam Rise: A description of the commercial fishery, 1979-88. N.Z. Fish. Tech. Rep. 38, 50 p.



- Cochran, W. 1977. Sampling techniques. John Wiley and Sons. NY. 428 p.
- Conover, W.J. 1980. Practical nonparametric statistics. John Wiley and Sons. NY. 494 p.
- Deutsch, C. and A. Journel. 1992. GSLIB. Geostatistical software library and user's guide. 1992. Oxford University Press. 321 p.
- Elliot, N. and R. Kloser. 1993. Use of acoustic to asses a small aggregation of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*), off the eastern coast off Tasmania. Australian journal of marine and fresh water research, 44:473-482.
- FIP, 1997. Prospección del recurso orange roughy (*Hoplostethus spp*) y su fauna acompañante entre la I y X regiones. Bases técnicas y especiales. FIP 98-05.
- FishFacts. 1996. Deep-sea Dwellers. In: FishFacts 11. Aust. Dept. Primary Industries and Energy. 7 p.
- Francis, R. I. And P. L. Horn. 1997. Transition zone in otoliths of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) and its relationship to the onset of maturity. Marine Biology 129: 681-687.
- Gauldie,-R.W.; I.F.West and G.E. Coote. 1995. Evaluating otolith age estimates for *Hoplostethus atlanticus* by comparing patterns of checks, cycles in microincrement width, and cycles in strontium and calcium composition. Bull.-Mar.-Sci. 1995 vol. 56, no. 1, pp. 76-102.



- Gunderson, D. 1993. Surveys of fisheries resources. John Wiley and Sons, NY. 115 p.
- Keckler, A. 1994. Surfer for windows. Users guide. Golden software Inc. 354 p.
- Kloser, R. 1996. Improved precision of acoustic surveys of benthopelagic fish by means of a deep towed transducer. In: Journal of Mar. Sci, 53: 407-413.
- Koslow, J., R. Kloser, and C. Stanley. 1995. Avoidance of a camera system by a deepwater fish, the orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). Deep-Sea Research I., 42(2): 233-244.
- Koyama, 1968. Study of stern trawl. Bull. Tokai. Fish. Res. Lab. 77:171-241.
- Lehodey, P., P. Marchal and R. Granperrin. 1994. Modelling the distribution of alfonsino, *Beryx splendens*, over the seamounts of New Caledonian. Fish. Bull., 92:748-759.
- Leiva, B., R. Bahamonde, M. Rojas y M. Donoso. 1997. Aspectos pesqueros biológicos. En: Prospección de recursos demersales en aguas interiores de las regiones X y XI. Informe final FIP 95-19. 113 p + anexos.
- Lyle, J., M. Baron, R. Cropp. 1991. Development trawling suggest for remote zone. Aust. Fish. 50(2):10-13.
- Mace, P. M., Fenaughty, J. M., Coburn, R. P. And I. J. Doonan. 1990. Growth and productivity of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the north Chatam Rise. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research Vol. 24: 105-119.





- Miller, P. J. 1984. The tokology of gobioid fishes. In: Potts, G. W.; Wooton, R. J., ed., Fish Reproduction: strategies and tactics, pp. 119-153. London, Academic Press.
- Pankhurst, N. W. 1988. Spawning dynamics of orange roughy, *Hoplostethus atlanticus*, in mid-slope waters of New Zealand. Environmental Biology of Fishes Vol 21, N°2: 101-116.
- Pankhurst, N. W. and A. M. Conroy. 1987 a. Size-fecundity relationships in the orange roughy, *Hoplostethus atlanticus*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, Vol. 21: 295-300.
- Pankhurst, N. W., Mc Millan, P. J. And D. M. Tracey. 1987 b. Seasonal reproductive cycles in three commercially exploited fishes from the slope waters off New Zealand. Journal of fish Biology Vol. 30, N° 2: 193-212.
- Petitgas P and T. Lafont. 1997. EVA2: Estimation variance. Vers. 2. A geostatistical software for Windows 95 for the precision of fish stock assement surveys. ICES. C;M 1997/Y:22.
- Pinheiro-Joventino, F., N. Pinheiro, C. Holderbaum. 1998. Distribuição de algas marinhasno litoral de Fortaleza, Ceara, Brasil. Archivos de Ciencias do Mar. 31(1-2):29-40.
- Seabed Mapping, 1996. Chilean predicted bathymetry. Seabed mapping New Zealand Ltd.
- SHOA, 1992. Formas del relieve submarino. Carta N° 22.



- Smith, D.C., G.E. Fenton, S.G. Robertson and S.A. Short. 1995. Age determination and growth of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*): a comparison of annulus counts with radiometric ageing. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 52, 391-401.
- Sparre, P. Y S. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual FAO Doc. Tec. Pesca, 306/1 Rev 1, 440 p.
- Tilzey, R. D. Ed. 1994. The South East Fishery: a scientific review with particular reference to quota management. Bureau of Resource Sciences, Canberra.
- Weatherley, H. 1972. Growth and ecology of fish populations. Academic Press. London New York. 293 pp.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# FIGURAS

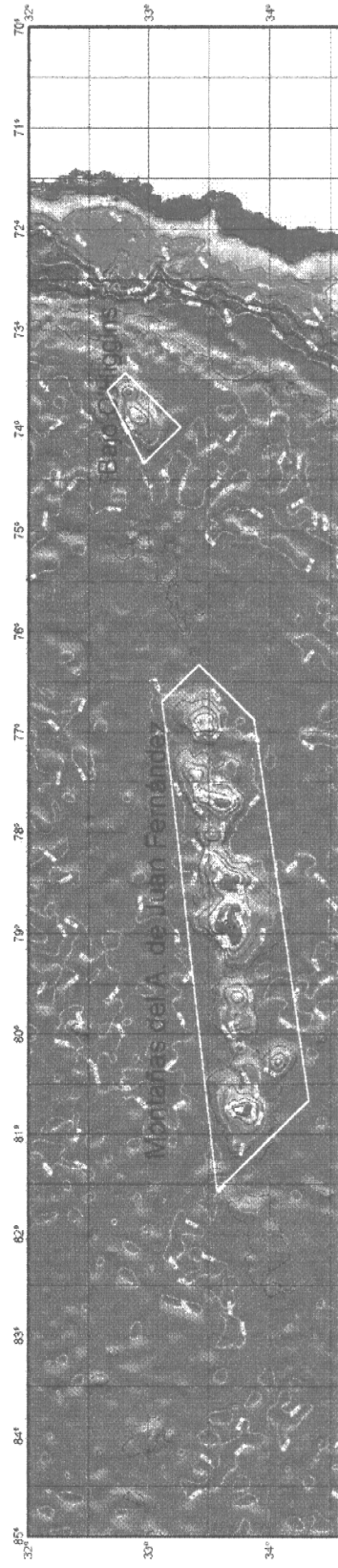


Fig. 1a Area del archipiélago de Juan Fernández y bajo O'Higgins

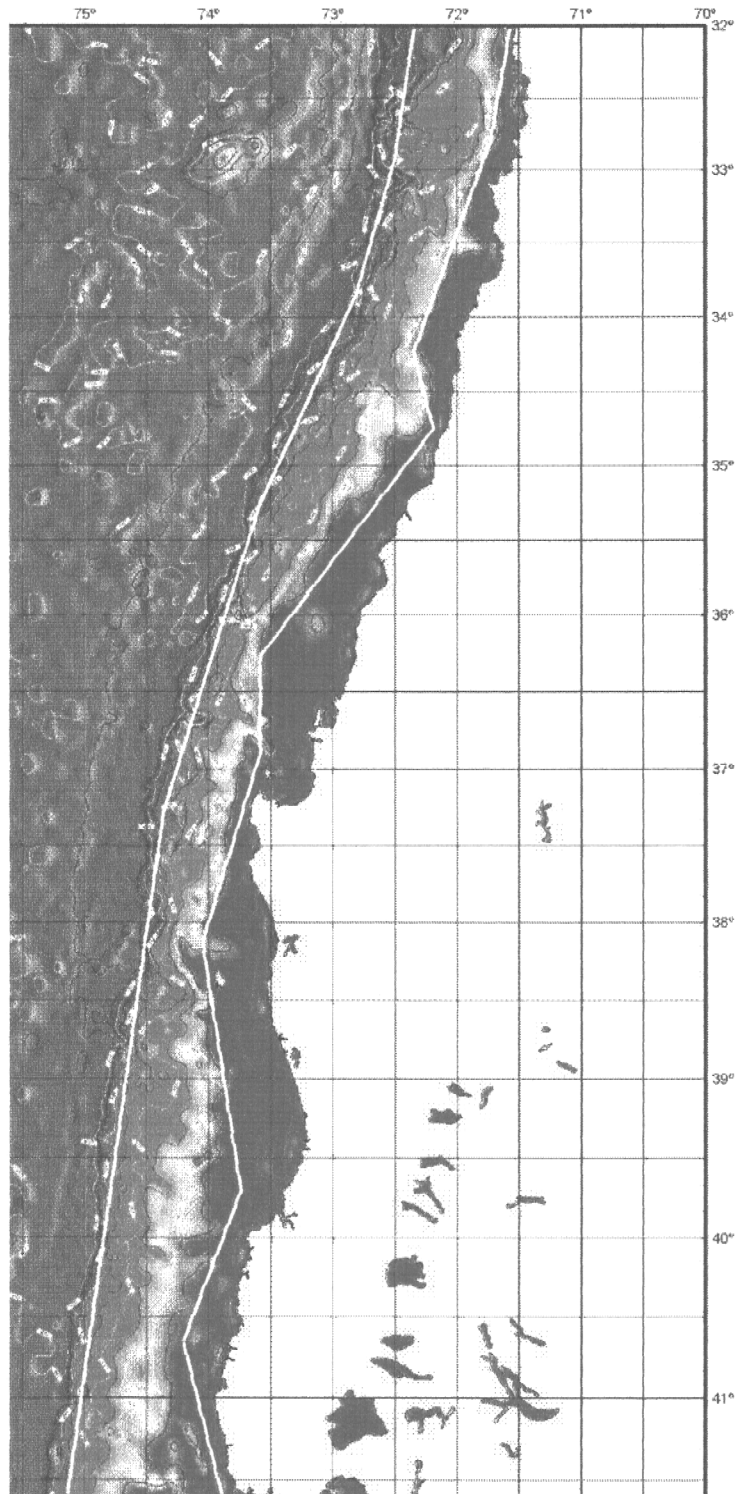


Fig. 1b. Area continental entre punta Changos (32°S) y Corral (40°S)

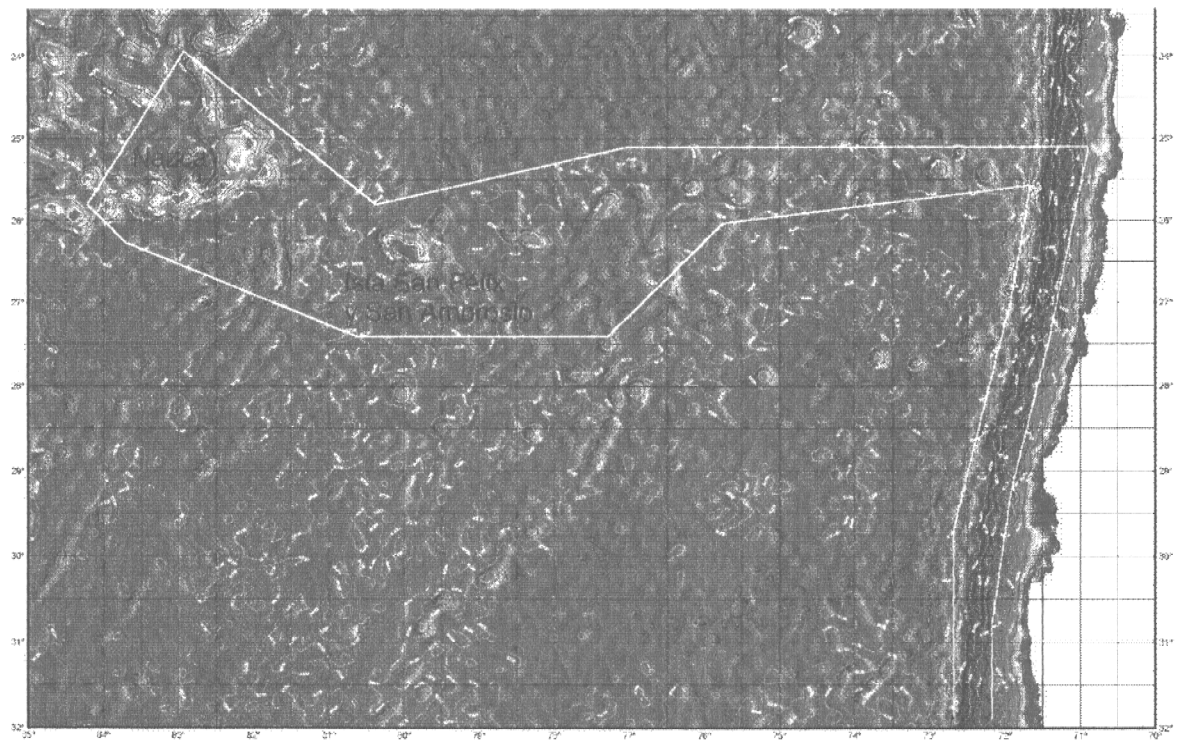
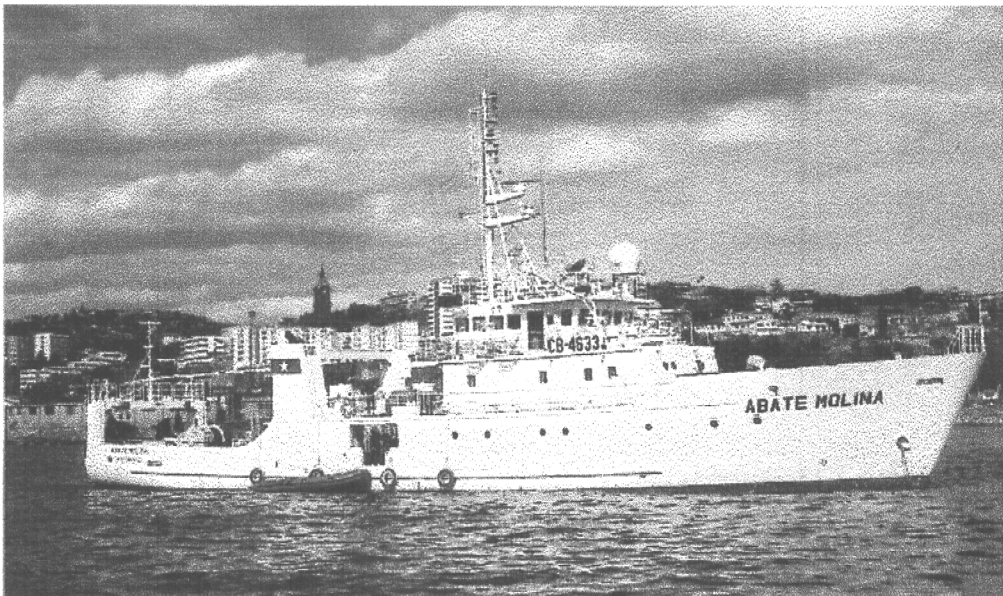


Fig.1c Area continental entre Taltal (25°S) – punta Chagnos (32°S), San Félix-San Ambrosio y cordillera de Nazca.



B/F Betanzos



B/I Abate Molina

Fig. 2 Embarcaciones utilizadas

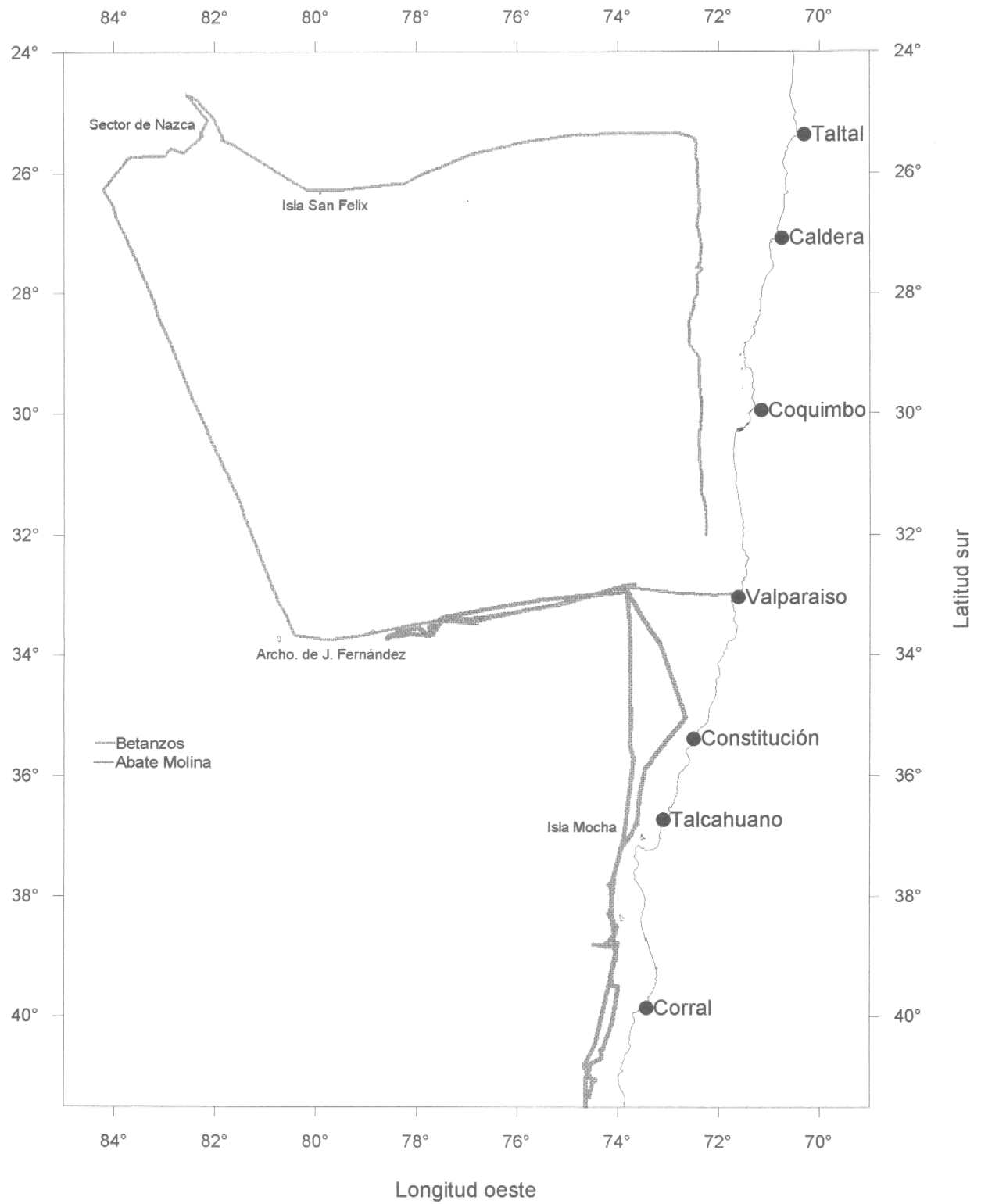


Fig. 3. Track de prospección del B/F "Betanzos" y del B/I "Abate Molina"



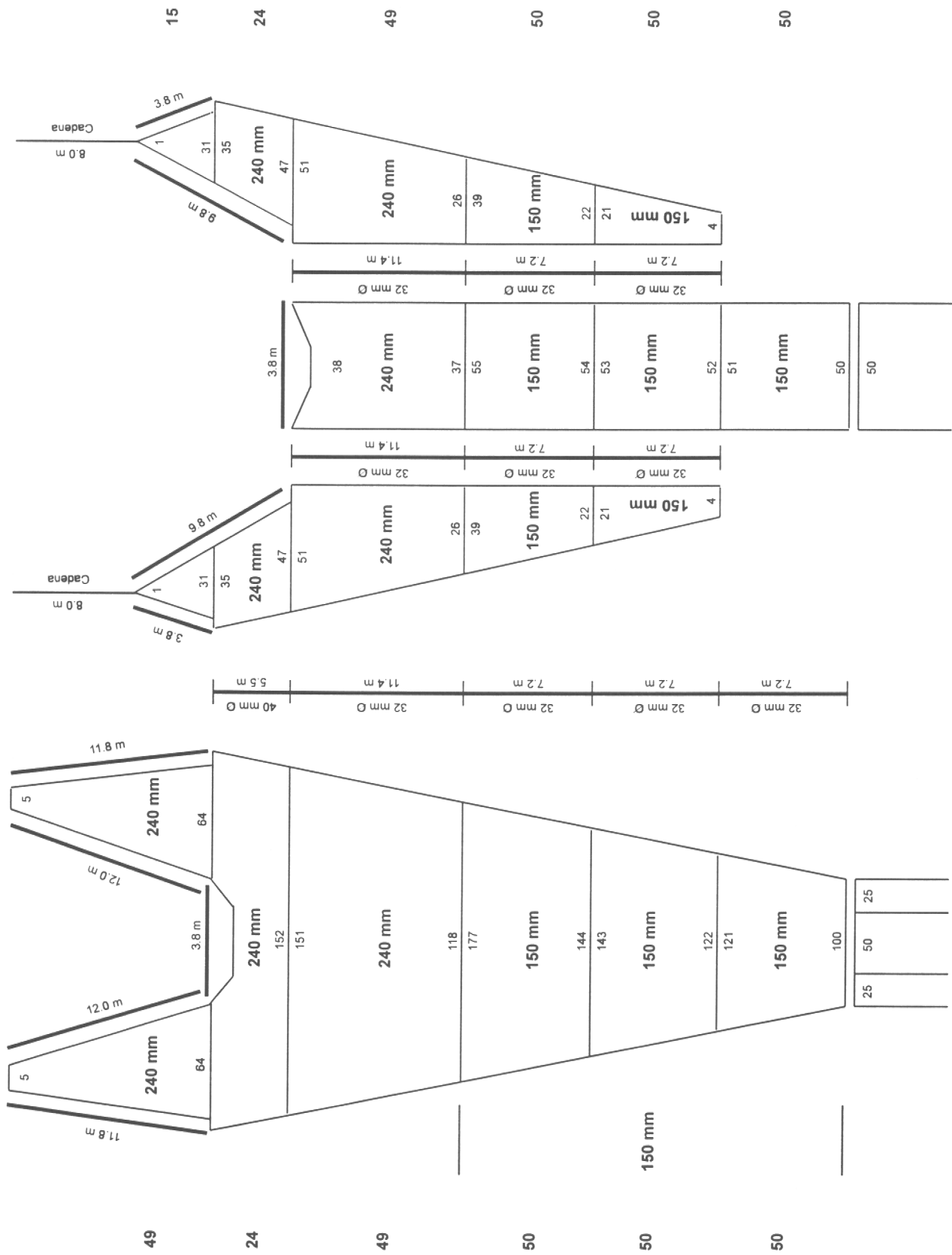


Figura 4.- Red de arrastre utilizada

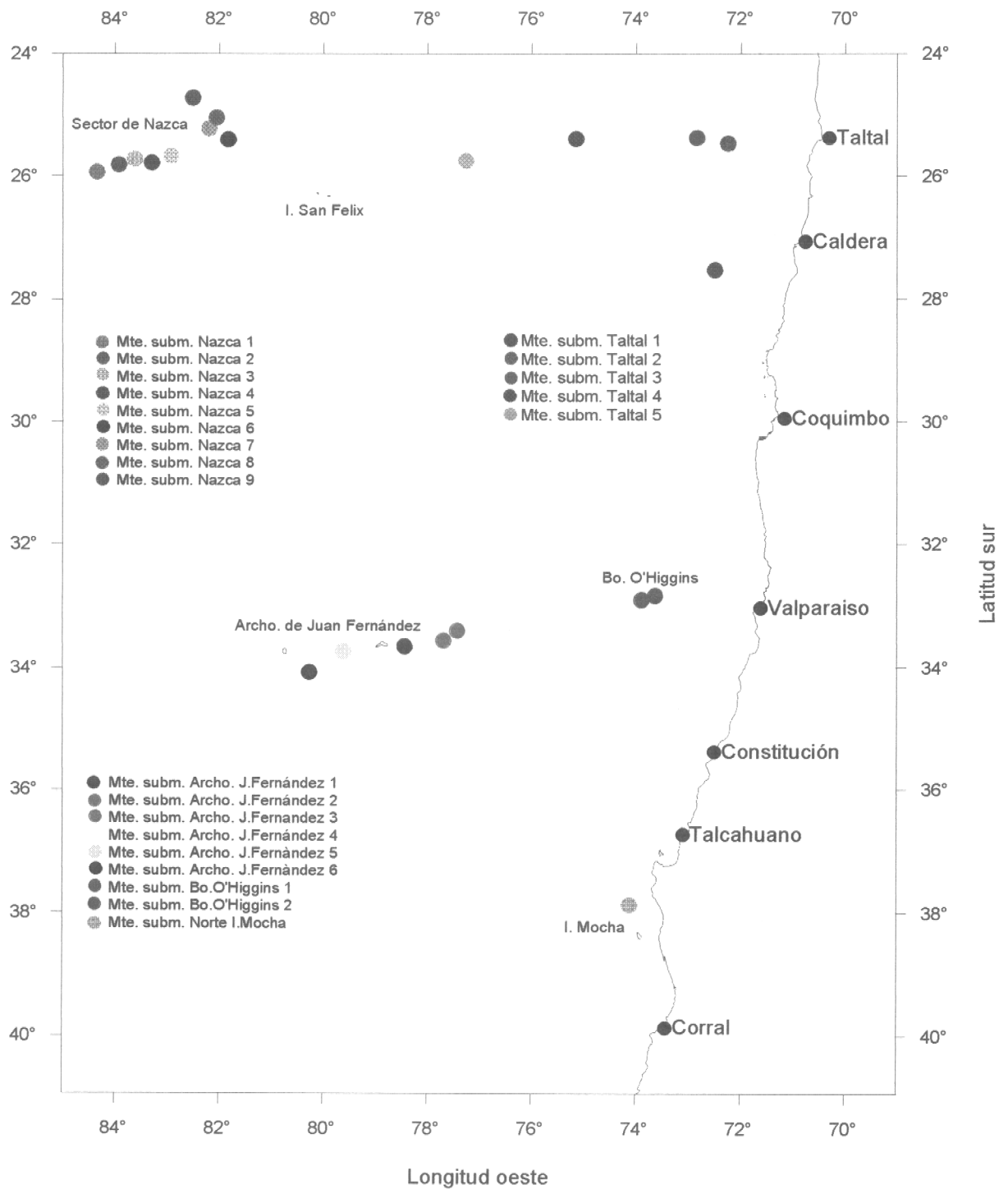


Fig. 5. Ubicación de los montes submarinos explorados durante el estudio

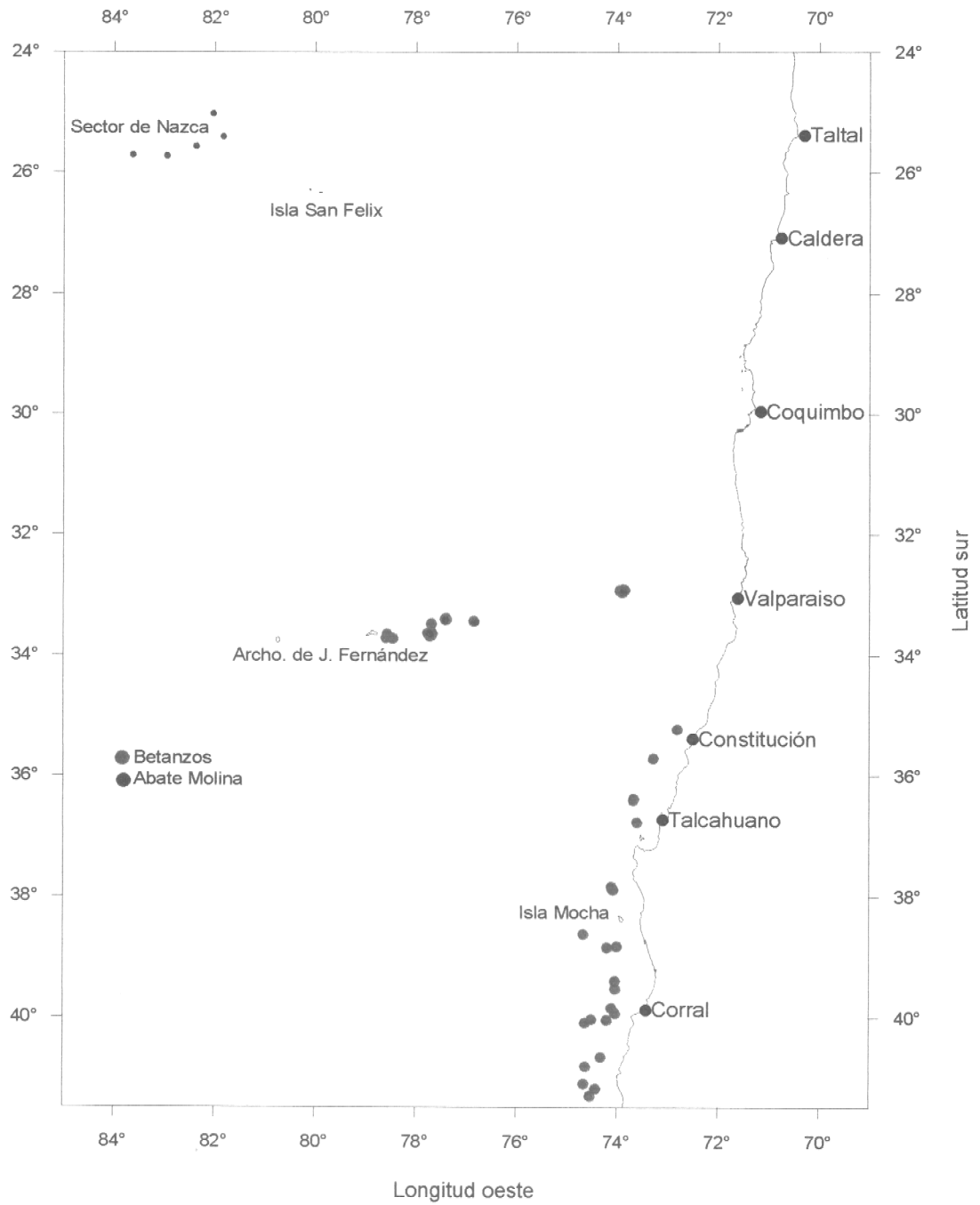


Fig. 6. Localización de los lances de pesca realizados

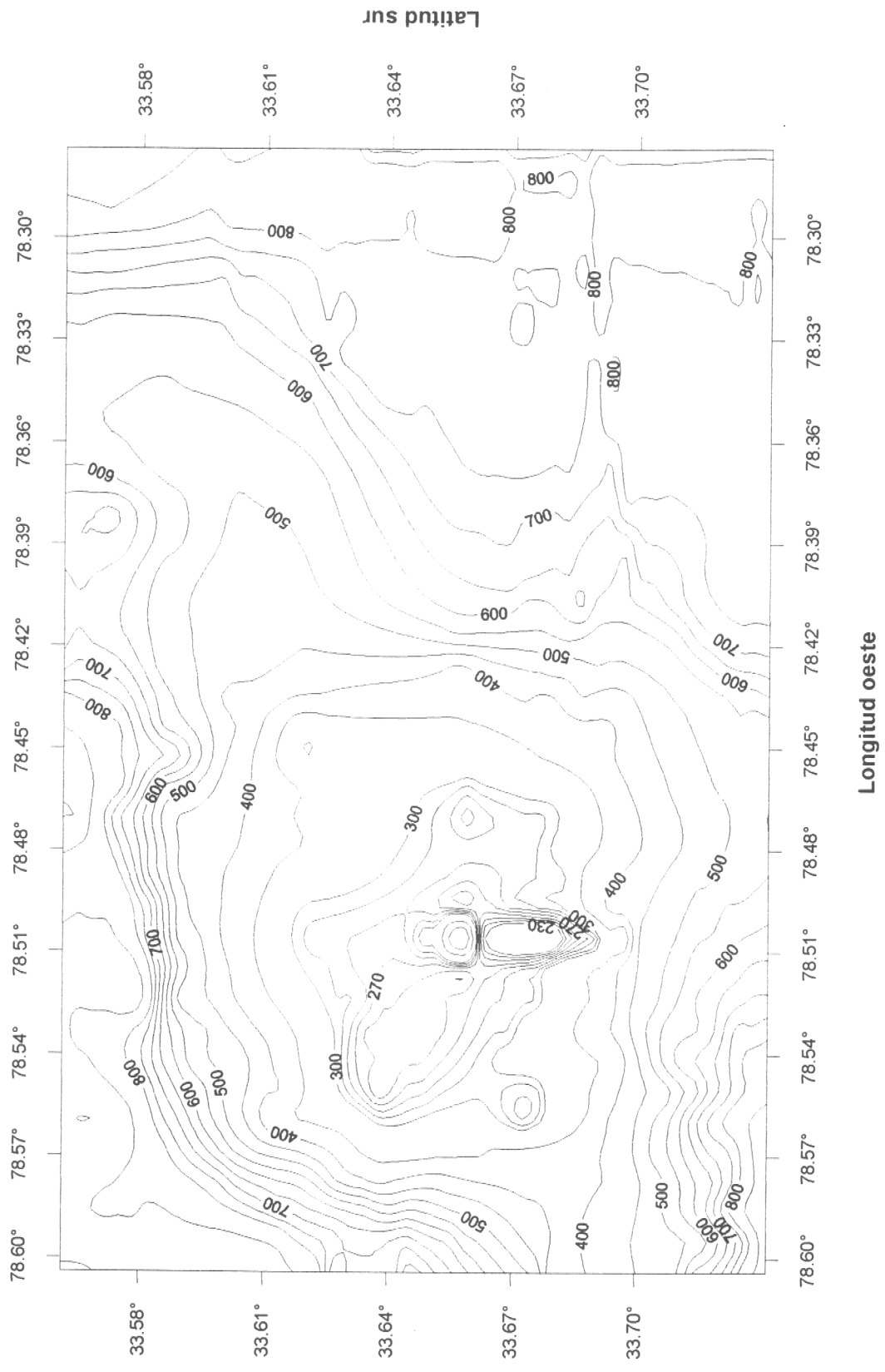


Fig. 7 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 1 en Juan Fernández

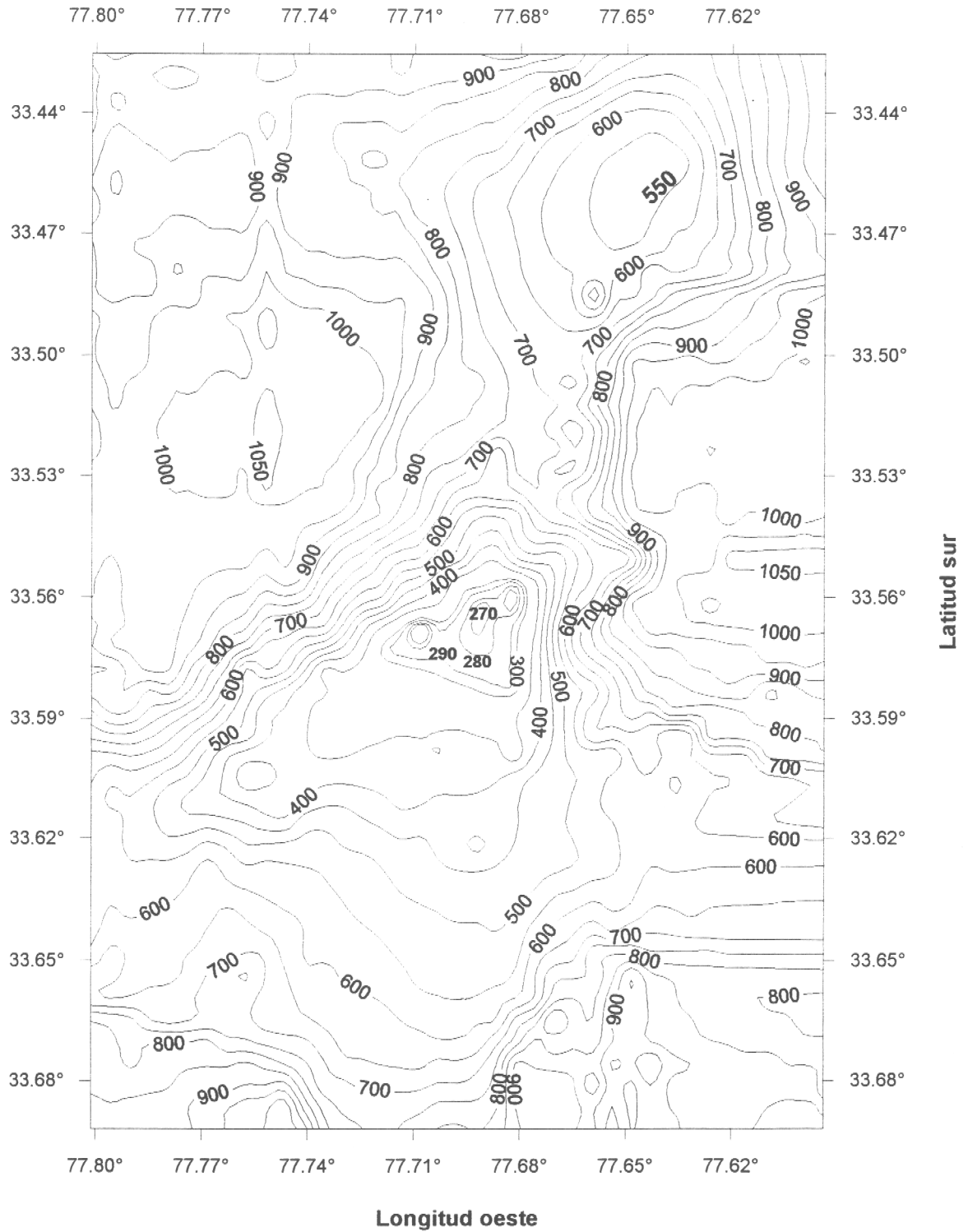


Fig. 8 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 2 en Juan Fernández

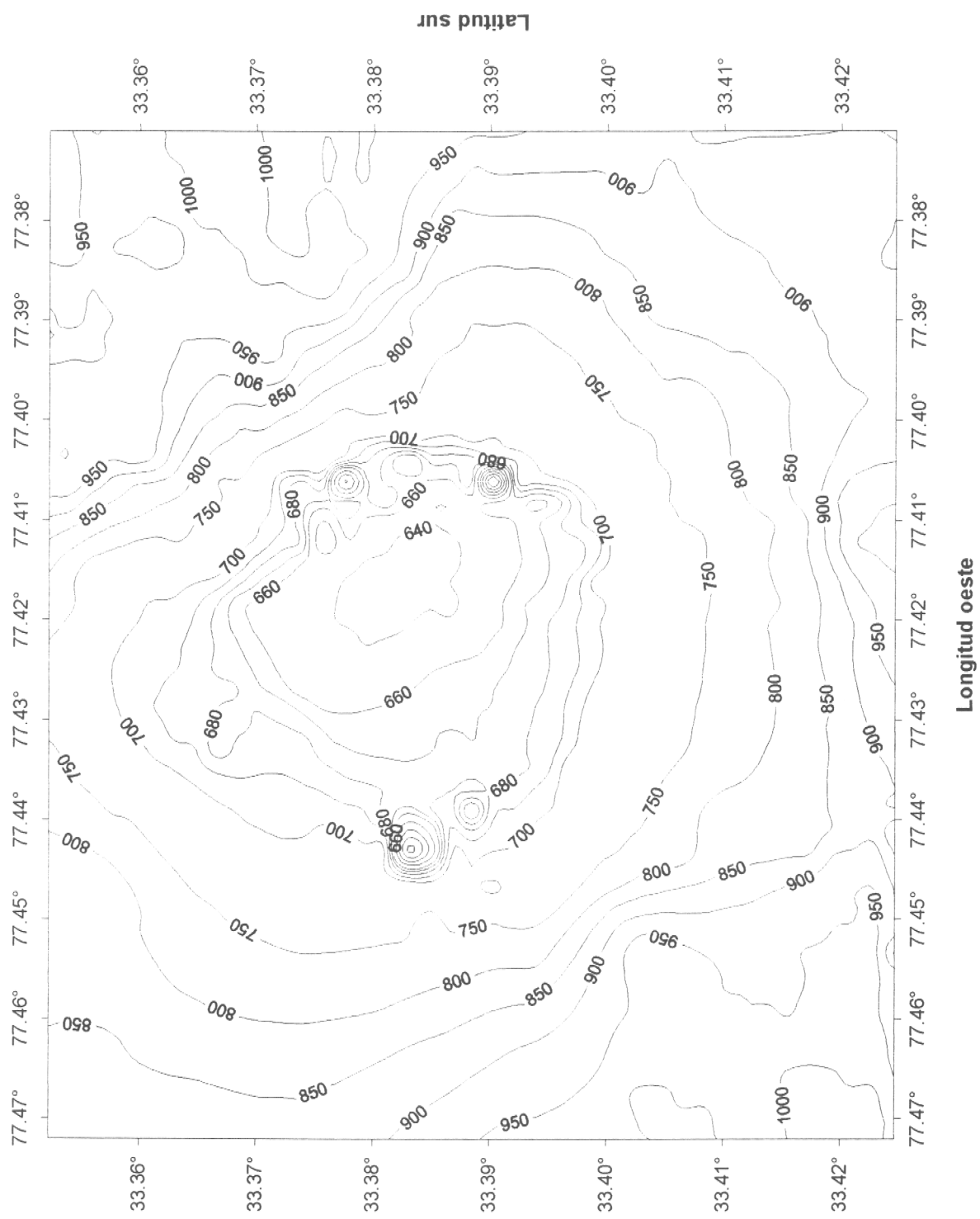


Fig. 9 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 3 en Juan Fernández

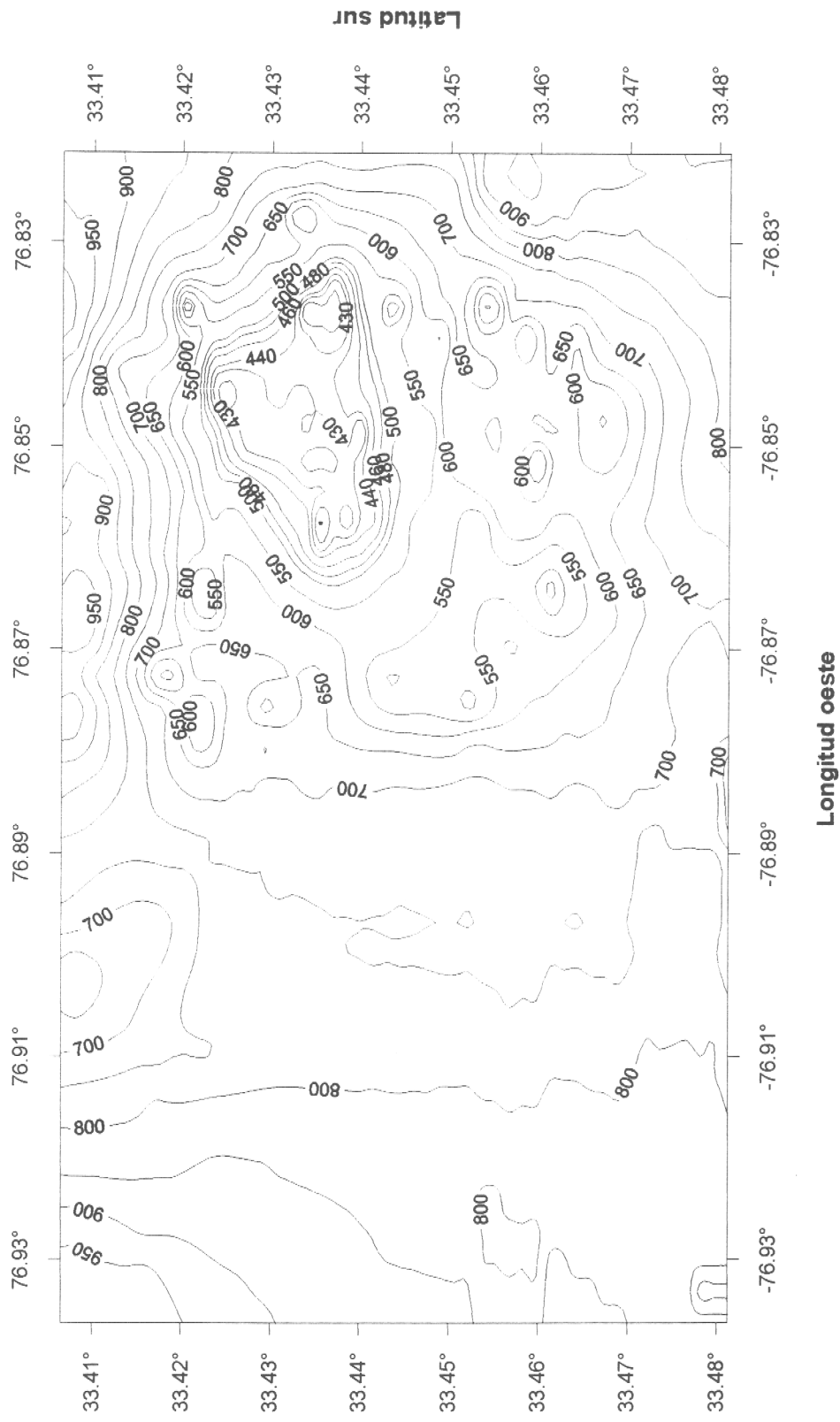


Fig. 10 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 4 en Juan Fernández

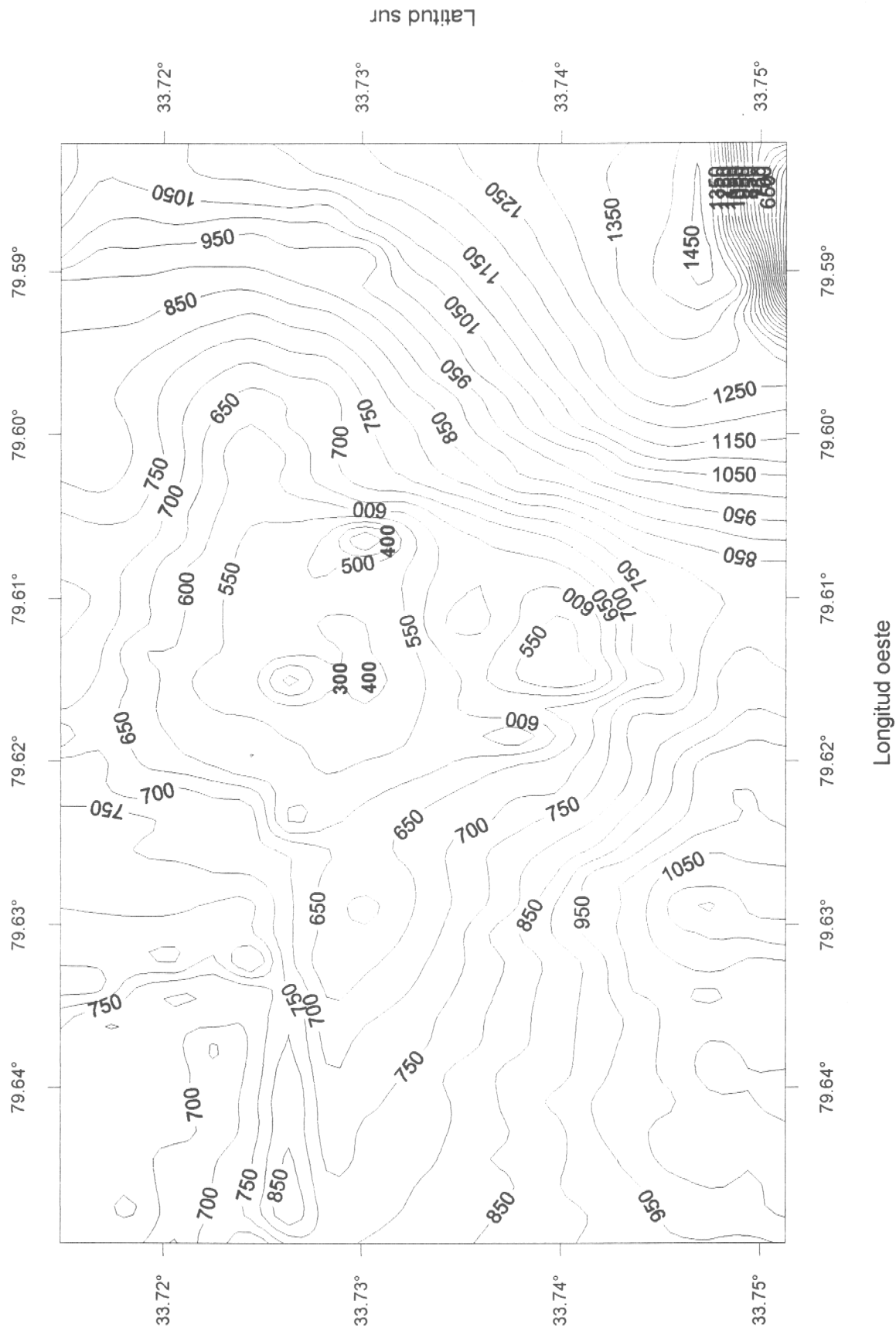


Fig. 11 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 5 en Juan Fernández



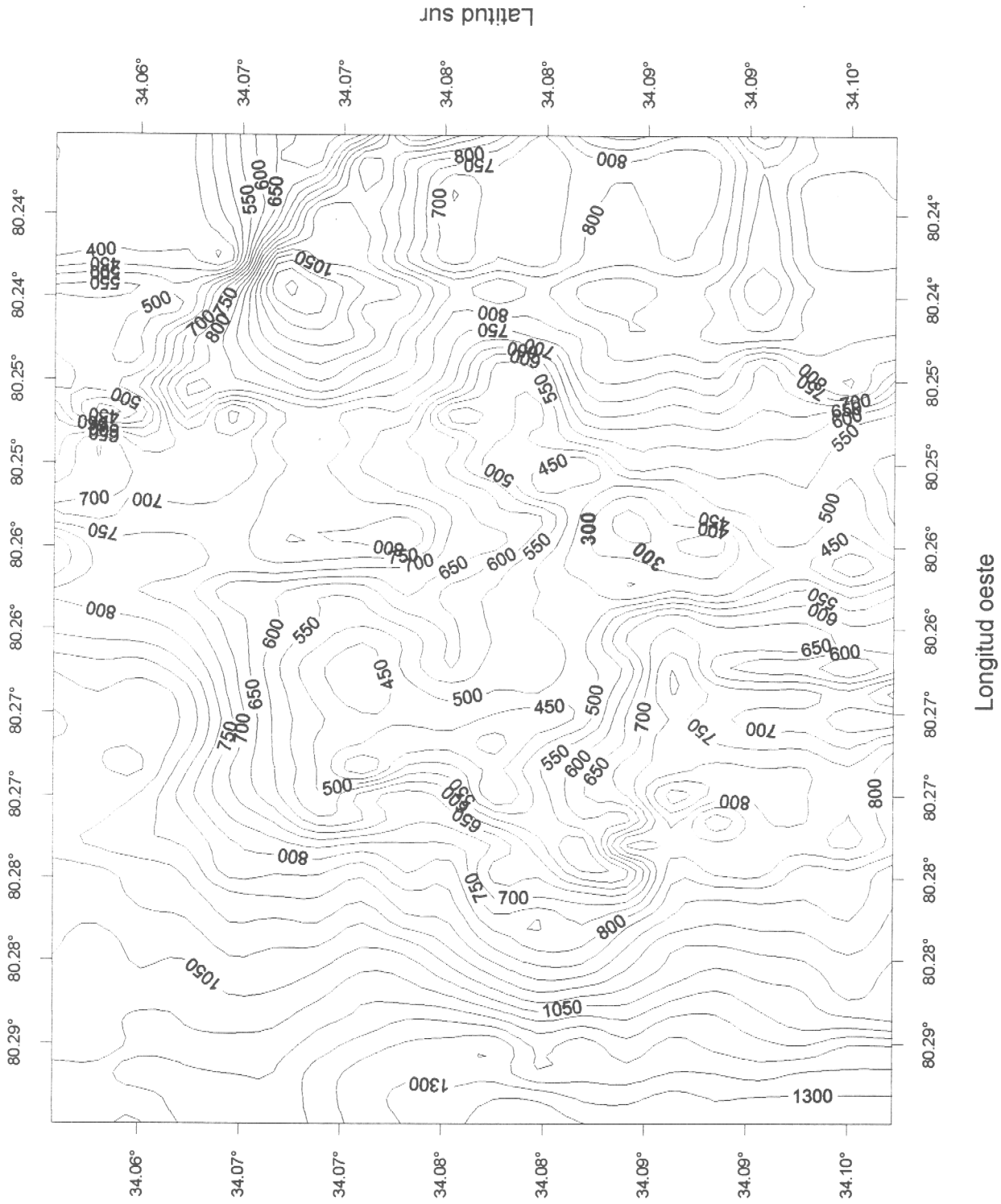
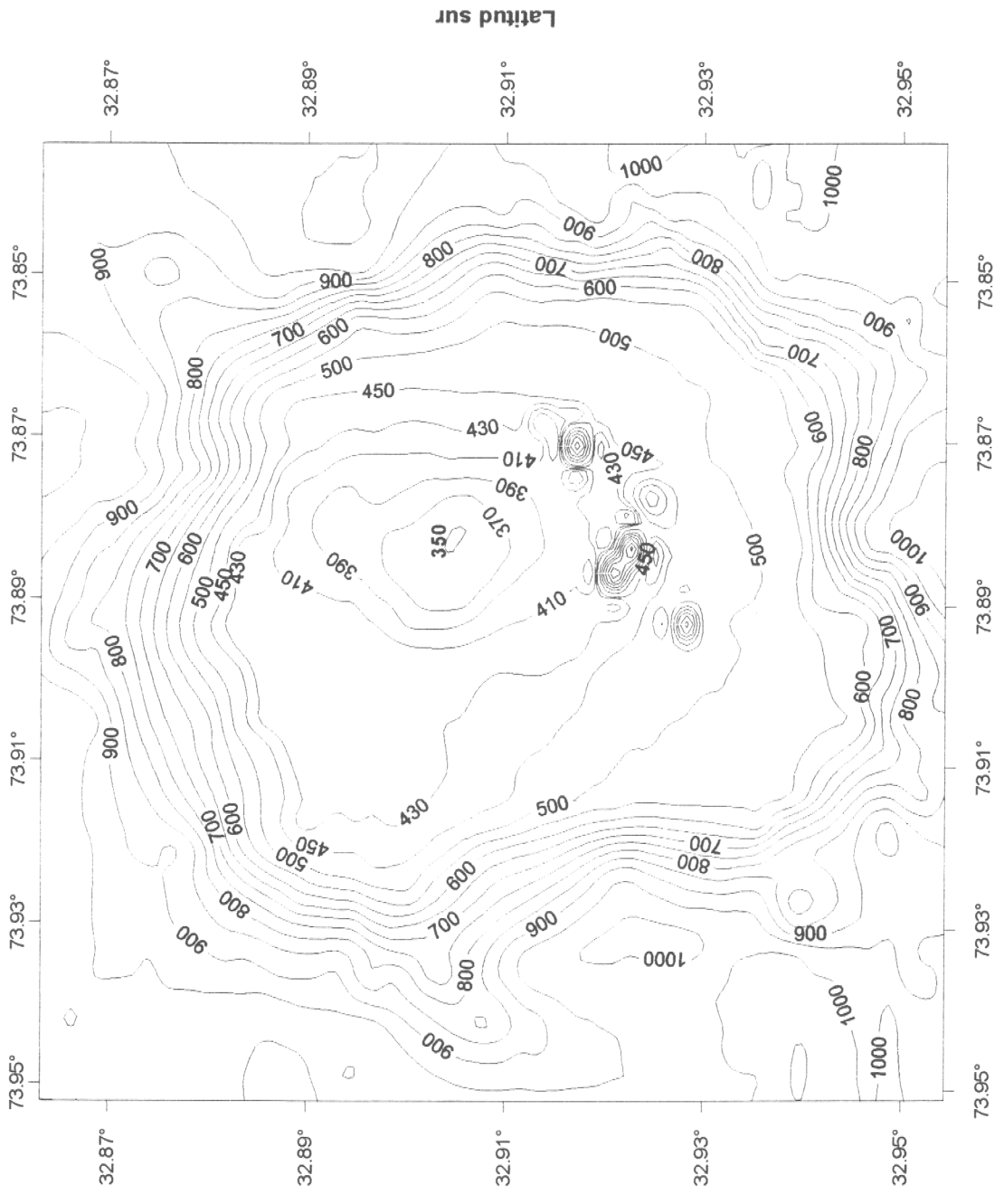


Fig. 12 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 6 en Juan Fernández



Longitud oeste

Fig. 13 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 1 en bajo O'Higgins

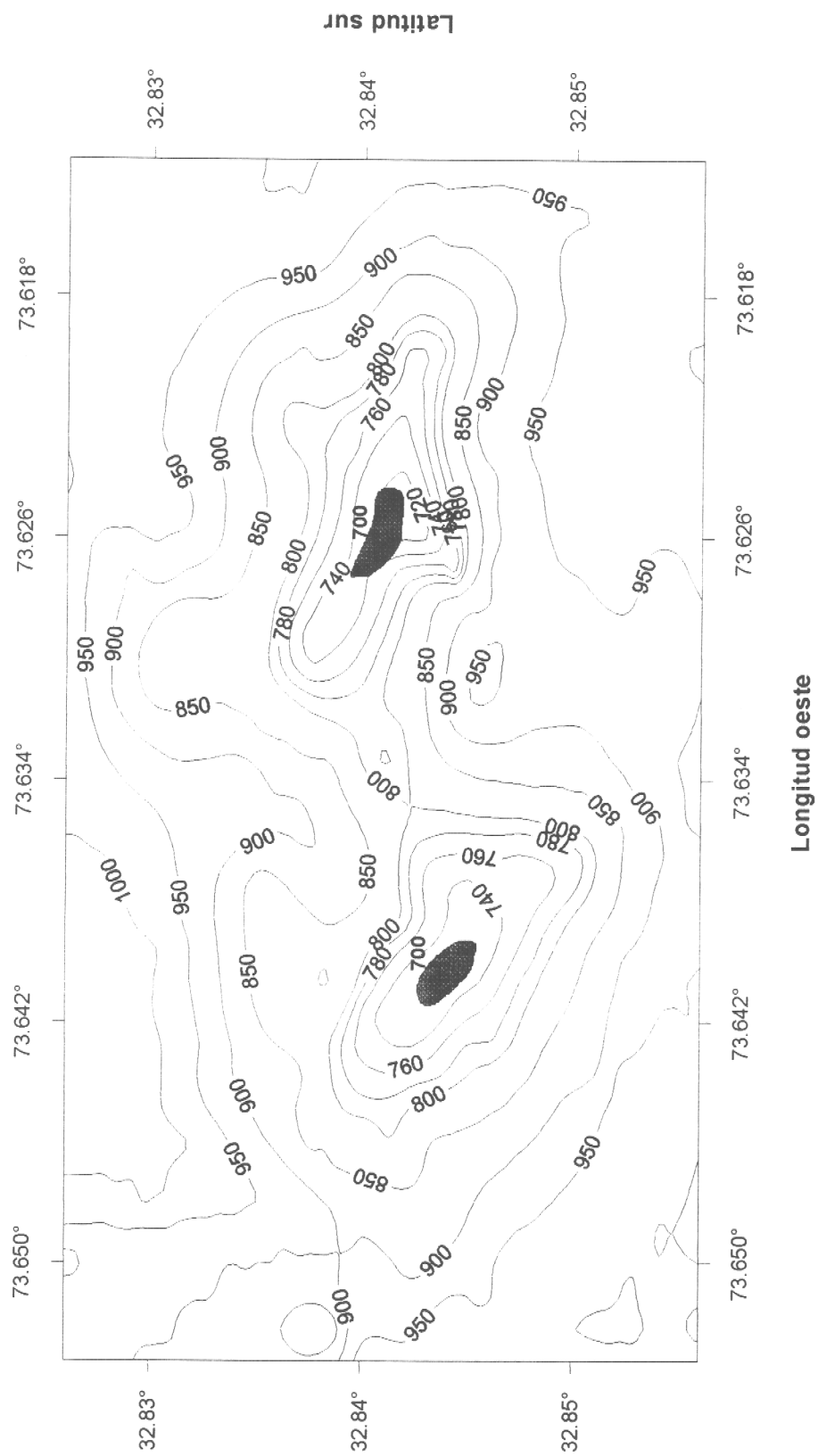


Fig. 14 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 2 en bajo O'Higgins

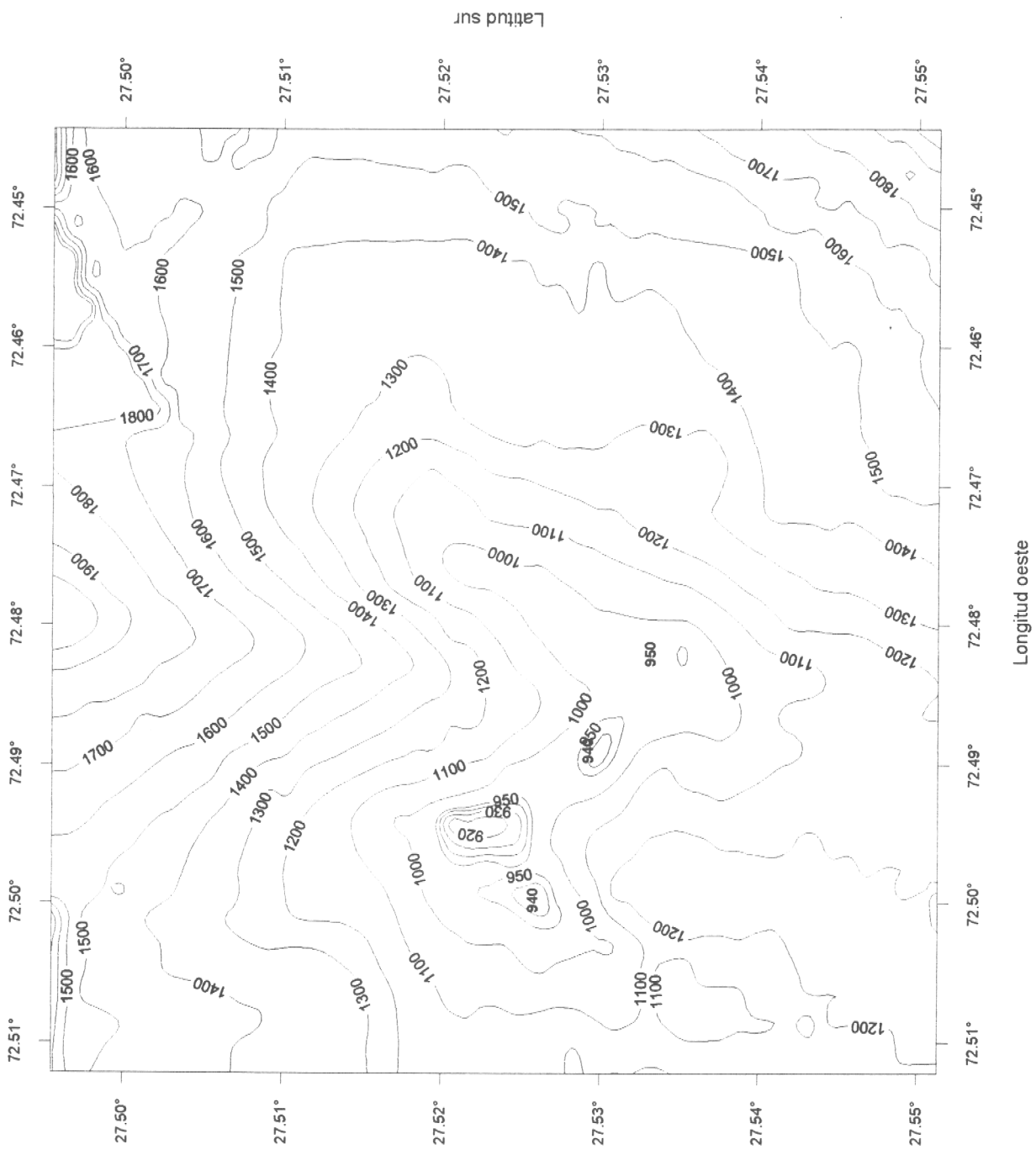


Fig. 15 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 1 (Taltal 1)

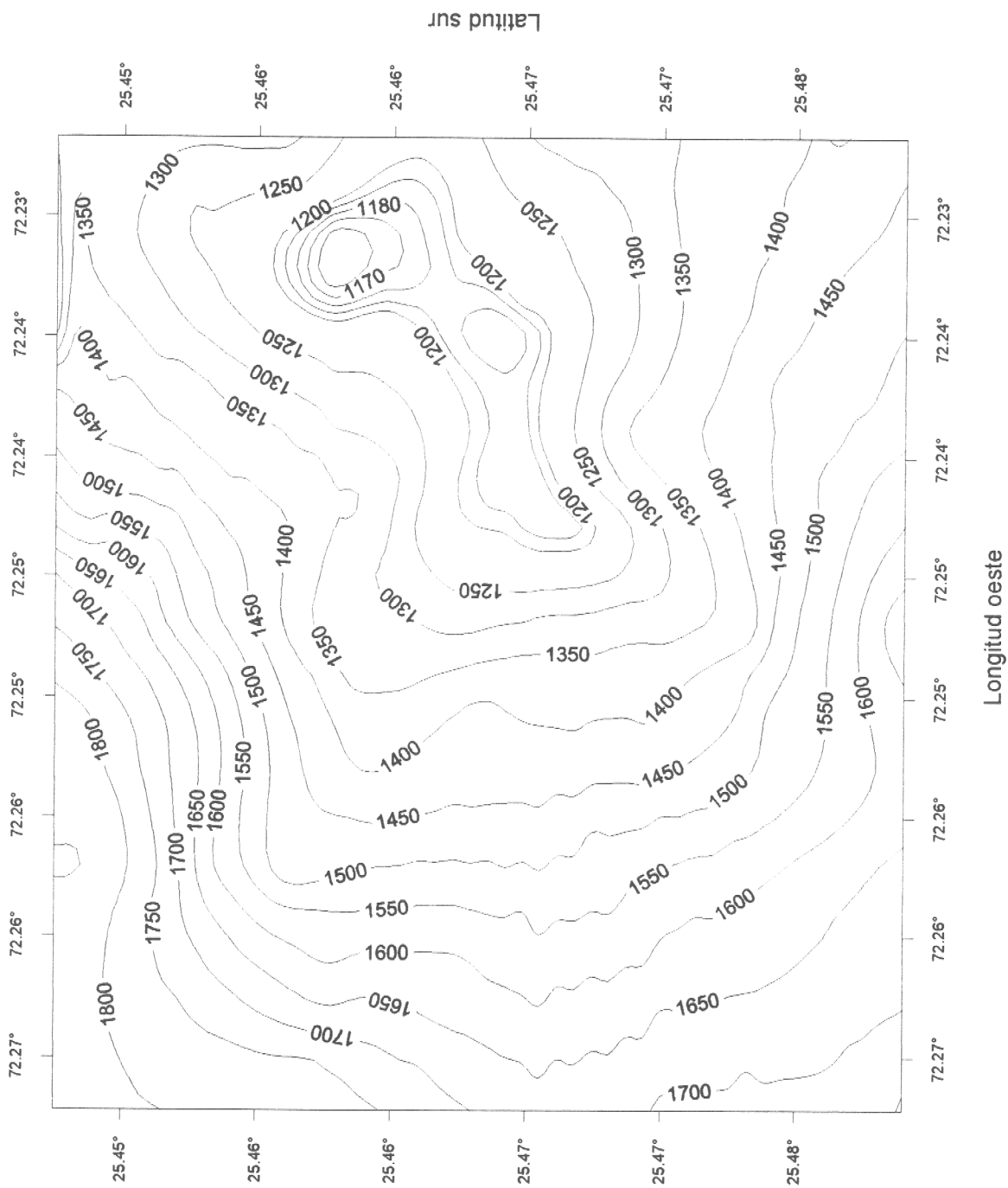


Fig. 16 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 2 (Taltal 2)

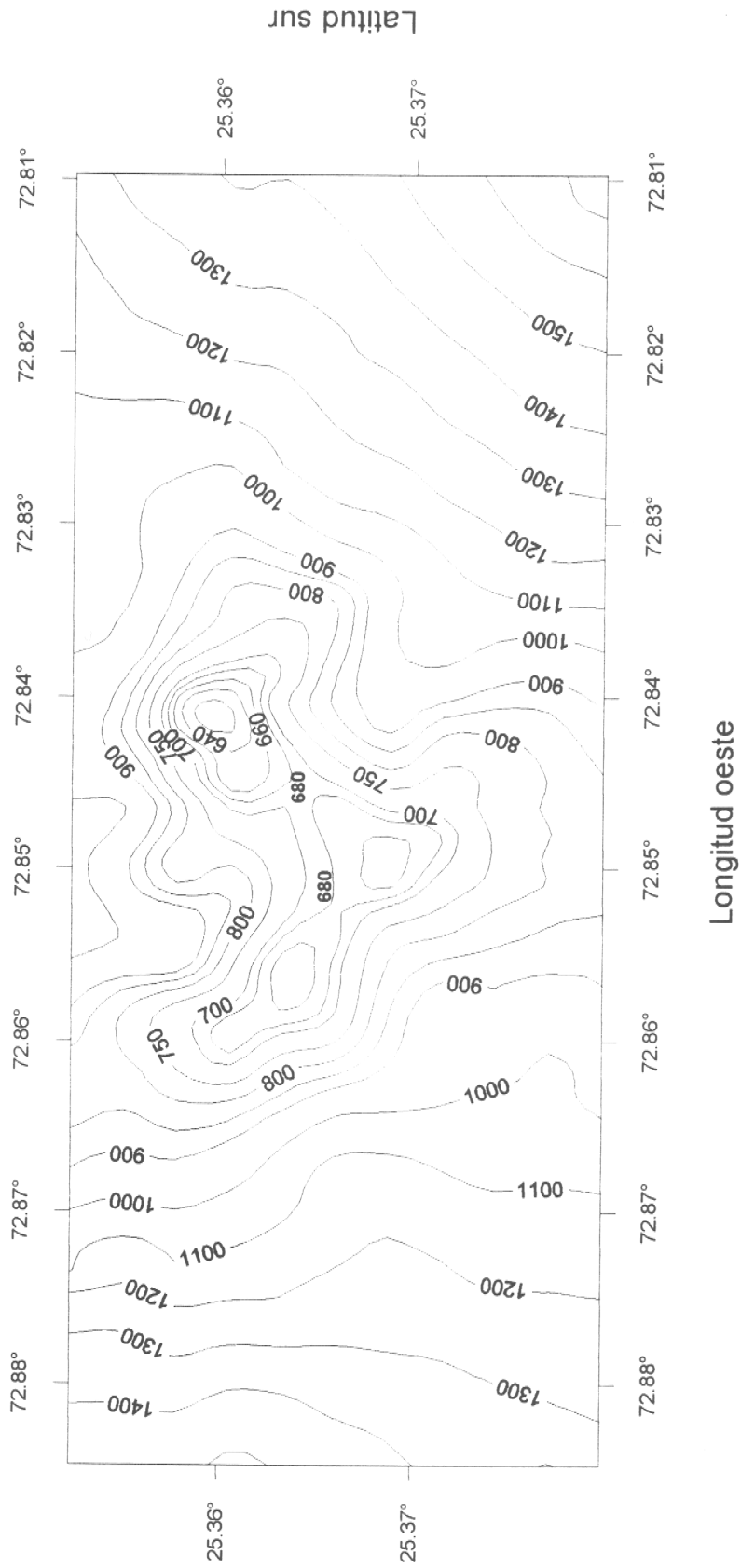


Fig. 17 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 3 (Taltal 3)

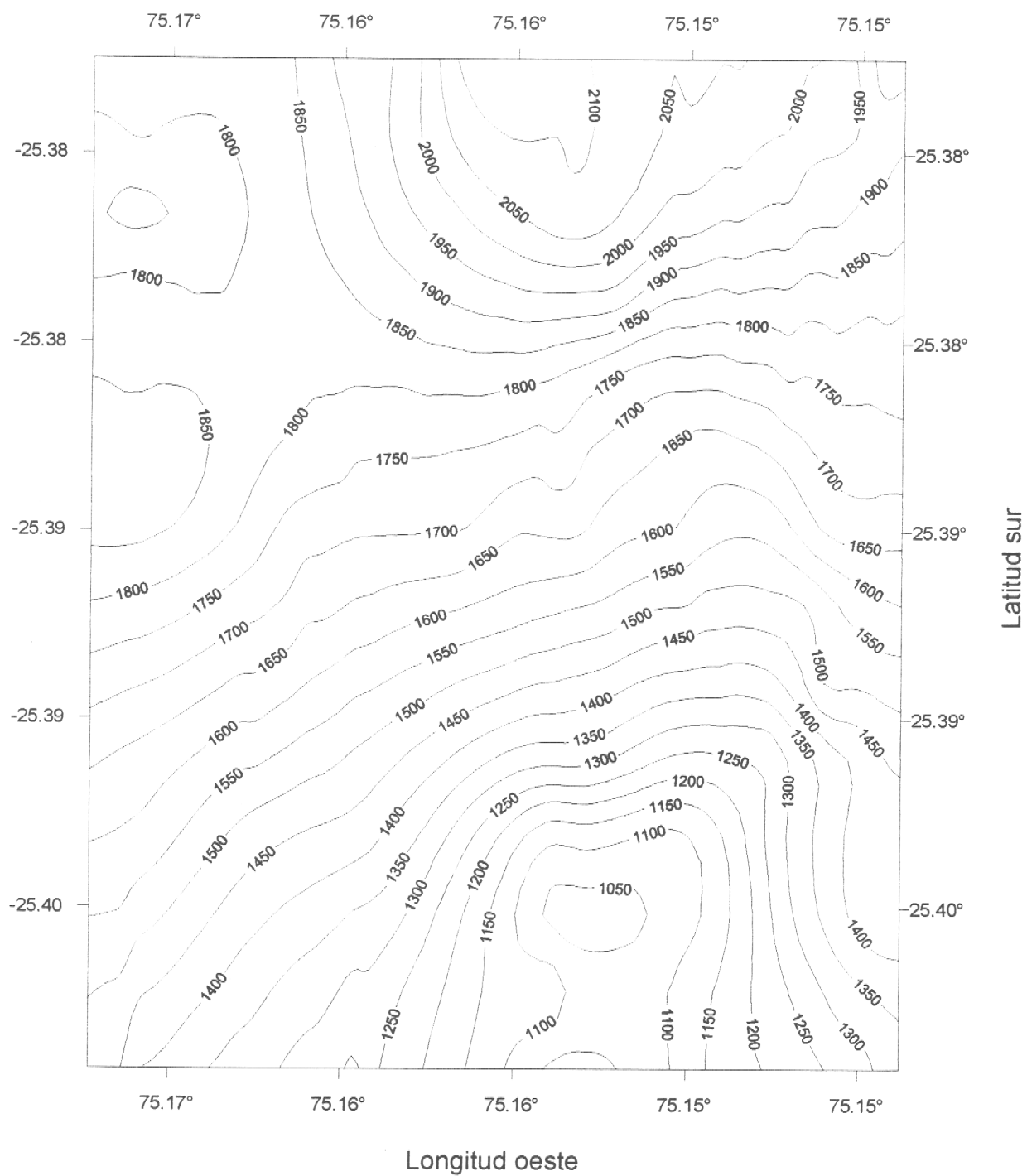


Fig. 18 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 4 (Taltal 4)

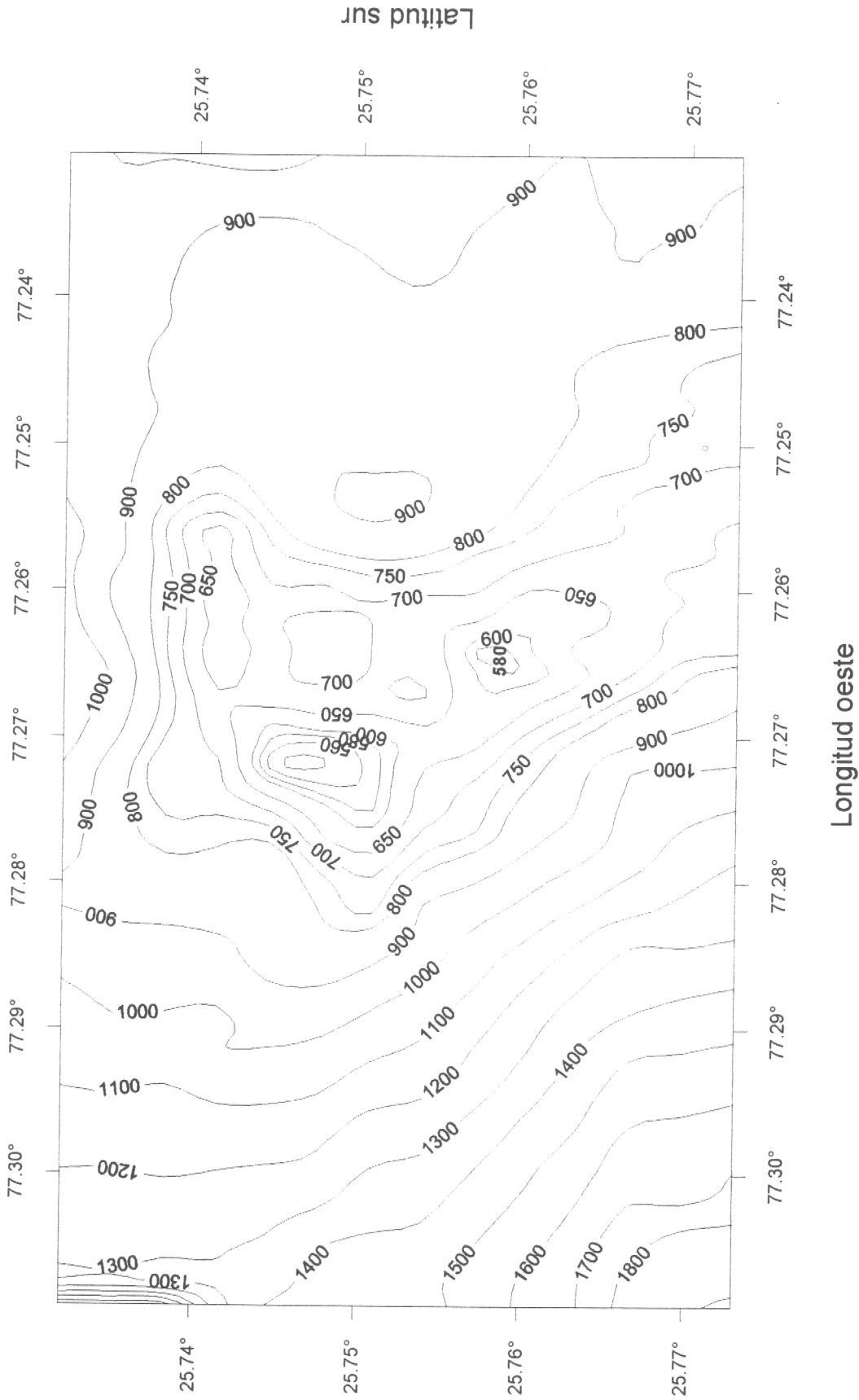


Fig. 19 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 5 (Taital 5)



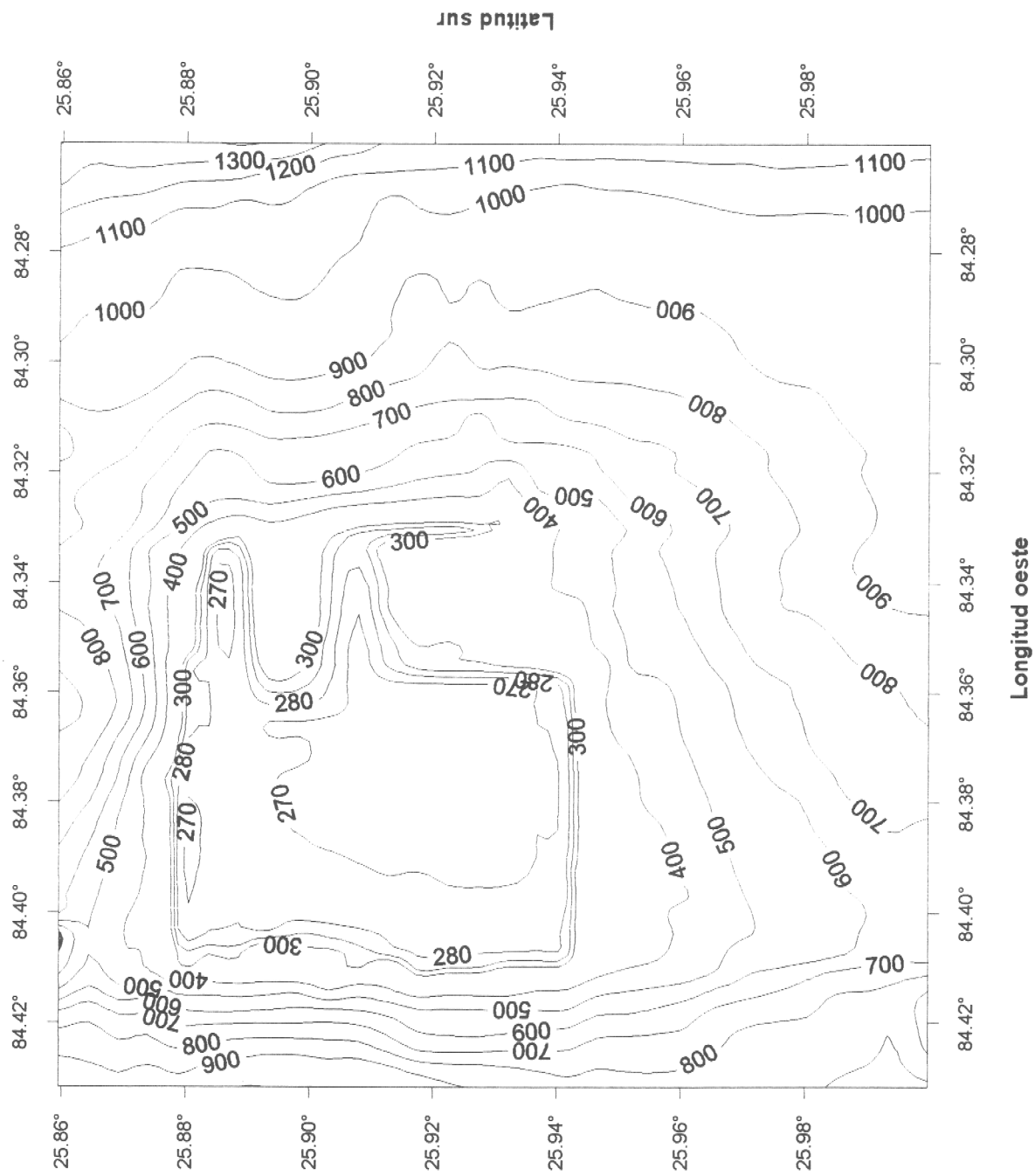


Fig. 20 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 1 (Nazca 1)

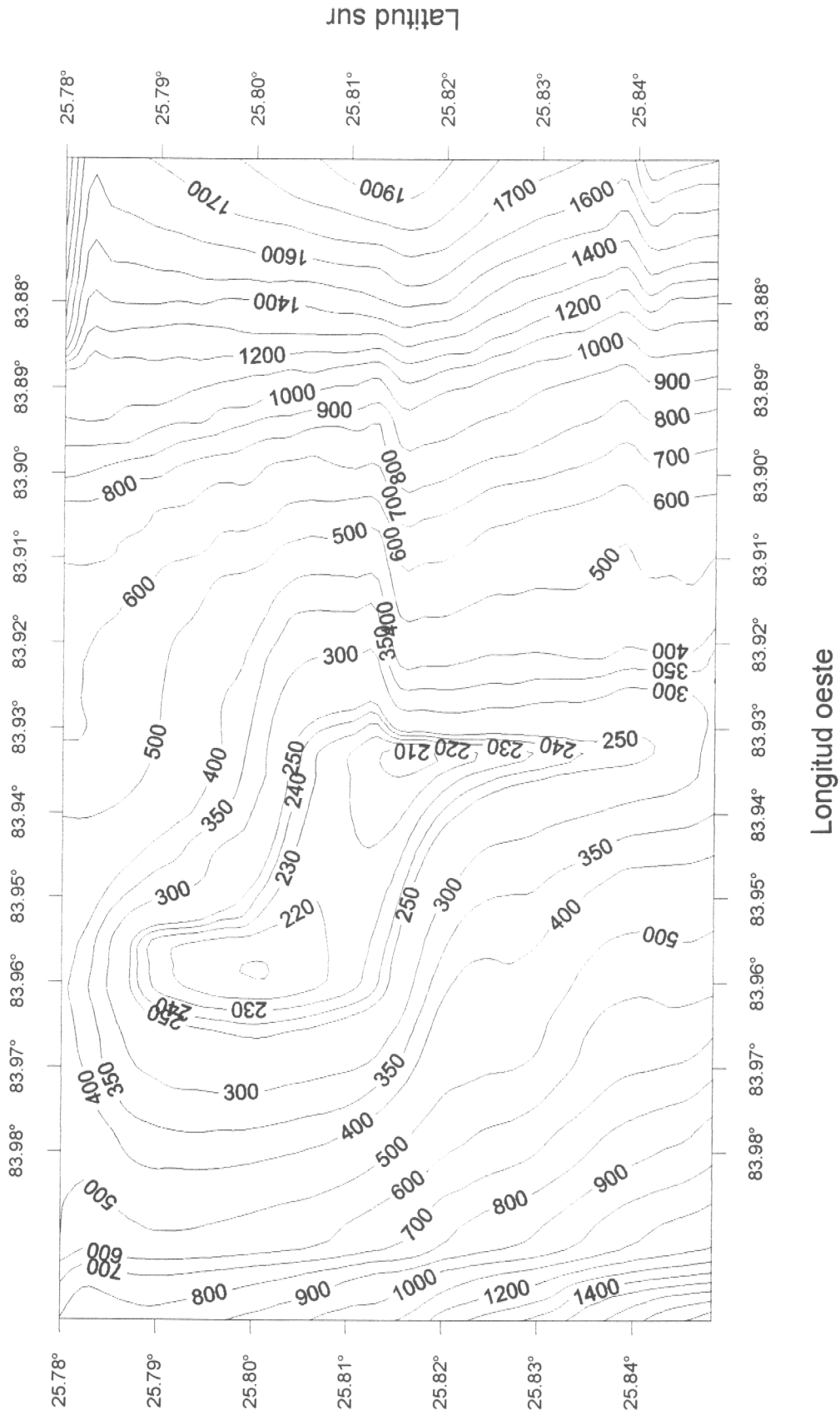


Fig. 21 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 2 (Nazca 2)

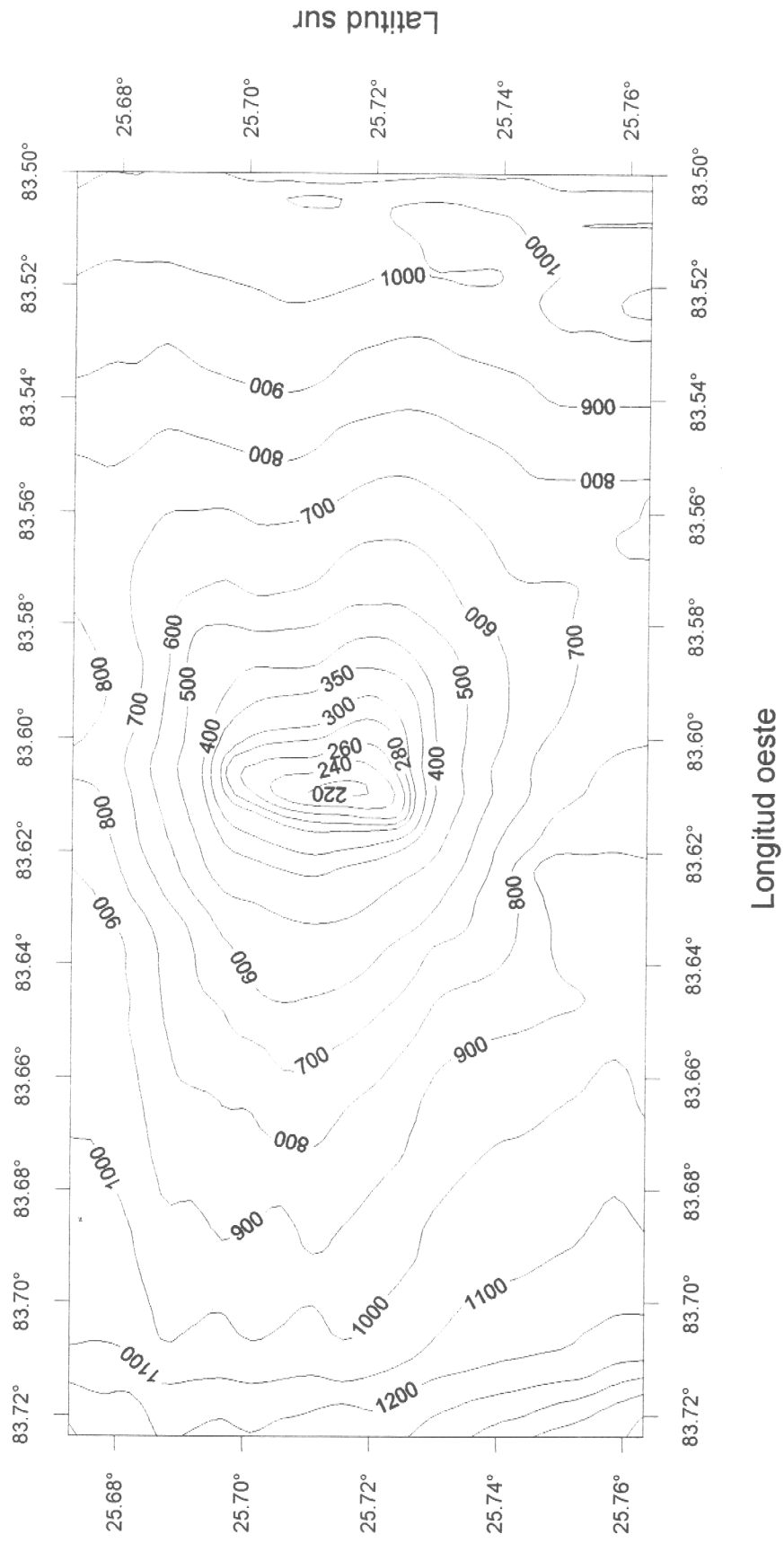


Fig. 22 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 3 (Nazca 3)

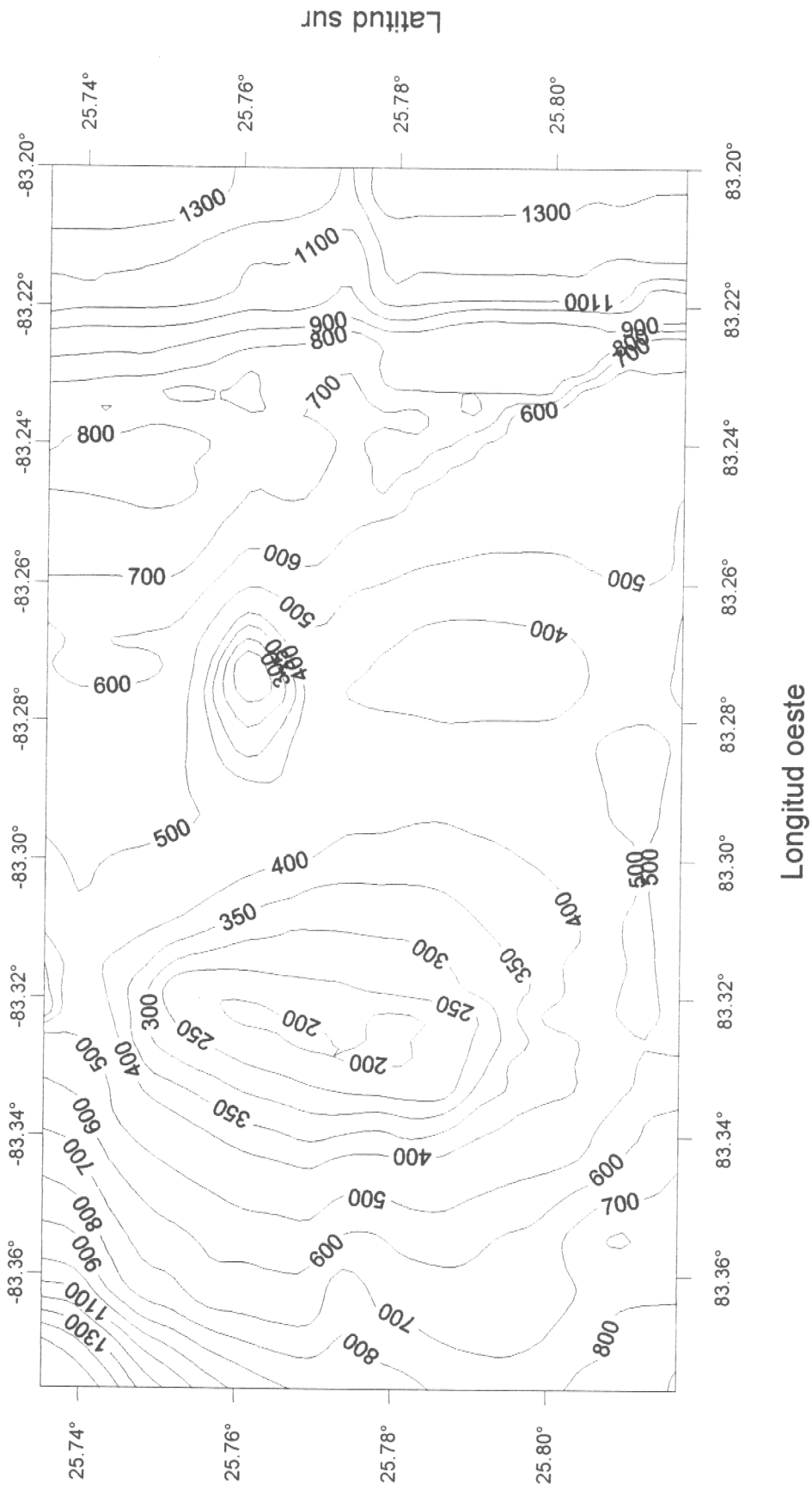


Fig. 23 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 4 (Nazca 4)

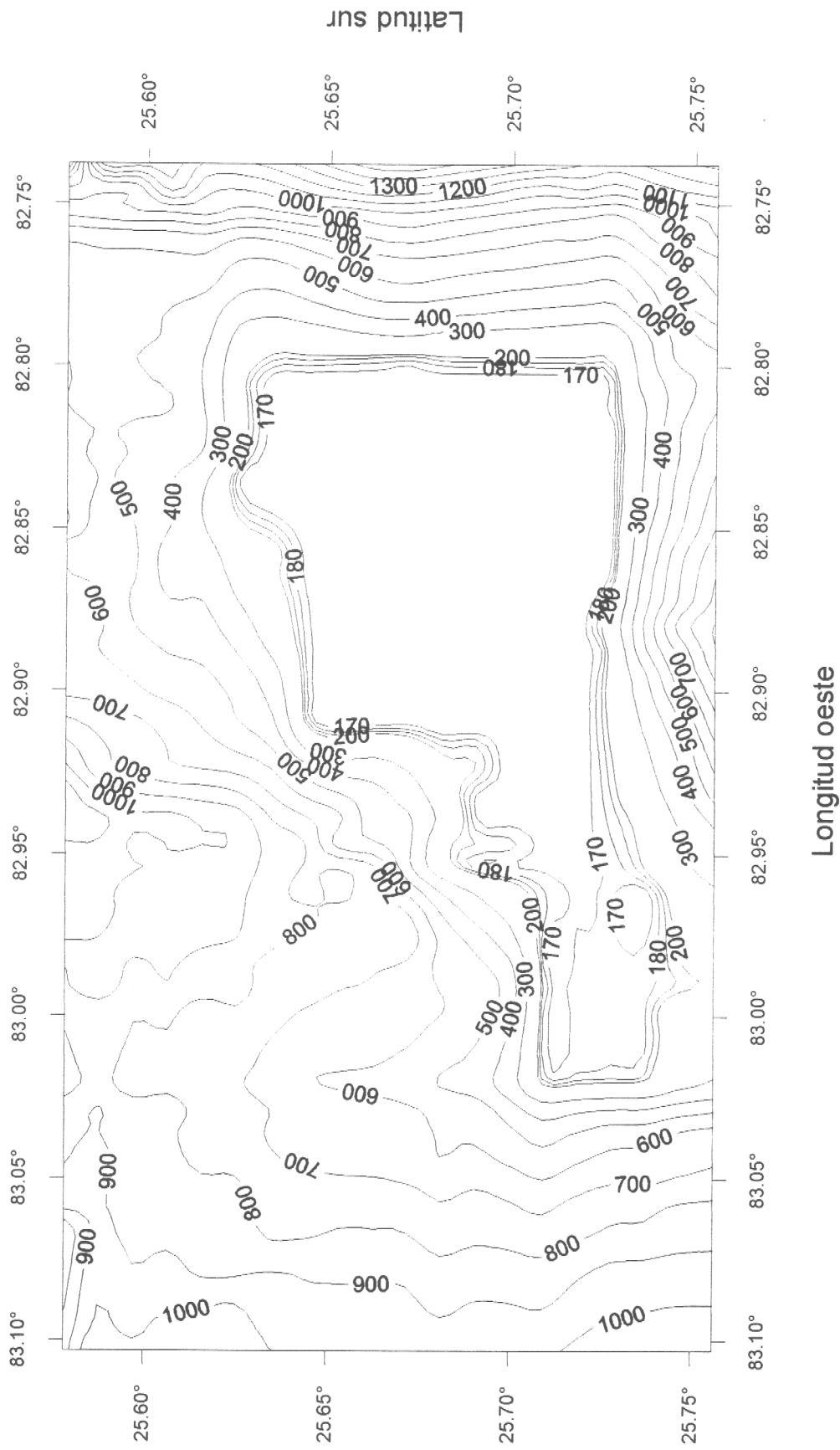


Fig. 24 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 5 (Nazca 5)

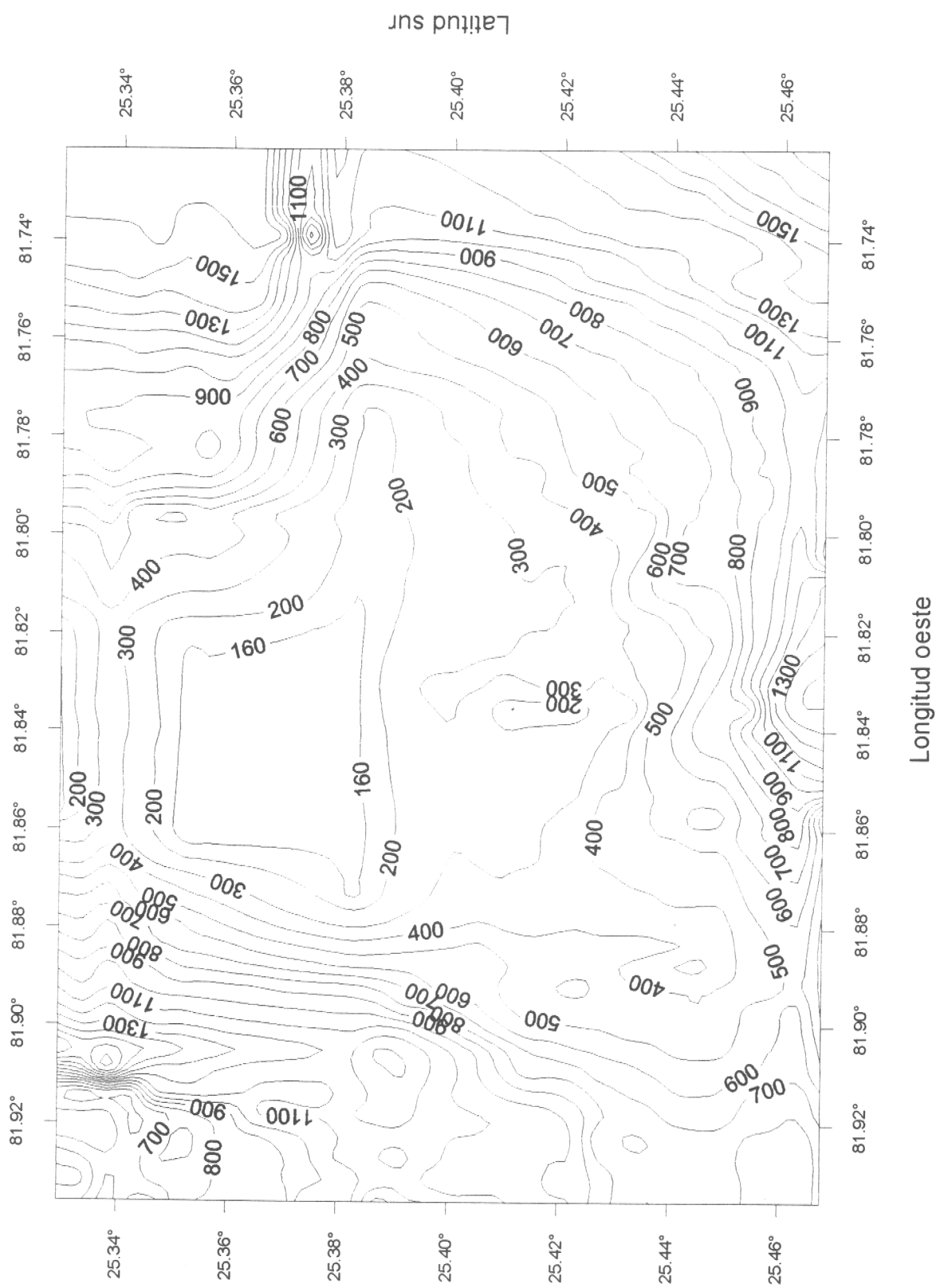


Fig. 25 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 6 (Nazca 6)

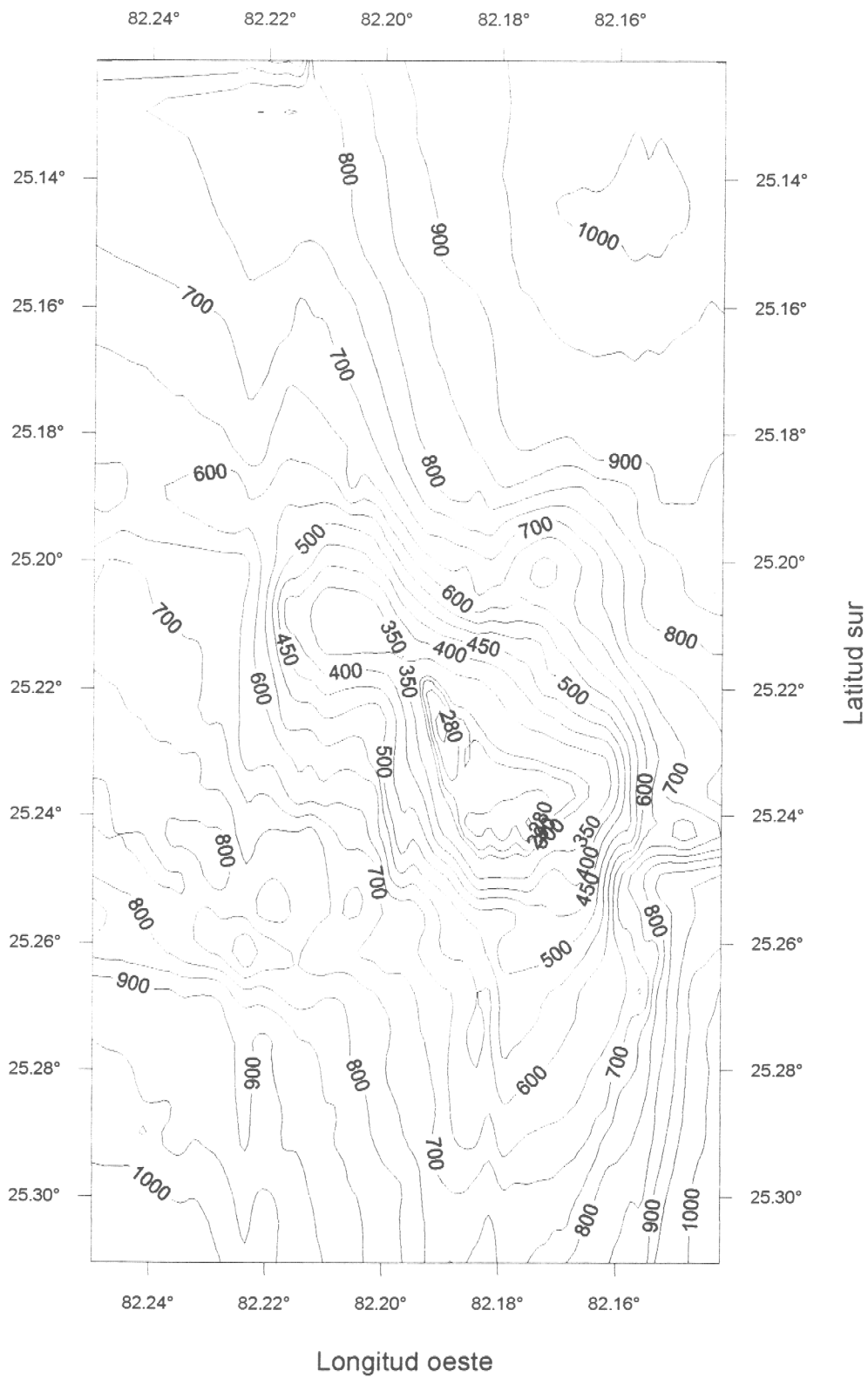


Fig. 26 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 7 (Nazca 7)

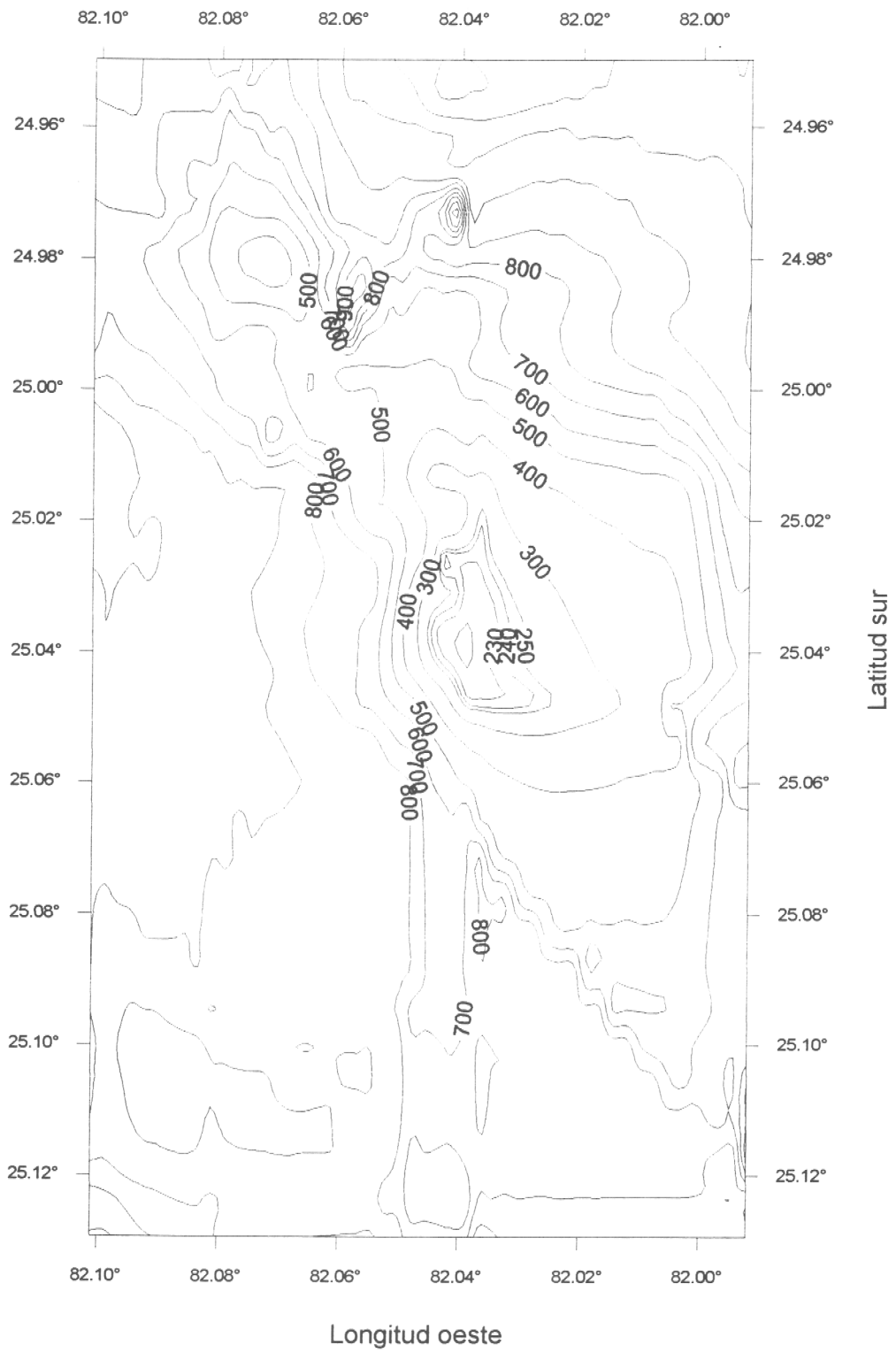


Fig. 27 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 8 (Nazca 8)



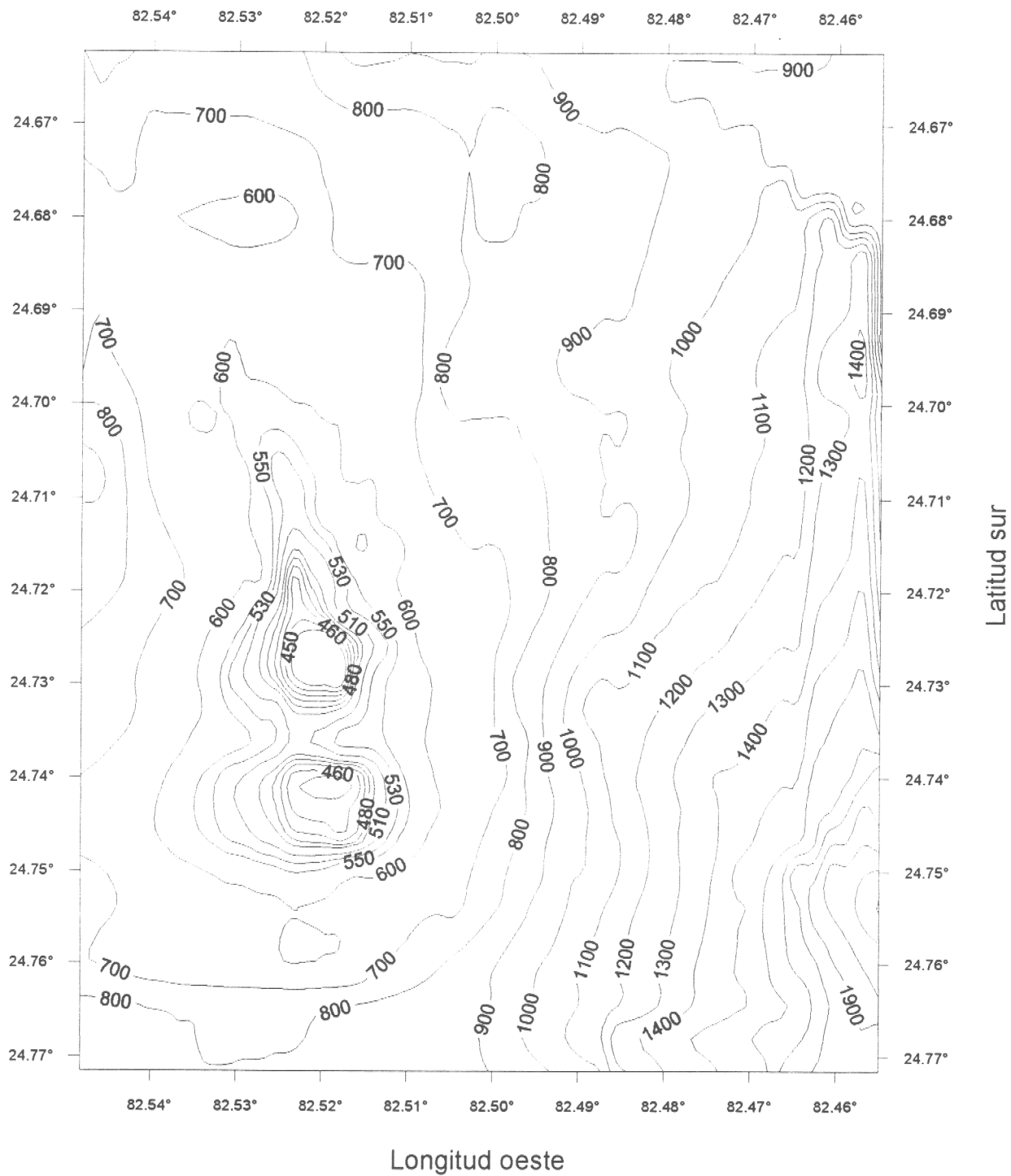


Fig. 28 Levantamiento batimétrico del monte submarino N° 9 (Nazca 9)

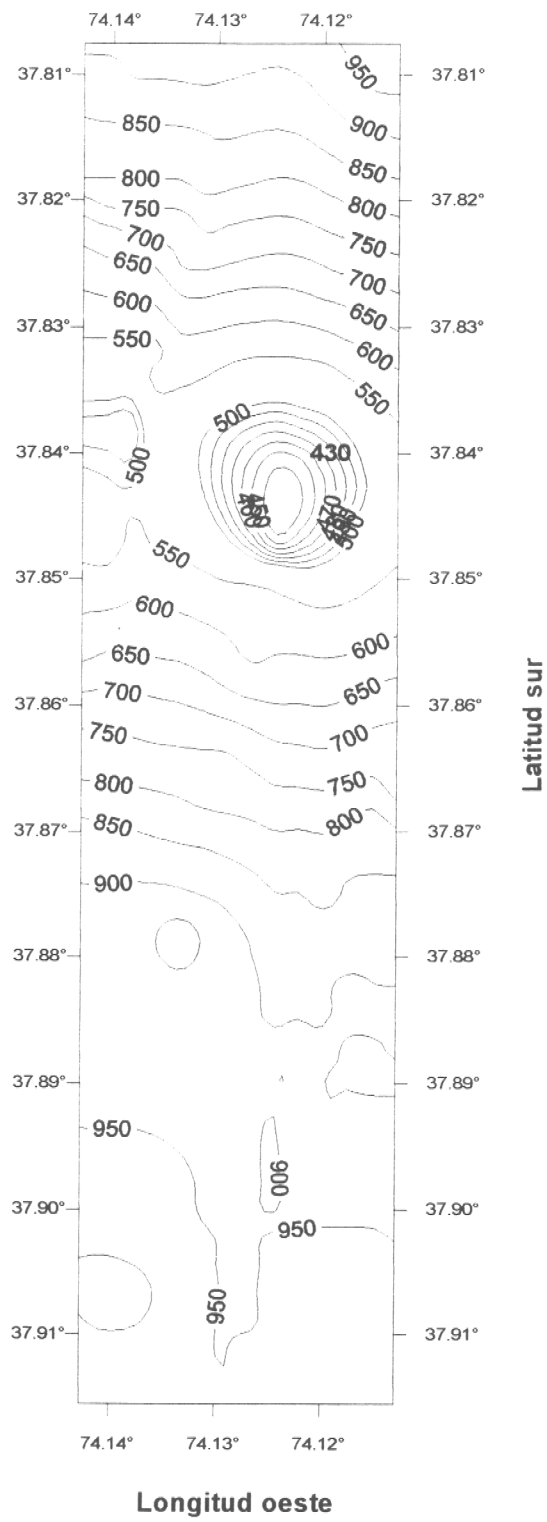


Fig. 29 Levantamiento batimétrico del monte submarino isla Mocha

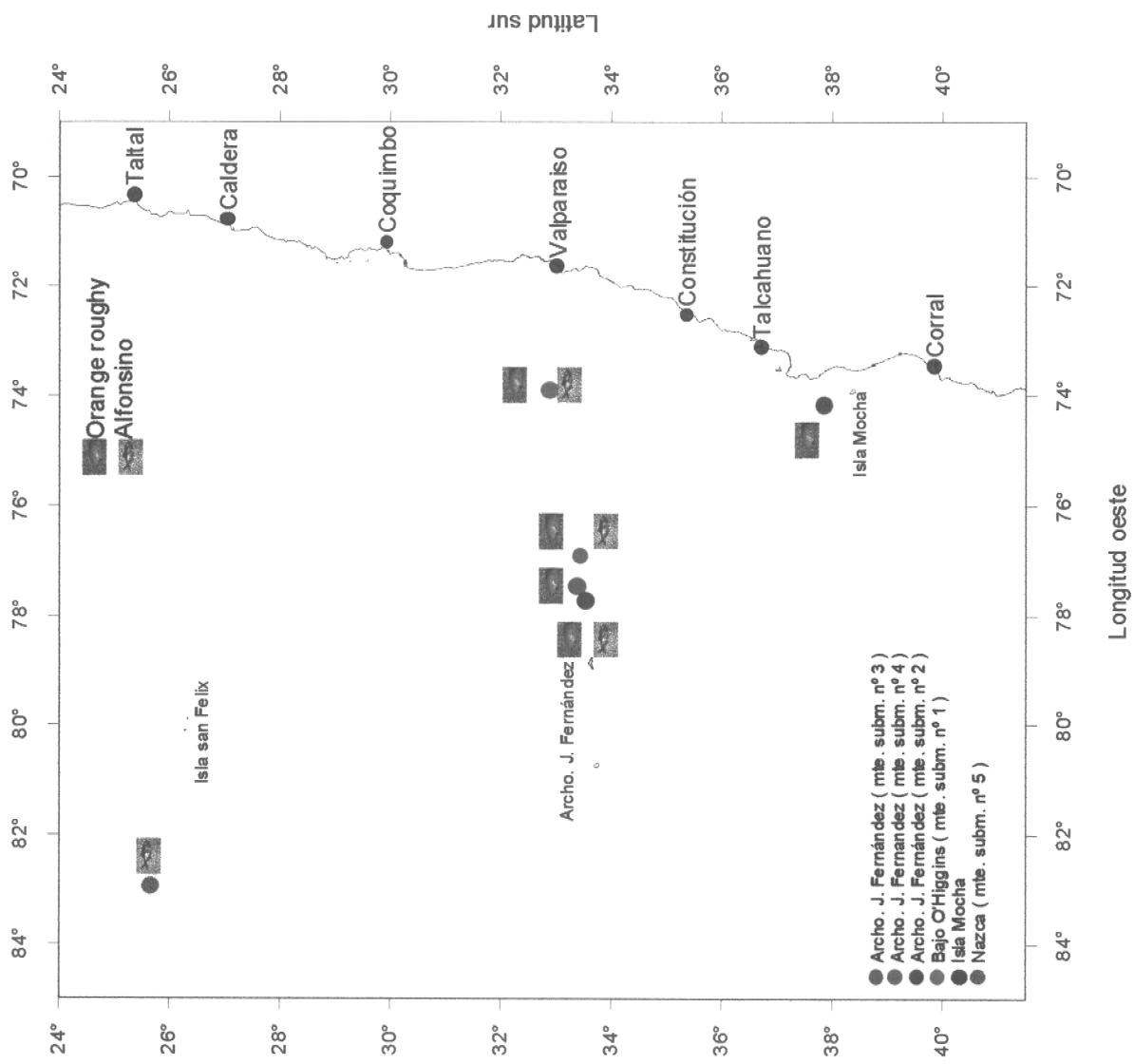


Fig. 30 Montes con capturas de orange roughy y alfonsino

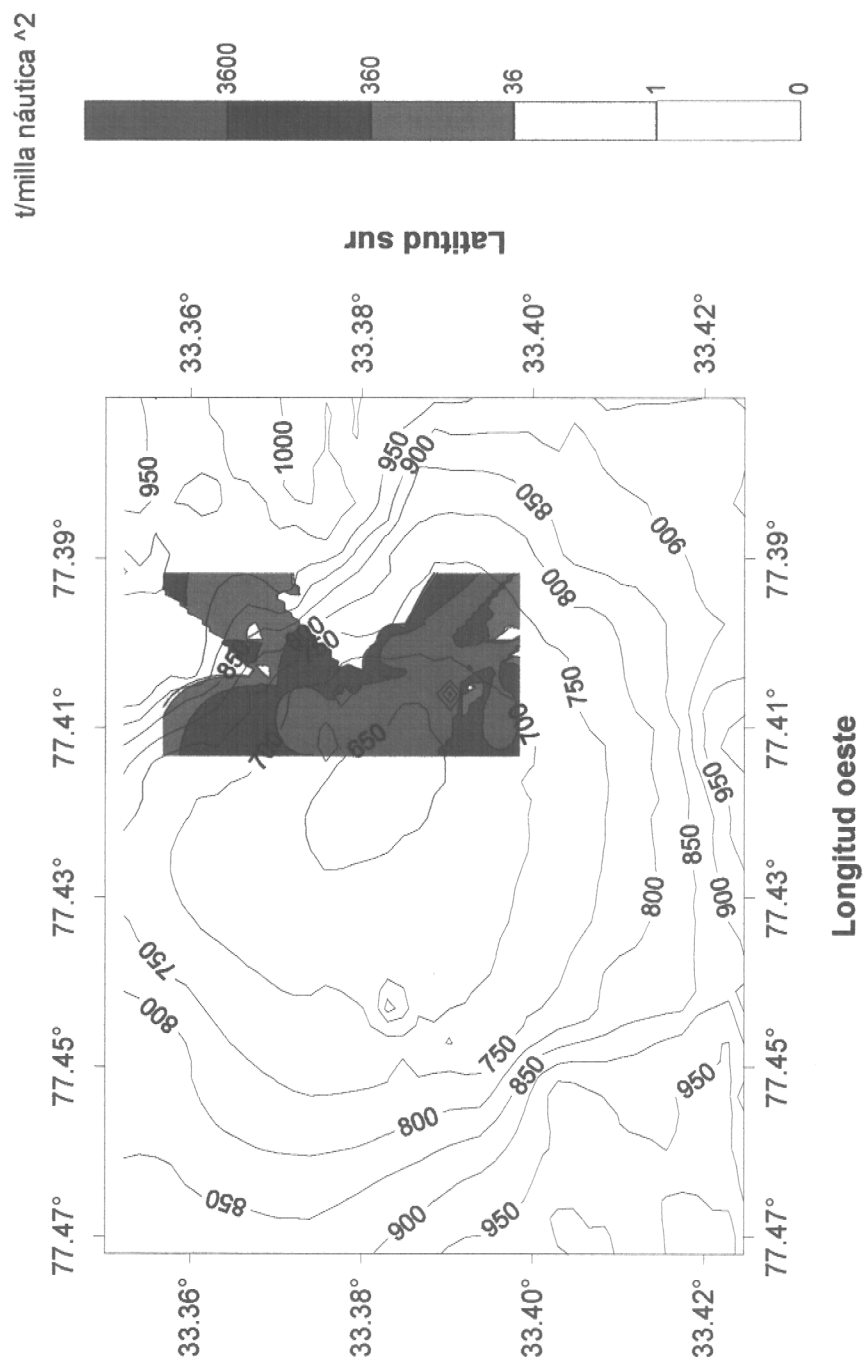


Fig 31. Distribución de la densidad de orange roughy en el monte J. Fernández 3

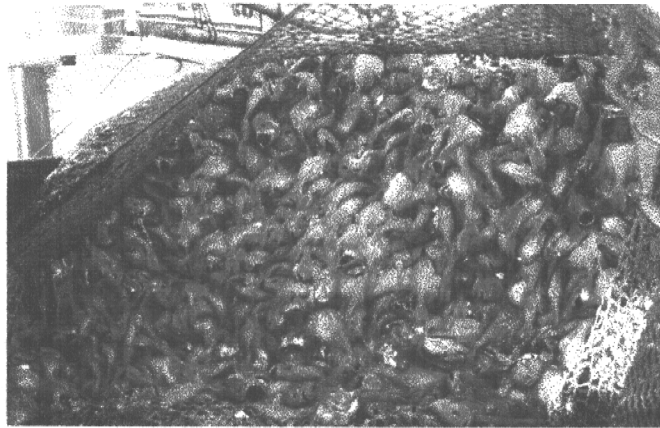
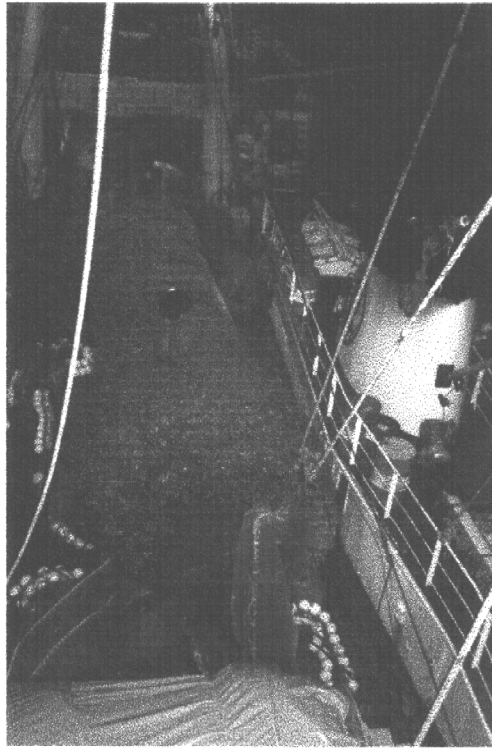


Fig. 32 Capturas de orange roughy

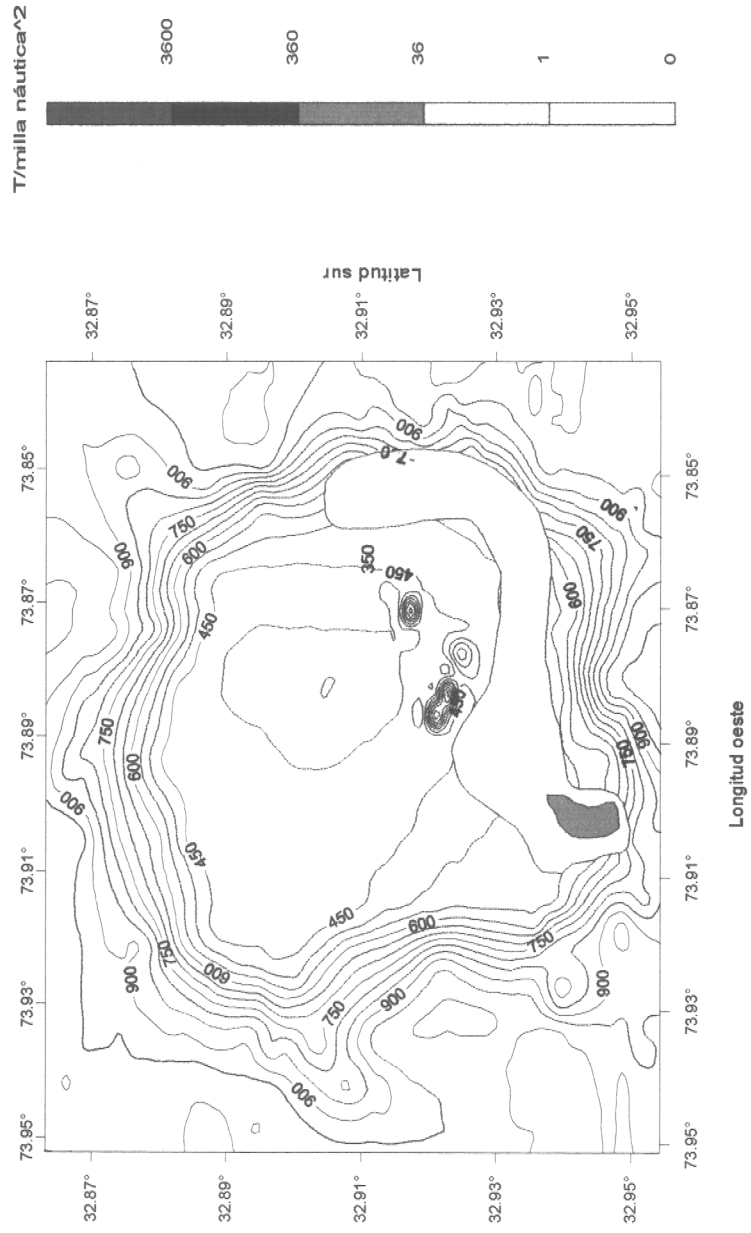


Fig 33. Distribución de las densidades de orange roughy en el bajo O'Higgins

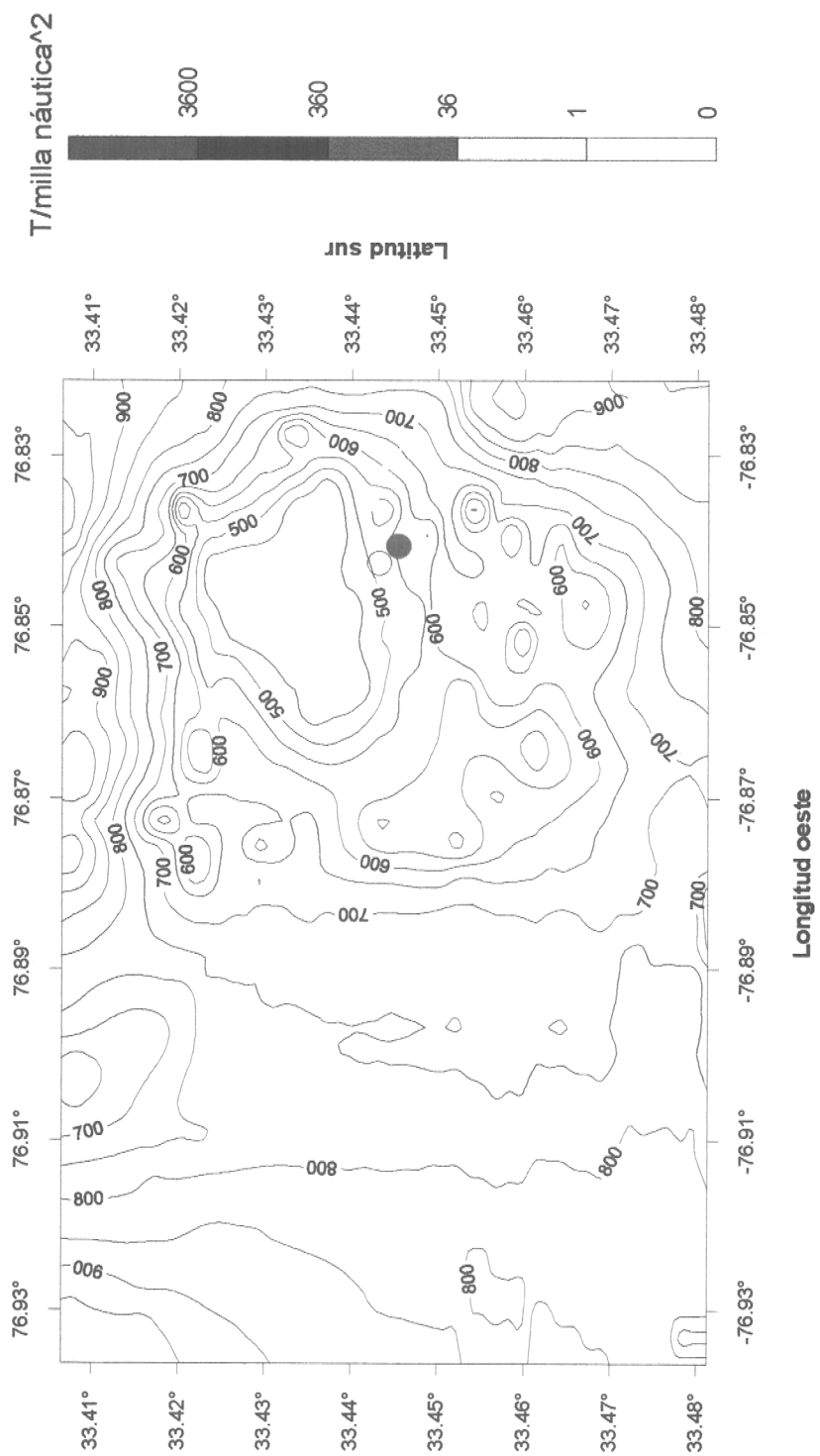


Fig. 34. Distribución de la densidad de orange roughy en el monte J. Fernández 4.

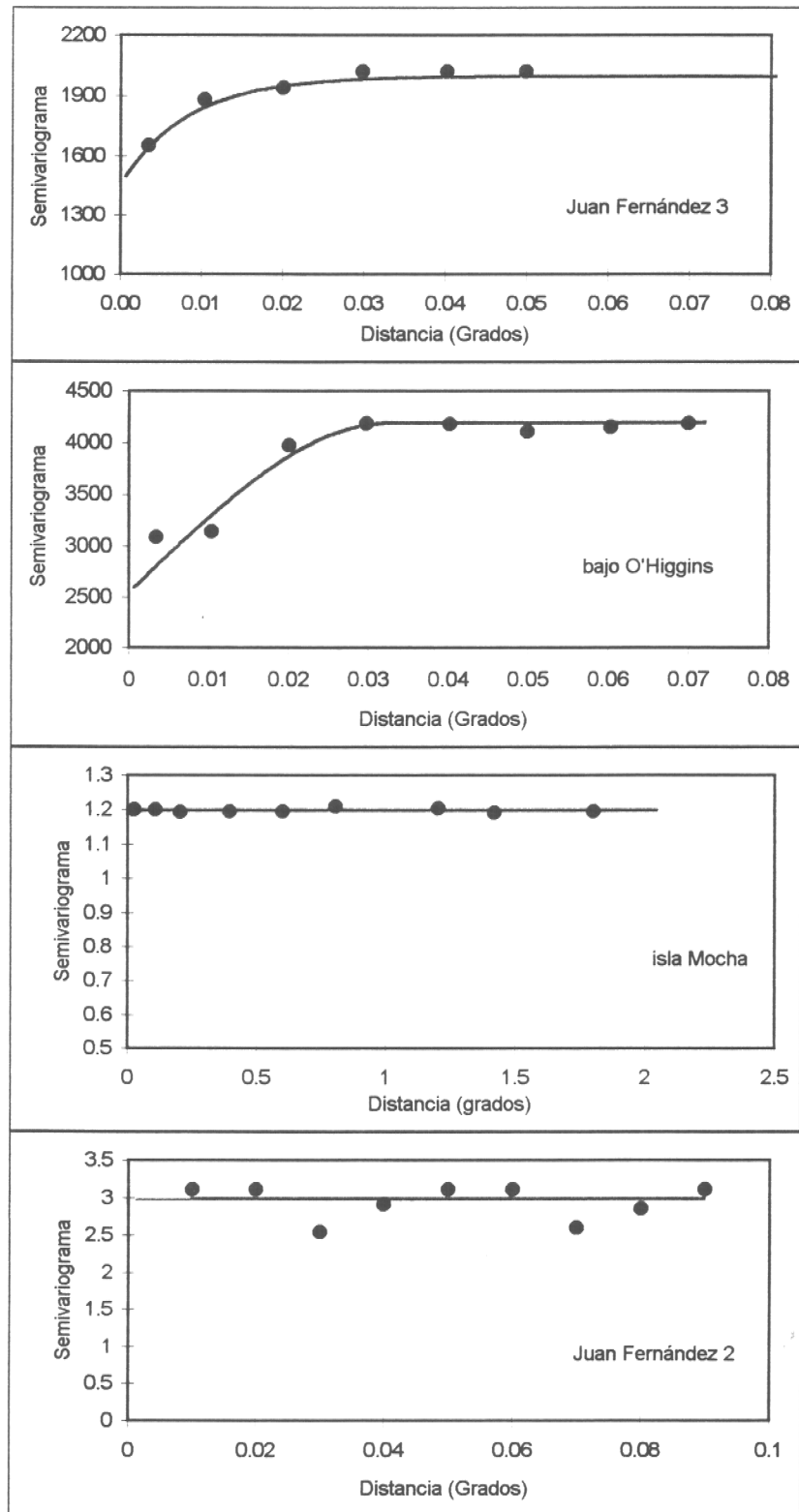
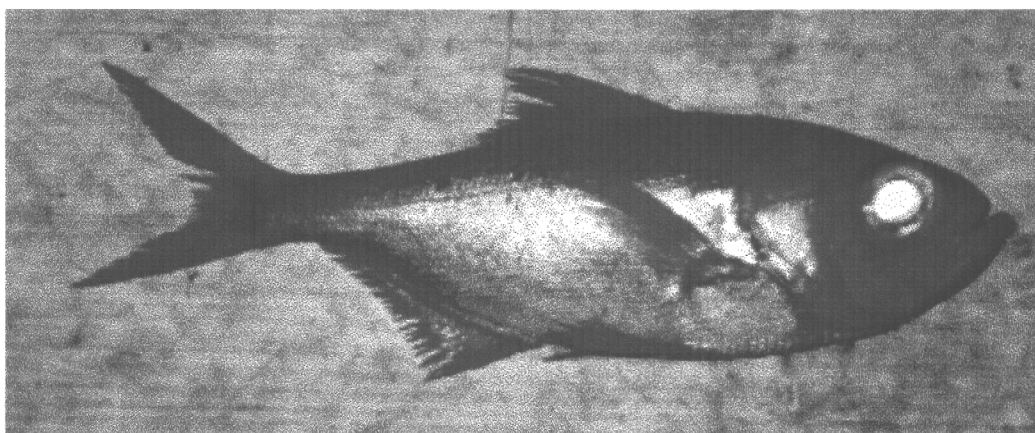
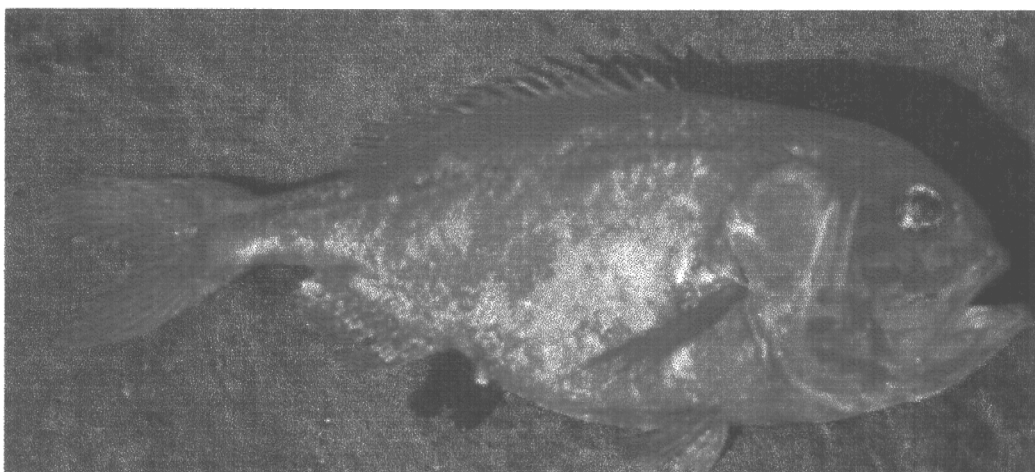


Fig. 35. Variogramas estimados para la distribución de orange roughy.



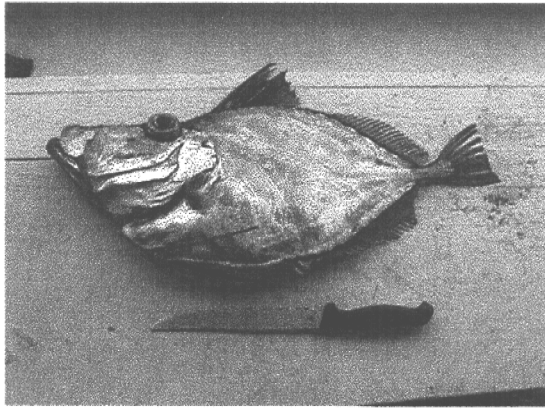


Alfonsino (*Beryx splendens*)

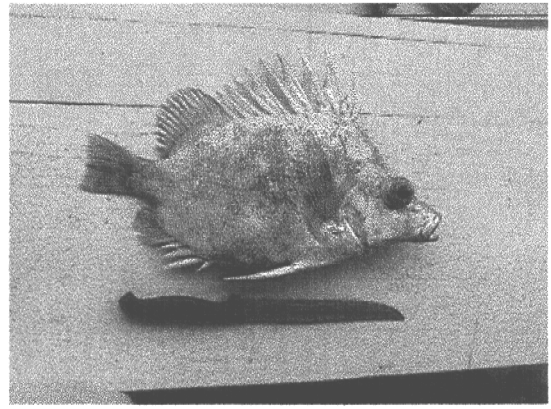


Orange roughy (*Hoplostetus atlanticus*)

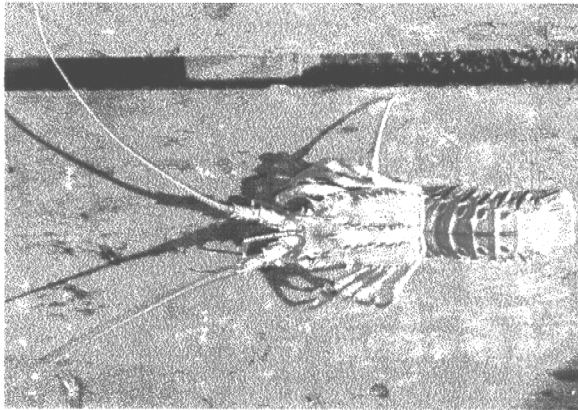
Fig. 36 a Principales especies capturadas



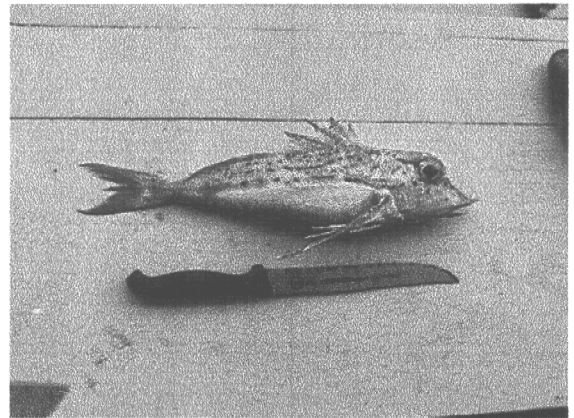
Mirror dory



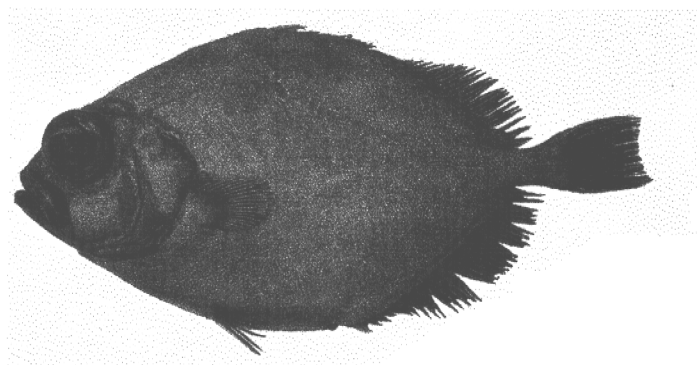
Congiopodus sp.



Langosta enana (*Sclerocangron atrox*)

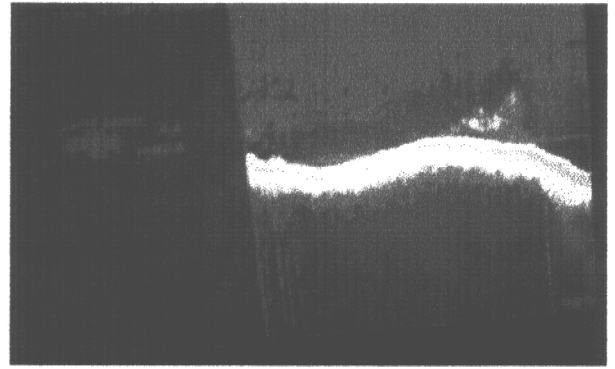
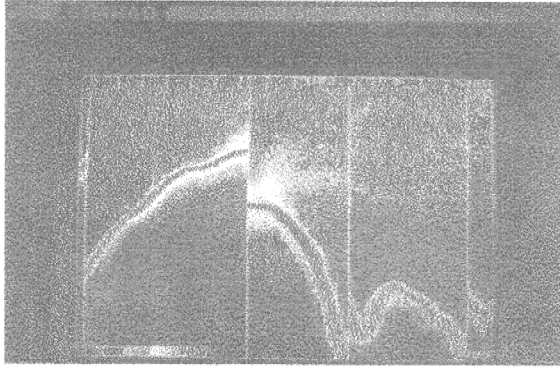


Pterygotrigla sp.

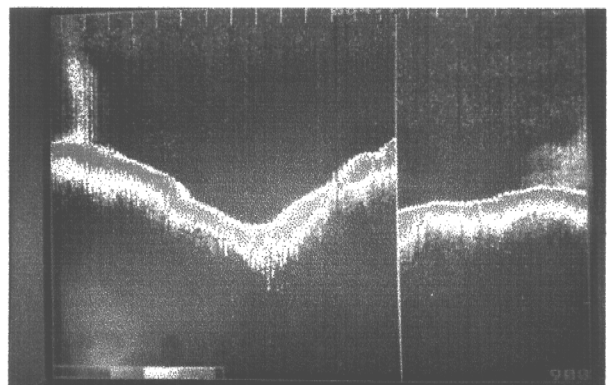
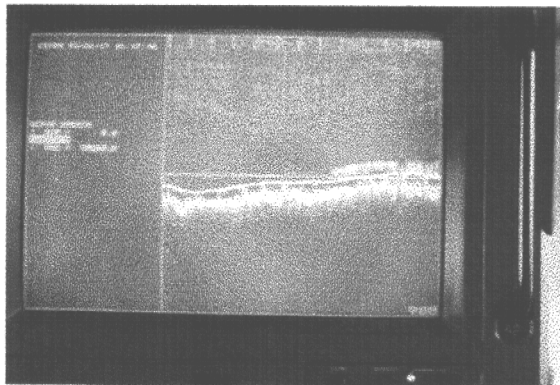


Oreo dory (*Pseudocyttus maculatus*)

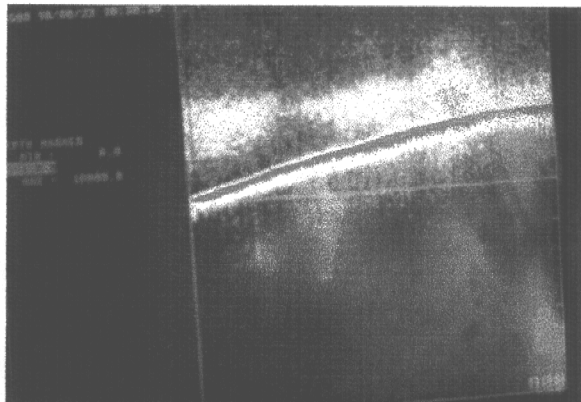
Fig. 36b Especies capturadas como fauna acompañante



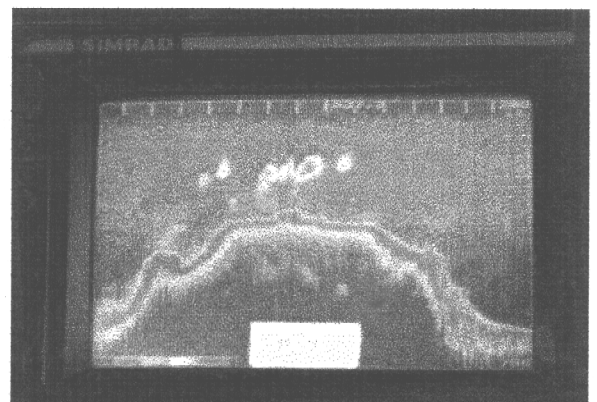
Registros de orange roughy



Registros de orange roughy



Registro de orange roughy y alfonsino



Registro de alfonsino

Fig. 37 Registros acústicos de orange roughy y alfonsino

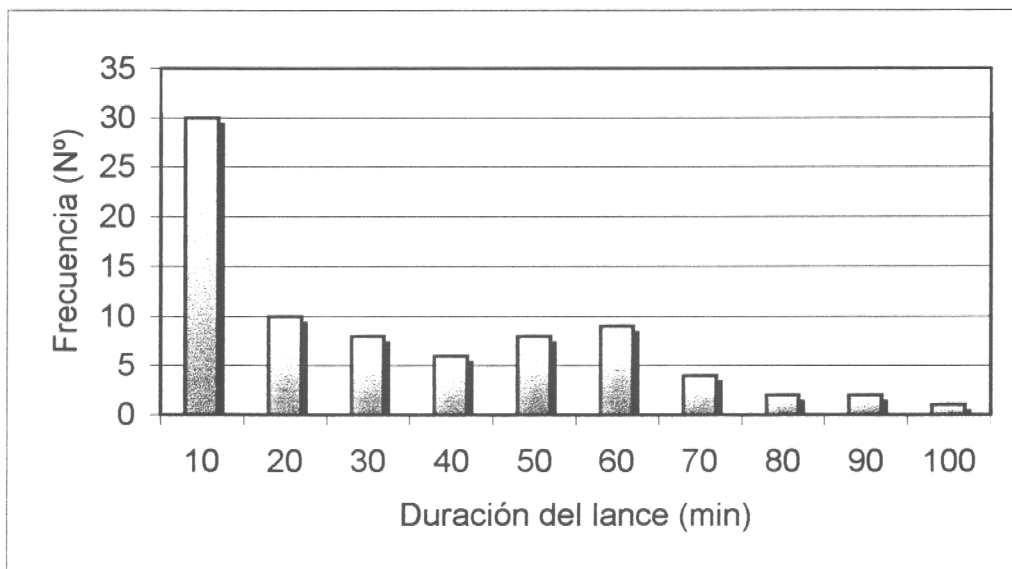


Figura 38. Duración del los lances de pesca (arrastre efectivo)

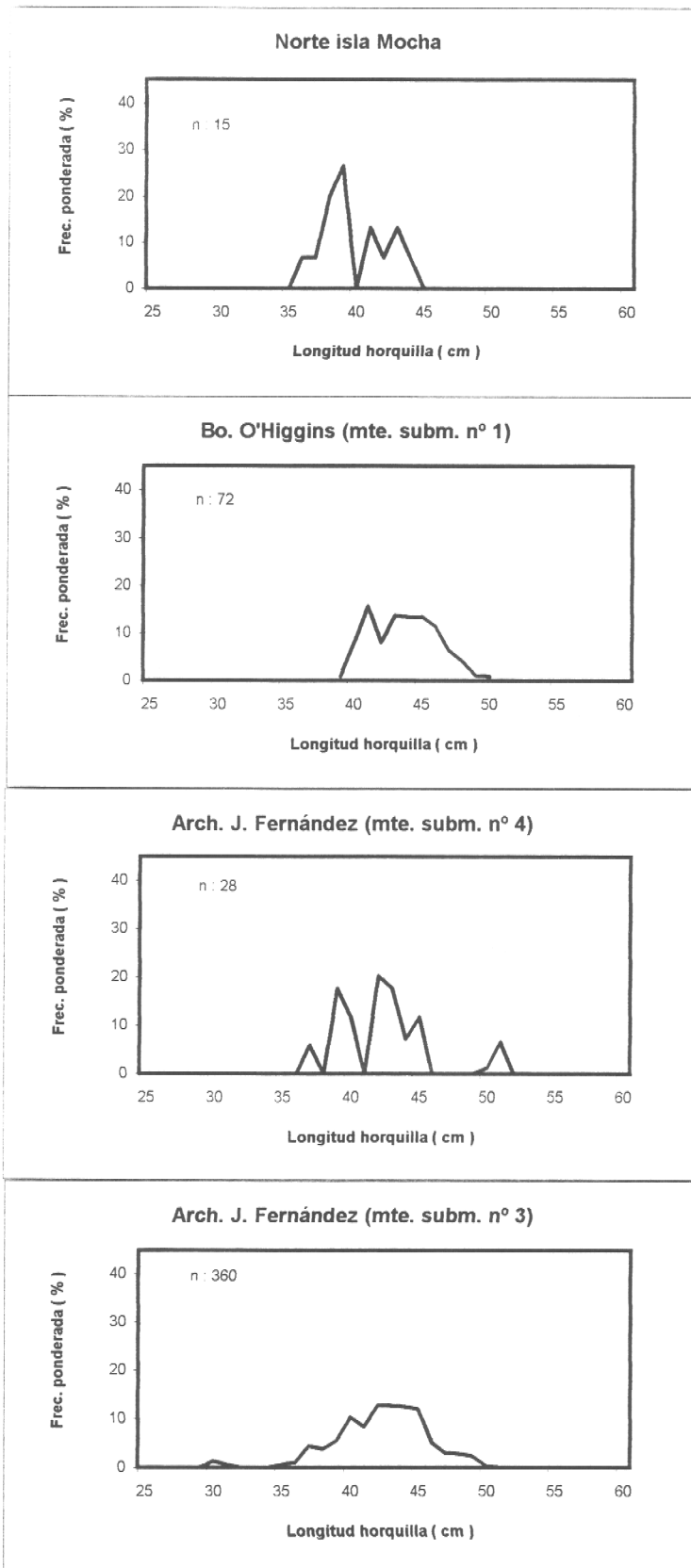


Fig. 39 Distribución de frecuencia ponderada de orange roughy (machos)

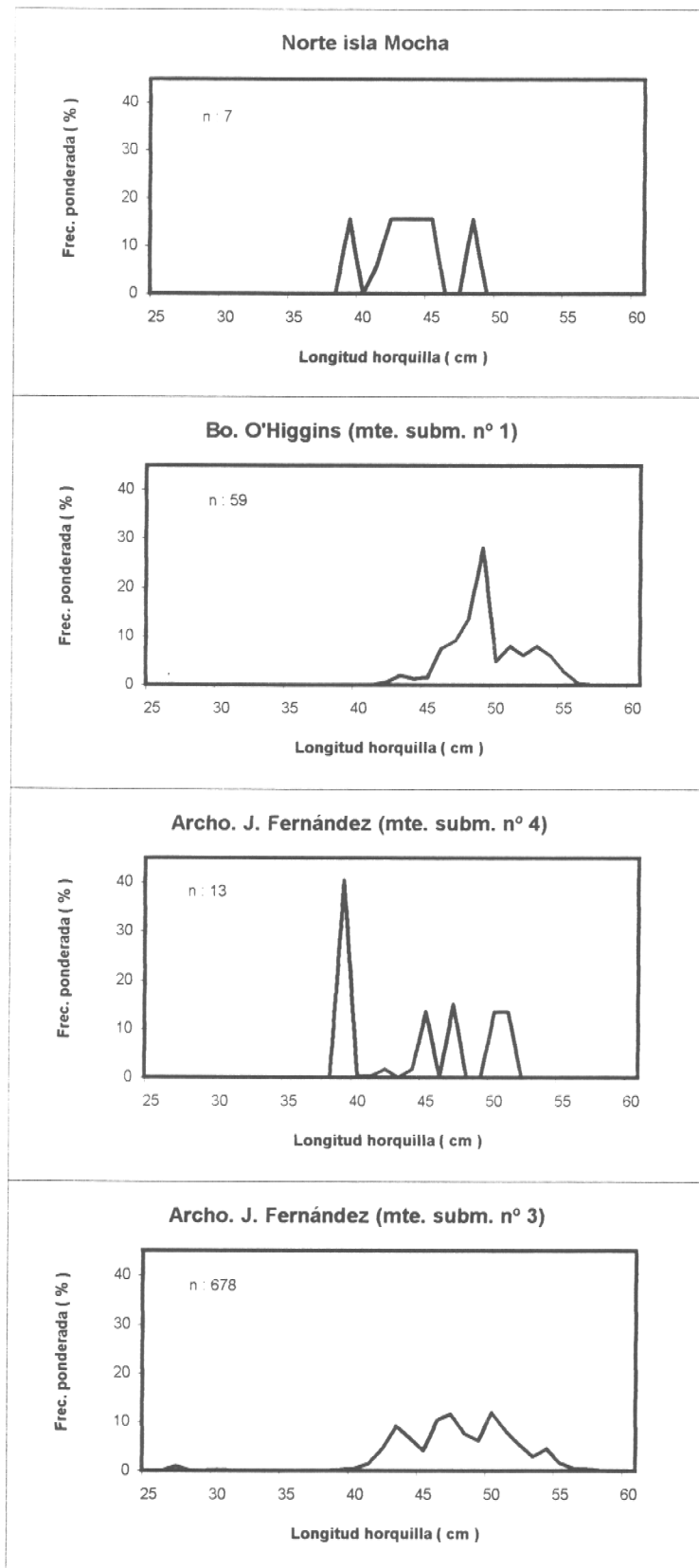


Fig. 40 Distribución de frecuencia ponderada de orange roughy (hembras)

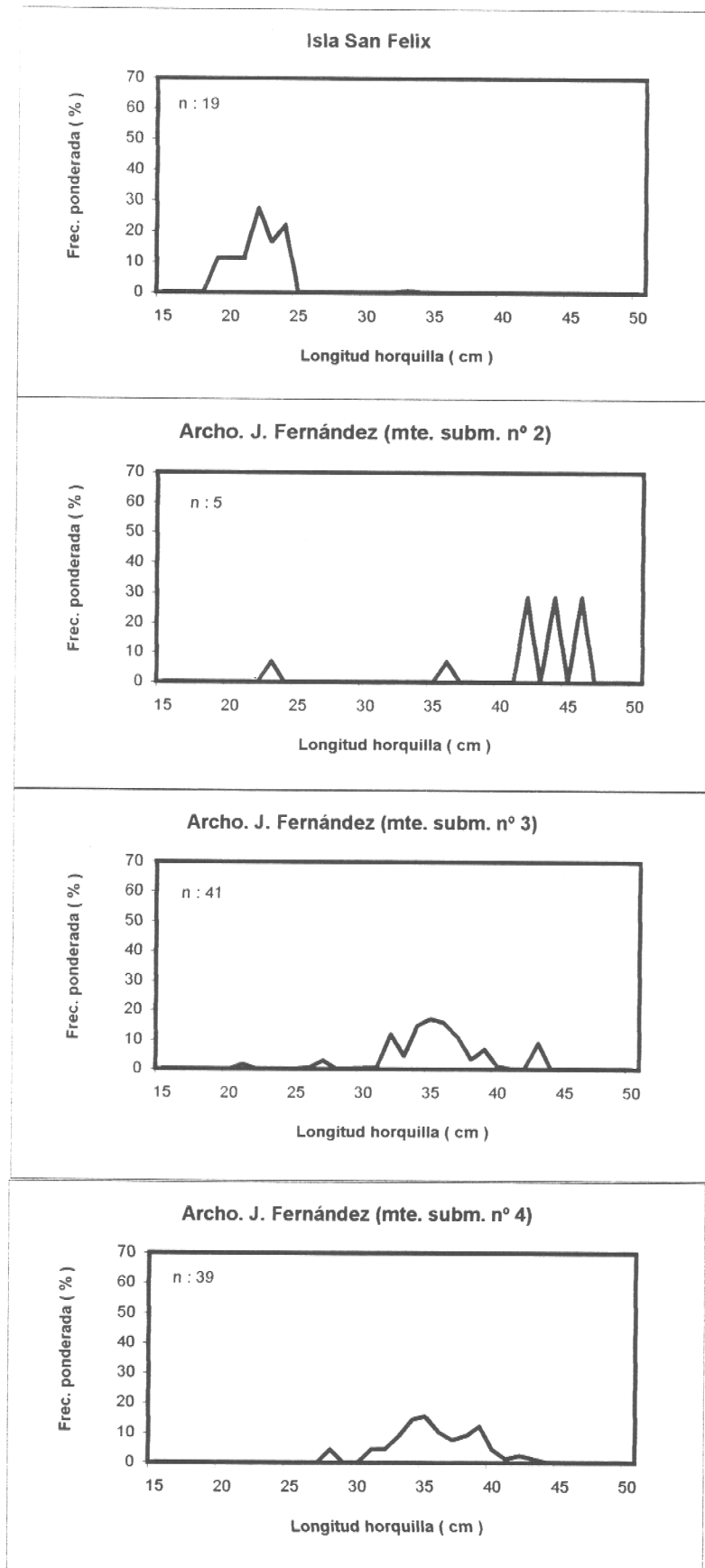


Fig. 41. Distribución de frecuencia ponderada de alfonsino ( machos )

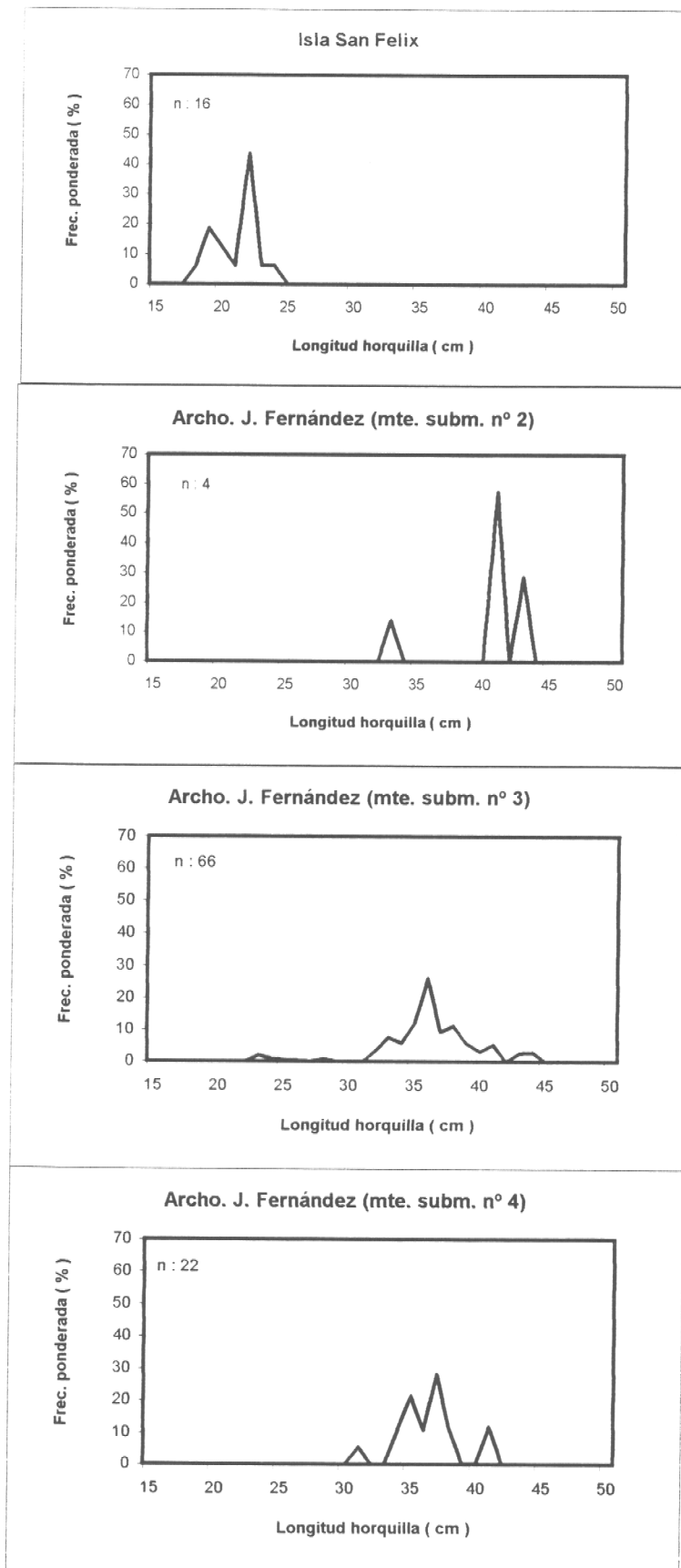


Fig. 42. Distribución de frecuencia ponderada de alfonsino ( hembras )



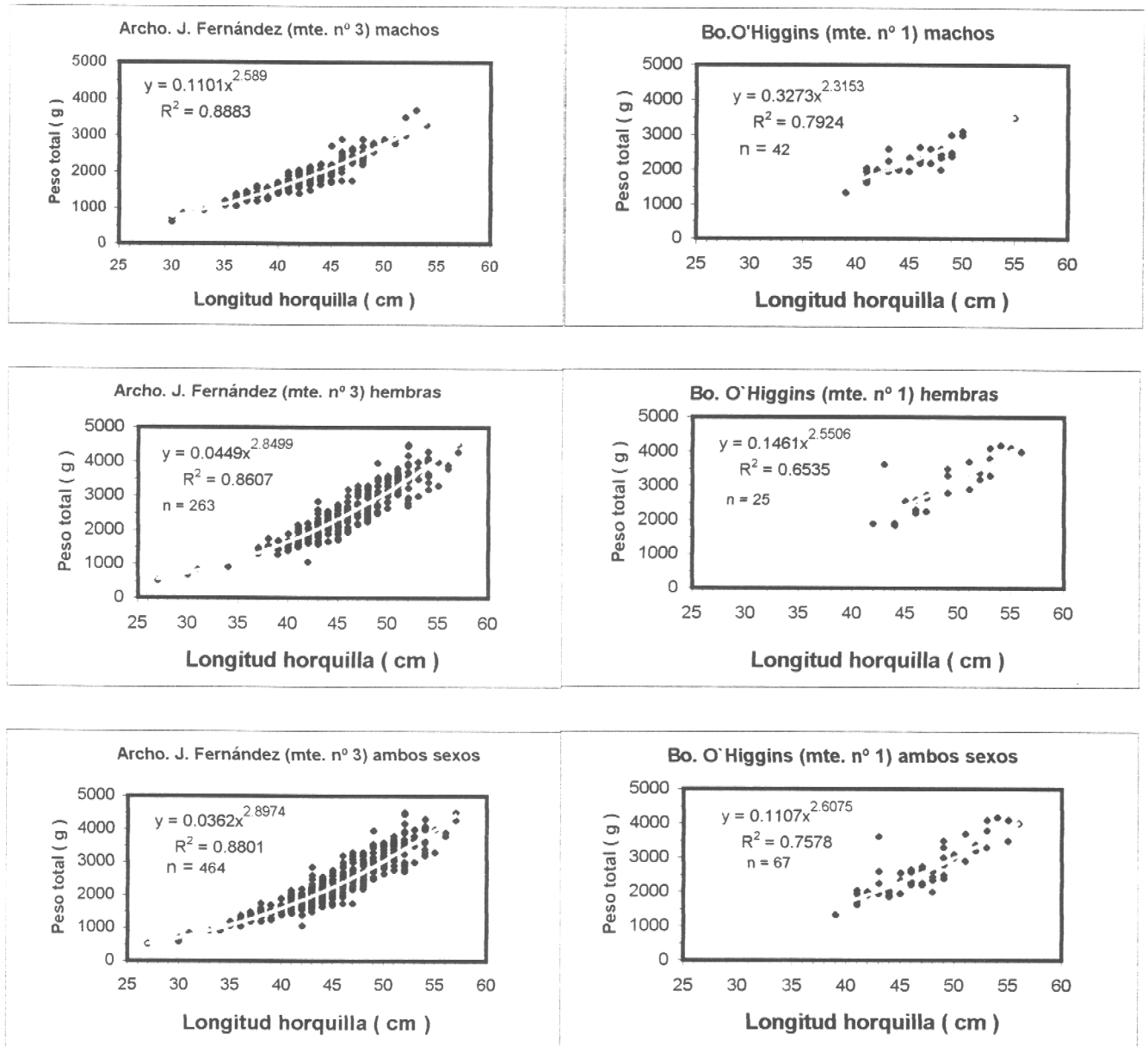


Fig. 43 Relación longitud-peso de orange roughy

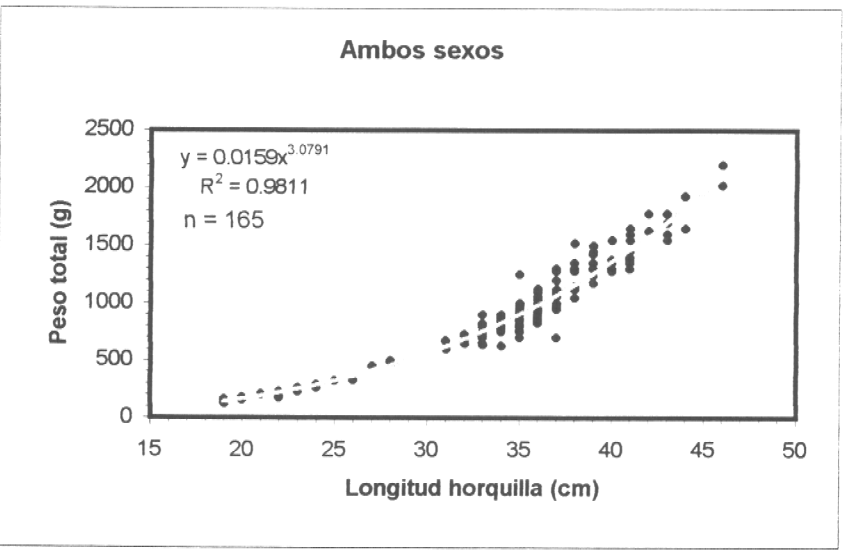
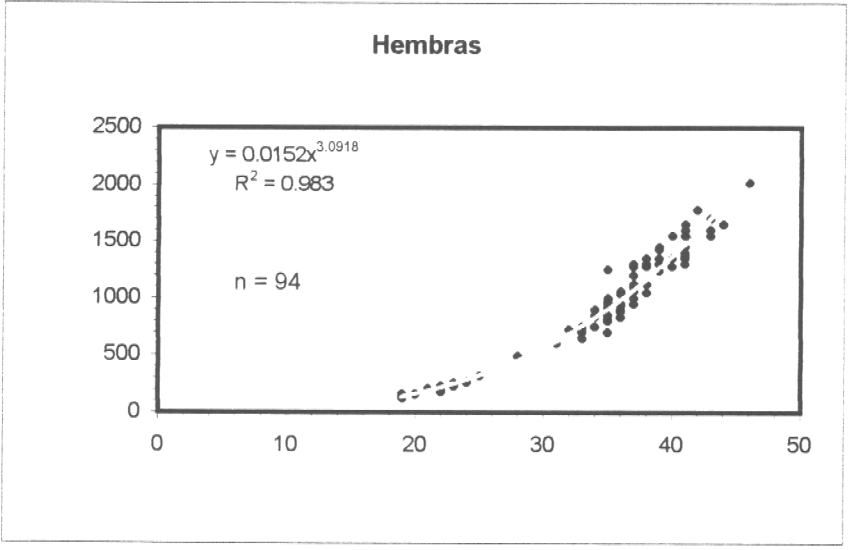
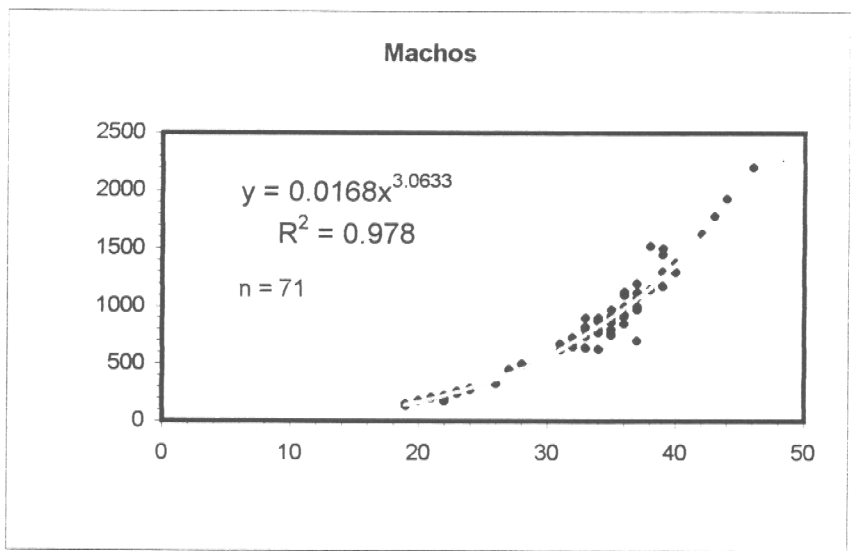


Fig.44 Relación longitud-peso de alfonsino

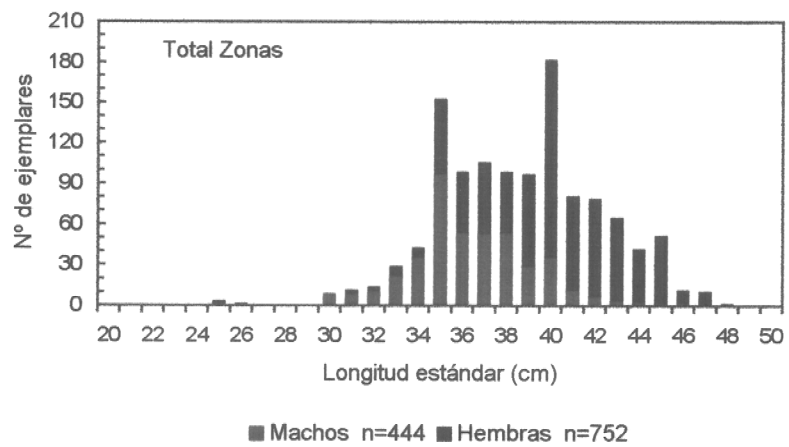
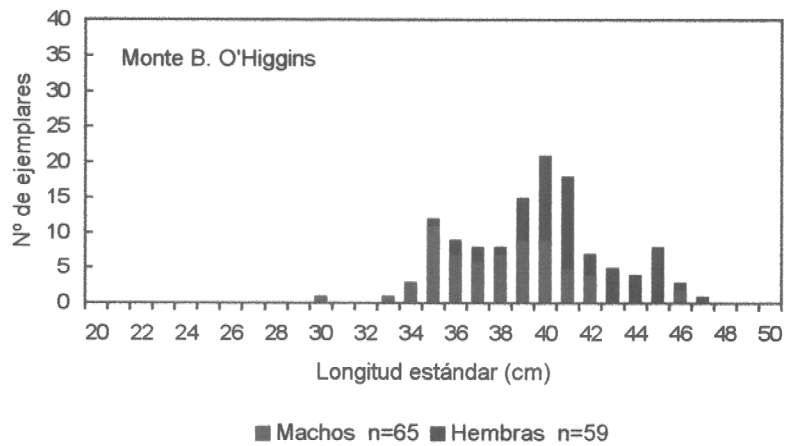
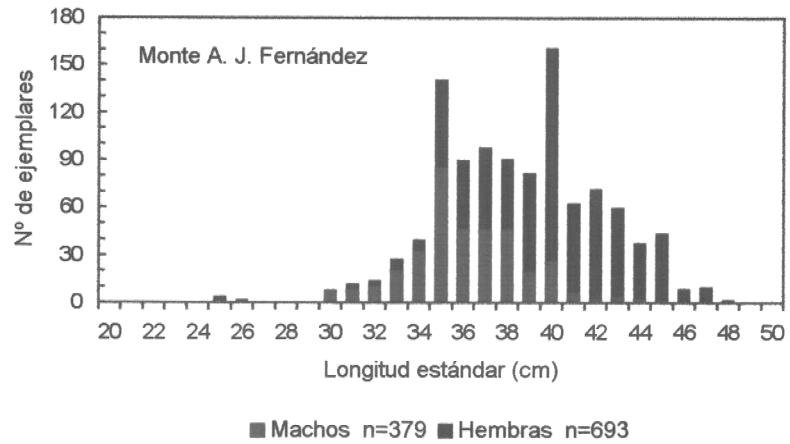


Figura 45. Distribución de frecuencia de longitud por sexo y por zona de *Orange roughy*.

## ESCALA DE MADUREZ SEXUAL PARA HEMBRAS DE ORANGE ROUGHY (*Hoplostethus atlanticus*)

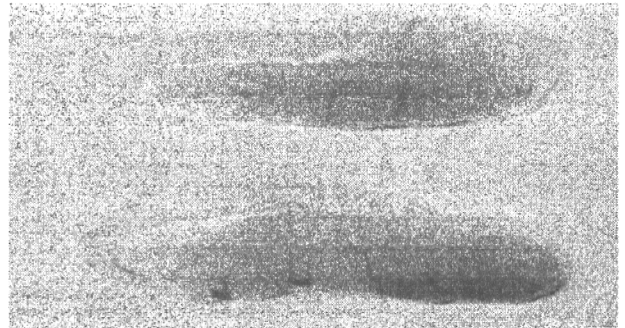
### ESTADO 1

#### **Inmaduros/Reposo/Maduración temprana**

**Inmaduros:** Ovario pequeño. Color blanco lechoso /rosado pálido. Sin huevos visibles

**Reposo:** Ovarios pueden ser de tamaño relativamente pequeños a mediano, pero flácidos. Rosado a naranja pálido, huevos pequeños (< 0,5 mm) visibles con puntos naranjos.

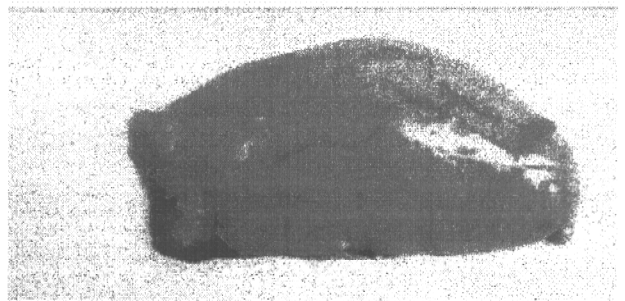
**Maduración temprana:** Ovarios relativamente pequeños. Naranja pálido. Huevos pequeños (< 0,5 mm)



### ESTADO 2

#### **En maduración**

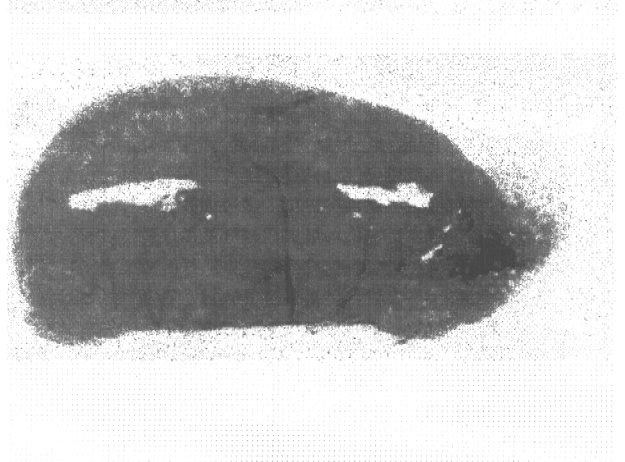
Ovario grande, rosado. Huevos llenos de yema y notorios (0,5 – 1,8 mm), llenando el ovario.



### ESTADO 3

#### **Maduro**

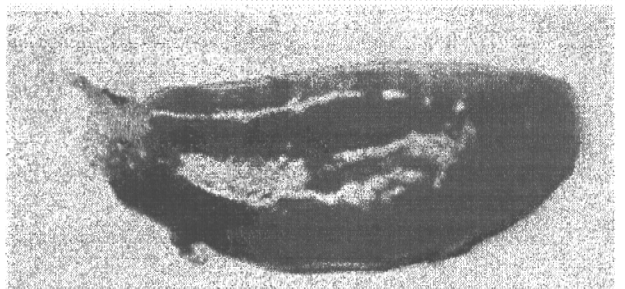
Ovario grande. Color naranja manchado (mezcla de huevos naranjas y claros). Huevos claros presentes.



### ESTADO 4

#### **En desove**

Ovario grande con paredes delgadas: Huevos principalmente claros(hialinos) con pocos huevos naranja. Huevos fluyen libremente con presión aplicada sobre el abdomen.



### ESTADO 5.

#### **Desovado**

Ovario flácido, coloración roja tipo sangre: Algunos huevos residuales pueden estar presentes.



Fuente: Ministerio de Pesquerías de Nueva Zelanda – Manual de recolección de datos biológicos, programa de observadores.

Fig. 46 Escala de madurez sexual para hembras de orange roughy



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# T A B L A S

Tabla 1. Escala de madurez de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) (Fuente: Pankhurst, 1987b).

		Hembras
1	Inmaduros	Ovario pequeño, color blanco lechoso/rosado pálido. Sin huevos visibles
2	Reposo	Ovarios pequeños a medianos pero flácidos. Rosado a naranja pálido, huevos pequeños.
3	Maduración temprana	Ovaris pequeños. Naranja pálido, huevos pequeños.
4	En maduración	Ovario grande rosado. Huevos llenos de yema llenando el ovario.
5	Maduro	Ovario grande. Color naranja manchado (mezcla de huevos naranjas y claros). Huevos claros presentes
	En desove	Ovario grande con paredes delgadas. Huevos claros (hialinos) con pocos huevos naranjas
	Desovado	Huevos fluyen libremente con presión aplicada sobre el abdómen
		Ovario flácido, coloración rojiza sanguínea. Presencia de huevos residuales.
		Machos
1		Inmaduros o estado e regresión, testículos muy delgados.
2		Testículos creciendo en tamaño. Sin líquido seminal.
3		Parcialmente con espermios, líquido seminal viscoso.
4		Totalmente con espermios, hidratados. Líquido seminal fluye libremente.
5		Desovados, testículos sanguinolentos o grises. Sin líquido seminal.

Tabla 2. Posición y área proyectada de los montes explorados

Monte	Longitud (W) (W)	Latitud (S) (S)	Area milla náutica <sup>2</sup>
J. Fernández 1	78°26,02	33°38,92	168,7
J. Fernández 2	77°41,54	33°33,19	166,1
J. Fernández 3	77°25,38	33°23,81	22,0
J. Fernández 4	76°51,97	33°26,61	25,8
J. Fernández 5	79°36,95	33°43,98	7,8
J. Fernández 6	80°15,60	34°04,59	7,4
B. O'Higgins 1	73°53,47	32°54,38	32,5
B. O'Higgins 2	73°38,15	32°50,20	2,9
Isla Mocha	74°07,72	37°51,58	9,2
Nazca 1	84°20,77	25°55,78	77,8
Nazca 2	83°55,88	25°48,85	24,9
Nazca 3	83°36,71	25°43,08	61,7
Nazca 4	83°17,29	25°46,56	44,1
Nazca 5	82°55,23	25°40,02	211,6
Nazca 6	81°49,72	25°23,91	86,8
Nazca 7	82°11,75	25°12,94	66,3
Nazca 8	82°02,80	25°02,37	64
Nazca 9	82°30,10	24°43,01	27,2
Taltal 1	72°29,30	27°31,35	5,8
Taltal 2	72°15,12	25°27,79	2,3
Taltal 3	72°50,83	25°21,99	5,4
Taltal 4	75°09,33	25°23,15	,7
Taltal 5	77°16,18	25°45,15	7,0

Tabla 3. Registros operacionales e índices de densidad de orange roughy

Fecha	Barco	Lance (N°)	Latitud (S)	Longitud (W)	Area	Veloc. (Nds)	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (Min)	Profundidad (m)	Long. Cable (m)	Altura red (m)	Presion (Hpasca)	T° (°C)	Viento Dirección	Viento Fuerza	Notas	Captura (kg)	Captura (N°)	Densidad (t/m <sup>3</sup> )
07/08/98	Betanzo	1	-40.1	-74.6	Mocha	3.5	4:20	5:07	47	708 - 958	1300	6.7	1012	3.7 - 4.0		0		0	0.0	
07/08/98	Betanzo	2	-39.4	-74.0	Mocha	3.1	18:22	19:35	73	756 - 1200	1340	5.6	1013	4	W	5		0	0.0	
08/08/98	Betanzo	3	-36.4	-73.7	Mocha	2.9	12:18	13:16	48	679 - 695	1280	7.5	1024	4.4	S	2		2	1	0.1
09/08/98	Betanzo	4	-32.9	-73.9	O'Higgins	3.4	13:59	14:04	5	480	760	7	1026	6		0	Traba	17	6	7.5
09/08/98	Betanzo	5	-32.9	-73.9	O'Higgins	3.1	16:14	16:22	8	561 - 760	950	6	1021	5.7	SSW	2	Traba	532	195	160.5
09/08/98	Betanzo	6	-32.9	-73.9	O'Higgins	3.2	18:15	18:27	12	531 - 541	900	7	1023	5.6	SSW	1	Rotura belly	447	173	87.1
09/08/98	Betanzo	7	-32.9	-74.0	O'Higgins	3.2	20:21	20:23	2	466	900	6.5	1024	6.8	S	2	Traba	0		0.0
09/08/98	Betanzo	8	-32.9	-73.9	O'Higgins	3.6	23:08	23:18	10	480 - 555	890	10	1021	6	SW	2		9	3	1.9
10/08/98	Betanzo	9	-32.9	-73.9	O'Higgins	2.4	7:15	7:16	1	413	820	6.5	1023	5.9	SSW	2	Traba	2.3	1	7.2
11/08/98	Betanzo	10	-33.4	-76.9	A. J.F-B4	3	2:18	2:26	8	495	800	10	1026	6.2		0		3.5	1	1.1
11/08/98	Betanzo	11	-33.6	-77.7	A. J.F-B2	3.7	10:18	10:45	27	510 - 520	950	7.5	1028	5.6 - 5.9	S	1		0		0.0
11/08/98	Betanzo	12	-33.6	-77.7	A. J.F-B2	2.5	11:57	12:06	5	372 - 406	800	7	1031	6.4	S	1	Traba	0		0.0
11/08/98	Betanzo	13	-33.6	-77.7	A. J.F-B2	3.1	13:13	13:16	3	486	950	8	1032	6.7	S	1	Traba	0		0.0
11/08/98	Betanzo	14	-33.7	-77.7	A. J.F-B2	3.6	14:54	15:28	27	536 - 771	950	10	1034		S	1		23	13	1.8
11/08/98	Betanzo	15	-33.7	-77.7	A. J.F-B2	3.6	17:36	18:14	38	611 - 850	1300	7	1028	5.2 - 4.9	W	2		55	29	3.0
12/08/98	Betanzo	16	-33.7	-78.6	A. J.F-B1	3.6	5:52	6:19	27	500 - 989	1750	7	1027	4.3 - 6.0	WSW	4	Traba	0		0.0
12/08/98	Betanzo	17	-33.6	-78.6	A. J.F-B1	3.6	13:24	13:28	4	294 - 339	650	9	1025	9.2	SSW	4	Traba	0		0.0
12/08/98	Betanzo	18	-33.7	-78.5	A. J.F-B1	3.7	16:15	17:10	55	514 - 521	1150	7.5	1026	6.6 - 6.3	SSW	5		0		0.0
12/08/98	Betanzo	19	-33.7	-77.7	A. J.F-B2	3.5	22:36	23:27	51	582 - 656	1200	50	1030	4.7 - 5.4	W	5		45	22	1.9
13/08/98	Betanzo	20	-33.5	-77.7	A. J.F-B2	3.6	2:45	3:21	36	661 - 673	1420	7.5	1033	4.6 - 5.3	SSW	4		0		0.0
13/08/98	Betanzo	21	-33.6	-77.8	A. J.F-B2	3.5	10:48	11:40	52	583 - 706	1200	7	1032	5.7 - 5.0	S	3		26	14	1.1
13/08/98	Betanzo	22	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.5	16:43	16:46	3	625 - 652	1450	8	1032	4.7	WSW	3		44	16	31.4
13/08/98	Betanzo	23	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3	19:04	19:13	9	667 - 670	1400	7.5	1029	4.6	WSW	4	Corta tren	20607	9746	5711.1
14/08/98	Betanzo	24	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.8	7:13	7:16	3	648 - 770	1460	10	1030	4.7	SW	3	Traba	42	18	27.6
14/08/98	Betanzo	25	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.5	9:02	9:07	4	679	1400	10	1027	5	SW	3	Rompe red	61	24	32.6
14/08/98	Betanzo	26	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.6	20:37	20:41	4	660 - 664	1400	10	1028	4.5	SW	3	Rompe red	102	40	53.0
14/08/98	Betanzo	27	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.6	22:24	22:28	4	664 - 671	1400	7	1025	5	SW	3		676	255	351.3
15/08/98	Betanzo	28	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.6	1:14	1:25	9	638 - 658	1400	10	1026	4.8 - 5.0	SW	3	Traba	495	198	114.3
15/08/98	Betanzo	29	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.2	7:03	7:06	2	654	1300	9	1028	5	SW	3	Traba	4	2	4.7
15/08/98	Betanzo	30	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.2	22:07	22:10	3	683	1400	10	1025	4.6	WSW	3		59800	23872	46611.8
16/08/98	Betanzo	31	-33.7	-77.7	A. J.F-B2	3.4	15:16	15:34	18	594 - 635	1200	7.5	1023	5.2	SSW	5		0		0.0
16/08/98	Betanzo	32	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	2.6	20:57	20:59	2	654	1300	7	1025	4.7	S	3		8700	3311	12519.3
17/08/98	Betanzo	33	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.1	23:35	23:39	4	669	1300	7	1030	4.7	S	5		350	97	211.2
17/08/98	Betanzo	34	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.2	0:44	0:47	3	668	1200	7	1030	4.7	SW	4	Traba	315	134	245.5
17/08/98	Betanzo	35	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	3.2	2:30	2:34	4	654	1300	7	1030	4.8	SSW	5	Traba	1130	438	660.6
17/08/98	Betanzo	36	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	2.7	16:26	16:33	7	660 - 668	1250	7.5	1030	4.8	S	2		50	17	19.8
17/08/98	Betanzo	37	-33.4	-77.4	A. J.F-B3	2.6	20:22	20:35	8	668 - 679	1400	7.5	1028	4.7	S	2		60000	30181	21585.1
19/08/98	Betanzo	38	-32.9	-73.9	O'Higgins	3.4	2:50	3:03	13	522	1200	7.5	1028	5.3	S	1		9	3	1.5
19/08/98	Betanzo	39	-32.9	-73.9	O'Higgins	3.2	13:53	14:02	8	520 - 553	1100	7.5	1023	5.4	S	3	Traba	0		0.0
19/08/98	Betanzo	40	-32.9	-73.9	O'Higgins	3.6	19:49	20:05	14	534	1200	7.5	1026	5.4	S	4		12	5	1.8

(1) La duración del lance corresponde al tiempo de arrastre sobre el fondo

(2) La profundidad corresponde a la profundidad del fondo y la red



Tabla 3 (cont.).

Fecha dd/mm/aa	Barco	Lance (N°)	Latitud (S)	Longitud (W)	Area	Veloc. (Nds)	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (Min)	Profundidad (m) (2)	Long. Cable (m)	Altura red (m)	Presión (Hpascael)	Temperatura		Viento		Notas	Captura (kg)	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	
														Presión	Temperatura	Dirección	Fuerza				
20/08/98	Betanzo	41	-35.22	-72.81	3	3.8	17:51	18:59	68	656 - 740	1400	7.5	1024		4.4	S	4		0	0.0	
21/08/98	Betanzo	42	-35.71	-73.28	3	3.2	2:00	3:20	77	656 - 960	1400	7.5	1026		4.4 - 3.8	S	4		0	0.0	
21/08/98	Betanzo	43	-36.41	-73.68	4	3.1	9:52	10:53	61	670 - 718	1400	7	1018		4.2	S	4		0	0.0	
21/08/98	Betanzo	44	-36.78	-73.60	4	3.2	15:32	16:07	35	547 - 1046	1400	7	1017		3.5 - 4.9	S	4		0	0.0	
22/08/98	Betanzo	45	-37.87	-74.10	4	3.8	7:24	8:21	54	450 - 687	1167	5 - 7.5	1017		5.1	WSW	2		31	1.1	
22/08/98	Betanzo	46	-37.86	-74.10	4	3.5	10:20	11:05	45	467 - 747	1200	5 - 7.5	1018		4.4 - 5.2	SSW	2		0	0.0	
22/08/98	Betanzo	47	-37.89	-74.08	4	3.5	13:09	14:42	93	628 - 755	1500	5 - 7.5	1021		4.7 - 3.8	SW	1		0	0.0	
22/08/98	Betanzo	48	-37.84	-74.11	4	3.4	15:58	16:48	54	476 - 570	1200	5 - 7.5	1020		4.7 - 4.8	SW	0		0	0.0	
22/08/98	Betanzo	49	-37.88	-74.10	4	3.5	18:14	19:15	61	485 - 700	1252	5 - 7.5	1020		4.0 - 5.1	NW	2		0	0.0	
23/08/98	Betanzo	50	-38.62	-74.67	5	3.8	7:29	8:39	55	370 - 1016	967	5 - 7.5	1019		5.9 - 3.4	0	0		0	0.0	
23/08/98	Betanzo	51	-38.84	-74.19	5	3.5	13:54	14:36	42	805 - 857	1020	5 - 7.5	1018		3.4 - 3.6	SW	2		0	0.0	
23/08/98	Betanzo	52	-38.82	-74.00	5	3.6	21:25	22:13	48	659 - 805	1700	5 - 7.5	1020		3.6 - 4.0	SW	3		0	0.0	
24/08/98	Betanzo	53	-39.52	-74.03	5	3.3	4:51	5:00	9	546 - 597	1250	5 - 7.5	1025		4.4 - 4.5	S	2		0	0.0	
24/08/98	Betanzo	54	-39.93	-74.04	5	3.4	12:27	12:56	29	548 - 848	1800	5 - 7.5	1027		4.9 - 3.9	S	1		0	0.0	
24/08/98	Betanzo	55	-40.65	-74.32	6	3.4	17:54	18:52	58	654 - 680	1400	5 - 7.5	1030		4.2 - 4.4	SW	2		0	0.0	
25/08/98	Betanzo	56	-40.81	-74.62	6	3.5	1:15	2:25	47	800 - 830	1650	5	1031		3.5 - 3.6	SSW	3		0	0.0	
25/08/98	Betanzo	57	-40.03	-74.51	6	3.4	5:16	6:22	66	822 - 824	1694	5	1031		4	C	0		0	0.0	
25/08/98	Betanzo	58	-41.19	-74.42	6	3.5	10:07	11:34	87	446 - 586	1400	5 - 4	1033		4.6 - 5.2	S	2		0	0.0	
25/08/98	Betanzo	59	-41.31	-74.53	6	3.6	15:18	16:05	47	611 - 936	1650	5 - 6	1032		4.7 - 3.2	S	3		0	0.0	
25/08/98	Betanzo	60	-41.10	-74.66	6	3	22:37	23:10	33	803 - 806	1400	5 - 7.5	1033		3.5	S	3		0	0.0	
26/08/98	Betanzo	61	-39.83	-74.11	5	3.6	7:57	8:11	14	668 - 720	1500	6	1032		3.9 - 4.4	S	3		0	0.0	
26/08/98	Betanzo	62	-40.04	-74.20	6	3.8	10:14	10:53	39	454 - 505	1200	4 - 6	1032		4.7 - 5.3	S	3		0	0.0	
09/09/98	A. Molina	1	-25.41	-81.83	I.S.Felix	3.1	17:14	17:59	45	395	850	5	1031		9	SW	5		0	0.0	
10/09/98	A. Molina	2	-25.03	-82.04	I.S.Felix	2.7	13:41	14:35	54	502	1050	5	1024		9.2	S	6		0	0.0	
10/09/98	A. Molina	3	-25.57	-82.38	I.S.Felix	3	20:18	21:12	54	466	950	6	1024		8.8	NW	6		0	0.0	
11/09/98	A. Molina	4	-25.73	-82.96	I.S.Felix	3.7	8:35	10:00	85	315	700	7	1027		13	NW	1		0	0.0	
11/09/98	A. Molina	5	-25.71	-83.63	I.S.Felix	3.1	17:28	17:58	30	566	1250	6	1028		6.7	S	8	Traba	0	0.0	
15/09/98	A. Molina	6	-33.61	-77.75	A. J.F-B2	3.5	11:54	11:57	3	400	850	7	1030		8	NNW	1	Traba	0	0.0	
15/09/98	A. Molina	7	-33.65	-77.70	A. J.F-B2	3.2	15:13	15:14	1	538	1200	7	1032			E	5	Traba	0	0.0	
15/09/98	A. Molina	8	-33.40	-77.41	A. J.F-B3	3.2	19:05	19:25	20	683	1350	7	1029		5	NW	2	Traba	90	10.5	
15/09/98	A. Molina	9	-33.40	-77.40	A. J.F-B3	3.5	21:30	21:38	8	710	1400	7	1025		5	S	6		0	0.0	
15/09/98	A. Molina	10	-33.40	-77.41	A. J.F-B3	3.9	23:40	23:56	16	681	1300	9	1022		6	N	5	Traba	15	1.8	
16/09/98	A. Molina	11	-33.39	-77.40	A. J.F-B3	2.4	1:55	1:58	3	842	1400	7	1020		5	E	4	Traba	4	4.1	
16/09/98	A. Molina	12	-33.45	-76.84	A. J.F-B4	2.4	11:29	11:52	23	600	1300	7	1026		5.3	W	1		1125	152.5	
16/09/98	A. Molina	13	-33.44	-76.84	A. J.F-B4	3.6	13:47	14:05	18	584	1100	7	1024		6	SE	10	Traba	61	28	7.0
16/09/98	A. Molina	14	-33.44	-76.84	A. J.F-B4	2.5	15:49	16:23	34	558	1100	6	1019		6	SSE	8	Traba	35	16	3.1
16/09/98	A. Molina	15	-33.44	-76.84	A. J.F-B4	3	19:26	19:30	4	670	1350	7	1019				0		0	0.0	
16/09/98	A. Molina	16	-33.44	-76.83	A. J.F-B4	3.5	21:25	21:39	14	620	1000	7	1018		5.2	SE	3	Traba	8	4	1.2
16/09/98	A. Molina	17	-32.94	-73.91	O'Higgins	3	14:30	14:54	24	520	950	7	1020		6	ESE	10	Traba	18	9	2.0
16/09/98	A. Molina	18	-32.94	-73.87	O'Higgins	3	18:13	18:36	23	520	950	7	1021		6	N	0	Traba	33	12	3.5

Tabla 4. Dimensiones de las áreas de pesca de orange roughy e índices de abundancia relativa.

Monte	Distancia (millas náuticas)		Area de pesca Milla náutica <sup>2</sup>	Abundancia relativa (1)		Abundancia relativa (2)	
	Latitud	Longitud		t/millanáutica <sup>2</sup>	Coef. variación	T/millanáutica <sup>2</sup>	Coef.Variación
J. Fernández 2	2,7	3,9	10,7	0,9	1,32	0,8	0,72
J. Fernández 3	3,1	1,1	3,5	5879	2,19	5353	0,65
J. Fernández 4	0,9	1,2	1,1	32,8	2,04	---	---
B. O'Higgins	3,0	3,1	9,3	29,7	1,9	35,4	0,57

(1) Estimado mediante método de grupo aleatorio

(2) Estimado mediante método geoestadístico

Tabla 5. Nombre común y científico de las especies capturadas. Ordenadas por nivel de captura.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	Zona de captura			Captura		Lances	
		J Fernández	Nazca	Mocha	(kg)	(%)	(N°)	(%)
Orange roughy	<i>Hoplostethus atlanticus</i>	+		+	154926,7	91,90	38	47,50
Alfonsino	<i>Beryx splendens</i>	+	+	+	3846,3	2,28	17	21,25
Tollo narigón negro	<i>Centroscymnus crepidate</i>	+		+	3135,8	1,86	36	45,00
Jaiba araña	<i>Libidoclaea granaria</i>			+	2500,0	1,48	1	1,25
Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	+		+	1480,2	0,88	31	38,75
Granadero chico	<i>Coelorynchus fasciatus</i>	+		+	609,7	0,36	28	35,00
Barbanegra	<i>Alepocephalus australis</i>			+	513,0	0,30	16	20,00
Merluza del sur	<i>Merluccius australis</i>			+	430,0	0,26	18	22,50
Raya blanca	<i>Raja longicauda</i>	+		+	242,0	0,14	11	13,75
Mirror dory	<i>Zenopsis conchifer</i>	+			125,5	0,07	5	6,25
Tiburón narigón gris	<i>Deania calcea</i>	+		+	124,0	0,07	3	3,75
Gamba	<i>Haliporoides diomedeeae</i>			+	121,0	0,07	16	20,00
Bacalao	<i>Dissostichus eleginoides</i>			+	110,0	0,07	13	16,25
Fume	<i>Hexanchgeus griseus</i>	+	+	+	80,6	0,05	4	5,00
Tollo de cachos	<i>Squalus acanthias</i>	+	+	+	66,6	0,04	6	7,50
Raya volantín	<i>Raja chilensis</i>	+		+	60,5	0,04	9	11,25
Espinudo	<i>Congiopodus sp</i>	+			60,2	0,04	4	5,00
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>			+	28,2	0,02	6	7,50
Oreo dorie	<i>Pseudocyttus maculatus</i>	+		+	19,0	0,01	4	5,00
Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>			+	16,9	0,01	8	10,00
Jibia rugosa	<i>Moroteuthis ingens</i>			+	13,0	0,01	1	1,25
Diablillo	<i>Pterygotrigla sp</i>	+			11,4	0,01	4	5,00
Antimora	<i>Antimora rostrata</i>	+		+	10,5	0,01	2	2,50
Merluza común	<i>Merluccius gayi</i>			+	10,0	0,01	2	2,50
Quimera	<i>Hidrolagus sp</i>	+		+	10,0	0,01	4	5,00
Granadero grande	<i>Coryphaenoides holotrac</i>	+		+	9,5	0,01	5	6,25
Langosta enana	<i>Sclerocangron atrox</i>	+			4,1	0,00	7	8,75
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>		+	+	4,0	0,00	2	2,50
Congrio profundidad	<i>Bassanago albescens</i>	+			3,6	0,00	2	2,50
Cojinoba del sur	<i>Seriollella caerulea</i>			+	2,0	0,00	1	1,25
Reineta	<i>Brama australis</i>			+	2,0	0,00	2	2,50









Tabla 7. Resumen de los valores de número muestreado, rango de tallas y modas de orange roughy.

Monte	Machos			Hembras		
	N	Rango	Moda	N	Rango	Moda
J. Fernández 3	360	30-52	43	678	40-56	43; 47; 50
J. Fernández 4	28	36-52	39; 42	13	37-52	-
Bajo O'Higgins	72	39-51	44	59	42-57	49
Isla Mocha	15	36-46	39	7	38-49	-

Tabla 8 Resumen de los valores de número muestreado, rango de tallas y modas de alfonsino.

Monte	Machos			Hembras		
	N	Rango	Moda	N	Rango	Moda
J. Fernández 2	5	23-47	-	4	33-44	-
J. Fernández 3	41	21-44	36	66	23-45	36
J. Fernández 4	39	28-43	36; 39	22	31-42	-
Nazca	19	18-26	22	16	18-26	23



Tabla 9  
Proporción sexual de orange roughy por área y mes.

Area	Proporción sexual ( m:h )	
	Agosto	Septiembre
Bajo O'Higgins	0,78 : 1	4,6 : 1
36°00'-38°00'L	2,14 : 1	-----
A.Juan Fernán	0,49 : 1	1,82 : 1

Tabla 10  
Proporción sexual ponderada de orange roughy por monte explorado

	Machos (%)	Hembras (%)
J. Fernández 3	44,47	55,63
J. Fernández 4	68,63	31,37
Bajo O'Higgins	46,85	53,15
Isla Mocha	67,10	32,90

Tabla 11  
Proporción sexual ponderada de alfonsino por monte explorado

	Machos (%)	Hembras(%)
J. Fernández 3	52,34	47,66
J. Fernández 4	35,22	64,78
Bajo O'Higgins	63,22	36,78
Isla Mocha	53,18	46,82

Tabla 12  
Estados de madurez sexual por mes y sexo de orange roughy

Estado	Hembras				Machos			
	Agosto		Septiembre		Agosto		Septiembre	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
1	0	0,0	0	0,0	11	2,8	0	0,0
2	23	3,2	0	0,0	31	8,0	0	0,0
3	49	6,7	0	0,0	334	86,5	0	0,0
4	637	87,7	0	0,0	10	2,6	74	100,0
5	17	2,3	33	100,0	-----	-----	-----	-----

Tabla 13  
Factor de condición de orange roughy por mes y sexo.

	Agosto	Septiembre	Total
Machos	1,74	1,73	1,73
Hembras	1,90	1,73	1,88
Total	1,83	1,73	1,85



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# ANEXO



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

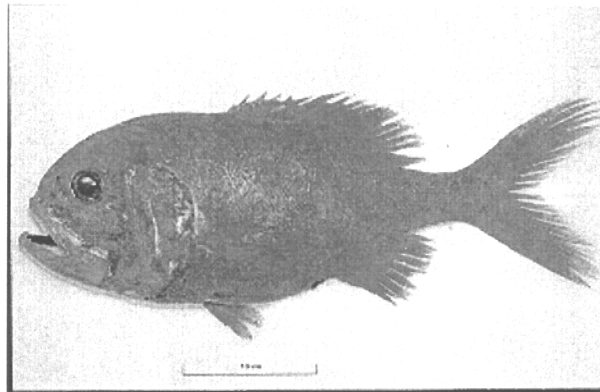
## **ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE ORANGE ROUGHY (*Hoplostethus atlanticus*) EN AGUAS CHILENAS**



Beryciformes

Trachichthyidae

***Hoplostethus atlanticus*** Collet, 1889





## 1. ANTECEDENTES GENERALES

*Hoplostethus atlanticus* Collet, 1889, es un pez teleósteo que pertenece a la Familia Trachichthyidae del Orden Beryciformes, que en Chile están representados por 4 especies (Pequeño 1989). Esta especie posee un cuerpo ovalado y comprimido, con cabeza grande y con notorias cavidades cubiertas por delgadas membranas. Es un recurso gregario que vive entre 600 y 1200 metros de profundidad aproximadamente. En Nueva Zelandia y Australia constituyen un recurso en explotación desde 1977 con más de 35.000 toneladas anuales. En estos países ha sido objeto de numerosos estudios que han estado dirigidos a conocer los parámetros biológicos tales como edad y crecimiento y reproducción, estimación de su abundancia, discriminación de stocks mediante métodos genéticos, incorporando nuevas técnicas de investigación de fondos submarinos y finalmente introduciendo otras metodologías de determinación de edad. A pesar de que los niveles de explotación han sido conservadores (del orden del 10 % de la biomasa estimada (Robertson y Grimes, 1983 en Gauldie, 1997) se ha constatado una declinación de alrededor del 20-30 % de la biomasa. Esta disminución del stock se produjo en forma paulatina, con cambios muy poco notorios, a diferencia de lo que ha ocurrido en otras pesquerías. Este hecho soportó la idea de que esta especie era excepcionalmente longeva y muy bajos niveles de reclutamiento.

Sin embargo, en la medida que se ha recopilado mayor información sobre la biología de la especie, la idea de la extrema longevidad ha perdido relevancia y de acuerdo a las variaciones interanuales en las longitudes observadas, el peso de los ejemplares y el peso de los otolitos, se ha reforzado la idea de que las edades son menores.

### ANTECEDENTES SOBRE LAS ESTIMACIONES DE EDAD

Hasta el momento se han realizado varios estudios para la determinación de la edad, los que utilizando diferentes técnicas, han entregado varias curvas de crecimiento. No obstante, el amplio rango de edades máximas estimadas, que va de 16 a 150 años, ha producido



grandes discrepancias entre los investigadores y administradores pesqueros y ha creado serias dudas respecto a ciertos métodos, especialmente el de los radionúcleos que sostiene que la longevidad de esta especie sería de alrededor de 150 años y que según las últimas determinaciones bajaría a 125 años (Smith *et al.* 1995). En la actualidad, habría una aceptación de que las edades máximas estarían dentro del rango de 14 a 25 años, que son biológicamente más razonables para peces que no pesan mucho más de 3 Kg. (Gauldie, 1997).

Los otolitos de *H. atlanticus* presentan características que lo hacen particularmente difícil para analizar, lo que ha conducido a que se produjesen las grandes discrepancias de edades máximas entre los diferentes autores. La observación de los otolitos a la luz reflejada indica la presencia de una gran cantidad de marcas o anillos de difícil interpretación, que según Gauldie (1997) implica contar diferentes estructuras poco relacionadas, cuya cuenta podría ser arbitrariamente ajustada para dar un amplio rango de curvas de crecimiento. Este autor comparó imágenes obtenidas con luz reflejada, con otras tomadas en un microscopio electrónico constatando que las zonas identificadas a la luz reflejada correspondían sólo a surcos sobre la superficie de los otolitos, lo que explicaría las divergencias en las edades máximas asignadas. Estos surcos varían de tamaño y periodicidad desde muy pequeños y frecuentes hasta pocos y grandes. Generalmente el patrón de surcos grandes hace que existan espacios crecientes entre ellos hacia el borde del otolito, de manera que edades basadas en el espaciamiento de estos surcos superficiales conduciría a curvas de crecimiento logarítmicas y no asintóticas.

En los otolitos se distinguen zona opacas y translúcidas que son discontinuidades ópticas que tienen la apariencia de bandas con bordes difusos que pueden ser generadas por refracción alrededor, tanto de las discontinuidades internas como superficiales en la estructura de los cristales del otolito, así como también son generadas por cambios a mayor escala en la química del otolito que produce cambios en el índice de refracción del material (Gauldie, 1990). Las zonas opacas se encuentran en las partes jóvenes de los otolitos, pero



progresivamente son más angostas hasta que asumen la apariencia sólo de marcas en las secciones de la periferia de éstos.

En *H. atlanticus* se han realizado 4 estudios de determinación de edad basados en el análisis de zonas opacas, utilizando luz reflejada por la cara externa del otolito entero. Estos son difíciles de evaluar por el amplio rango de edades máximas asignadas (entre 11 y 37 años).

Un primer estudio lo realizó Bedford en el Laboratorio de Lowestoft, evitando contabilizar las marcas superficiales, pero no señaló de qué manera lo logró, este autor obtuvo curvas de crecimiento asintóticas para machos y hembras. Luego, van den Broek (1983) (en Mace *et al.* 1990) ajustó estos datos al modelo de von Bertalanffy obteniendo para machos valores de  $L_{\infty} = 36,2$  cm a los 19 años y  $K = 0,244$  y para las hembras:  $L_{\infty} = 38,1$  cm a los 21 años y  $K = 0,172$ .

Kotlyar (1984) ajustó curvas de crecimiento utilizando zonas opacas en los otolitos asignando un máximo de 11 años a los 29 cm de longitud estándar (LS). Por su parte, Smith y Robertson (1992), presentaron un breve informe mostrando una curva a la edad basada en los otolitos enteros con un máximo de 37 años a alrededor de 40 cm LS. Estos dos estudios no indicaron ningún tipo de validación de la edad.

Mace *et al.*, (1990) utilizaron también zonas opacas para generar curvas de crecimiento, asignaron una edad máxima de 29 años a ejemplares de 32 cm LS. Los autores postularon que, ya que ocasionalmente aparecen ejemplares de tallas superiores a los 50 cm LS, superarían los 50 años. Por otra parte, realizaron una validación de las tres primeras edades, siguiendo estas clases en el tiempo.

Smith y Robertson (1992), también analizaron zonas opacas internas en secciones de otolitos de *H. atlanticus* y generaron curvas de crecimiento dando edades máximas de 127 años a alrededor de 40 cm LS. Tampoco realizaron validación, al parecer, los autores



asumieron que cualquier estructura que cause difracción en la transmisión de la luz a través de secciones de otolitos podría ser contabilizado como una marca anual.

### Estudios de edad realizados por métodos radioquímicos

Este método está basado en la razón de dependencia de tiempos de dos radionúcleos: radio ( $^{226}\text{Ra}$ ) y plomo ( $^{210}\text{Pb}$ ). El  $^{226}\text{Ra}$  ingresa en el otolito como análogo al calcio (está en la misma columna de la tabla periódica) y declina a una serie de productos hijas que incluye el  $^{210}\text{Pb}$ . Debido a que la tasa de crecimiento es fija, se dice que la razón entre el  $^{210}\text{Pb}$  :  $^{226}\text{Ra}$  en los otolitos, podría proveer una medida absoluta del tiempo y en consecuencia de la edad.

La técnica de determinación de la edad por radiometría, aplicada a los otolitos enteros debe cumplir los siguientes supuestos:

1. Debe existir una tasa constante de ingreso del  $^{226}\text{Ra}$  para pasar a  $^{210}\text{Pb}$  al otolito durante el crecimiento.
2. El ingreso de  $^{226}\text{Ra}$  debe exceder significativamente al del  $^{210}\text{Pb}$ .
3. La aragonita del otolito debe actuar como un sistema cerrado para incorporar  $^{226}\text{Ra}$  y todos los isótopos en su cadena de declinación incluyendo al Polonio ( $^{210}\text{Po}$ ).

Fenton et al. (1991), mediante radiometría establecieron que orange roughy es un pez de muy lento crecimiento, con una edad de madurez de 32 cm LS lograda a los 32 años y con edades máximas fluctuantes entre 77 y 149 años a tallas de 38-40 cm LS.

Posteriormente Smith *at al.* (1995), realizaron nuevas estimaciones de edad de *H. atlanticus* mediante dos métodos, (cuenta de anillos sobre la superficie del otolito entero y en secciones longitudinales de otolitos). La edad máxima determinada fue 125 años para un





ejemplar de 41 cm LS y la edad a la primera madurez fue estimada ocurrir a los 25 años y a 30-32 cm LS. Con esta información realizaron nuevas estimaciones de la tasa de crecimiento de la masa que fueron incorporadas a nuevas determinaciones de edad por radiometría, con lo que redujeron las edades estimadas para ejemplares de 38-40 cm LS de 77-149 años a 59-101 años, además determinaron que los peces más viejos tendrían una edad de 125 años.

Estos estudios produjeron gran controversia a causa de las grandes diferencias en las edades máximas estimadas, siendo objeto de duras críticas, que tienen relación con el cumplimiento de los supuestos en que se basa el método. La primera crítica duda de que el ingreso de  $^{226}\text{Ra}$  sea constante y que no entre al interior del otolito  $^{210}\text{Pb}$ , ya que en la naturaleza el ingreso de los elementos no es constante y no habría razón para que el  $^{210}\text{Pb}$  no pueda ingresar al otolito, lo que está relacionado también con otro de los supuestos, que el otolito no funcionaría como un sistema cerrado al ser una estructura porosa. Debido a esto el gas Radón ( $^{222}\text{Rn}$ ), un producto hija intermedio del  $^{226}\text{Ra}$ , con vida media de 3,8 días, se perdería todo o parte de él, por lo que no llegaría a constituirse en  $^{210}\text{Pb}$ . Otra crítica se refiere a que el método estaría dentro de un argumento circular al depender para sus resultados, de una estimación de edad previa con la que se pueda elaborar un modelo de crecimiento de la masa y así estimar las edades radiométricas. Por ejemplo, el mismo valor de la razón  $^{210}\text{Pb}: ^{226}\text{Ra}$  puede dar edades desde 19 a 150 años, dependiendo de la tasa de crecimiento asumida previamente (Gauldie, 1997).

En la Tabla 1 se presenta un resumen de la información disponible entregada por los diferentes autores hasta la fecha, mediante diferentes técnicas utilizadas y la edad y longitud máxima determinada, como asimismo la edad y talla de primera madurez establecida por alguno de ellos y finalmente los parámetros del ajuste del modelo de von Bertalanffy.



## **ANTECEDENTES SOBRE TÉCNICAS DE LECTURA Y PREPARACIÓN DE OTOLITOS**

La metodología de lectura y preparación de otolitos que se presenta a continuación, corresponde a la utilizada para los análisis de edad de orange roughy en el National Institute of Water and Atmospheric Research (Niwa) de Nueva Zelandia, quienes han colectado otolitos de orange roughy desde 1970 y fue aportada por la Dra. Dianne M. Tracey de dicha Institución con numerosas publicaciones en el tema (Clark *et al.* 1994)

### **Lectura de otolitos enteros**

Sólo pueden ser leídos con confianza razonable en peces pequeños, (en otolitos de peces de mayor tamaño se deben hacer cortes longitudinales). Se limpian los otolitos de cualquier material orgánico, se colocan hacia arriba en bandejas de plástico negras, se llenan con aceite de parafina, y se examinan con un microscopio con luz reflejada. Smith *et. al* (1995) usaron un método similar sólo que reemplazó el aceite de parafina por agua. Ellos encontraron que otolitos de peces más grande requerían un breve período de hidratación para clarificar las zonas internas, pero que períodos prolongados reducían la claridad del borde. También encontraron una rápida divergencia en los annuli contados entre otolitos seccionados y otolitos enteros desde peces de más de 20 años (30cm), de manera que siempre se debe usar otolitos seccionados en peces de más de 30 cm. La experiencia en Nueva Zelandia sugiere que otolitos seccionados se debe usar para peces desde los 14 cm.

### **Método de seccionamiento (Nueva Zelandia)**

Un otolito de cada par del pez individual es seccionado longitudinalmente. Se escoge el otolito izquierdo consistentemente, pero si se astilla, quiebra o está calcificado se usa el otolito derecho. Si se dañan ambos o estan calcificados, se rechaza el pez de la muestra.

Los otolitos se examinan distalmente con el sulcus hacia abajo mediante un microscopio binocular de bajo aumento, y se dibuja una línea recta en el otolito con un lapicero de tinta



de 0,35 mm por el plano de seccionamiento. El plano de seccionamiento óptimo es desde el primordium hasta el más uniforme eje postero-lateral. Generalmente, se orienta cerca del borde dorsal del postrostrum. Los otolitos se sumergen individualmente en resina epóxica de frague lento (Araldite K142) en moldes vinílicos y para acelerar el fraguado se colocan los moldes en un horno por 4 horas a 50 °C. Los moldes se dejan toda la noche para terminar de fraguar, entonces a los otolitos incluidos se les quita el molde de vinilo y se etiquetan.

Los otolitos incluidos son seccionados en una sierra Struers Accutom-2 con dos hojas diamantadas de 0.37 mm y se separan por un espaciador de un mm de espesor. Cada otolito incluido se alinea de manera que las hojas pasen a cada lado de la línea, y se sujeta el molde en el calzo. Los moldes son seccionados a 1800 rpm, usando un aceite refrigerante al 3%.

Las secciones cortadas se pulen manualmente por un lado usando una serie de papeles de lija al agua (400, 1200, y 4000 grano) y una suspensión de 0.1m de polvo de alúmina (Linde A). Las secciones se montan, por la cara pulida hacia abajo, en un vidrio portaobjetos con resina epóxica (Cinco minutos Araldite). Se pulen en un Surtes Planopolcon con dos ruedas de pulir, usando una serie de papeles de lija y polvo de pulir como antes. Las secciones se pulen a 0.3 mm del primordium y 0.4 mm en el borde. La estructura de finas bandas en el borde terminal es más difícil de resolver si la sección es mucho menos que 0.4 mm. Pero a ese espesor, el centro más opaco del otolito es difícil de leer, así esta porción se deja un poco más delgada. Las secciones así preparadas están listas para la lectura.

### **Método de seccionamiento (Australia)**

En el Australian Central Ageing Facility, se incluyen los otolitos enteros individualmente en resina de poliéster clara y cortados longitudinalmente a lo largo del eje ántero-posterior, usando una hoja diamantada de 0,15 mm (Smith *et al.*, 1995). Se toman de cada otolito dos o tres secciones, cada 0,3 mm espesor, y se montan en vidrios portaobjetos con un líquido



de montaje claro bajo un cubreobjetos Tomando secciones múltiples aseguran, a lo menos uno por el primordium.

### **Lectura de secciones de otolitos**

Las secciones de otolitos montadas se examinan bajo un microscopio binocular con luz transmitida y a un aumento de 36x. Variando el ángulo de un filtro de polarización rotatorio a veces ayuda a clarificar el patrón de zonas. El área próxima al primordium puede ser bastante densa y oscura, así las zonas pueden ser difíciles de diferenciar. El diámetro del eje de las primeras tres zonas en otolitos enteros son aproximadamente 3,3 mm (Mace *et al.*, 1990), así en secciones, la distancia esperada desde el primordium al borde exterior de la tercera zona es 1,7 mm. Se usa un retículo ocular para medir las distancias, y así, indicar la posición probable de la tercera zona. Las primeras tres zonas tienden a ser más anchas que todas las otras. Zonas subsecuentes generalmente, son más fáciles de interpretar. Los lectores no deben tener conocimiento de la longitud del pez a cualquier lectura, ni de sus primeras lecturas cuando se duplican las cuentas.

Se cuentan las zonas desde el primordium a la zona de transición a 36x. En la sección longitudinal de la mayoría de los otolitos este punto es claro e inequívoco, y generalmente ocurre donde la superficie del otolito empieza a curvarse. En el 10% de los otolitos, el ancho de las bandas disminuyen suavemente, por lo que la zona de la transición es menos obvia. En esta situación la zona de transición se asigna al punto donde la superficie empieza a curvarse. Las zonas de pre-transición son a menudo irregularmente espaciadas y raramente muestran un ancho regular decreciente a medida que la distancia desde el primordium aumenta.

Las cuentas de la zona de transición al margen de la sección se hicieron a 64x, ya que la estructura de zonación es mucho más fina que en la región de pre-transición, particularmente en los márgenes de otolitos de peces grandes.



Algunas secciones de otolitos son difíciles de interpretar, debido a la complicada estructura de las zonas y múltiples bandas afuera de la zona de transición. A veces es difícil de determinar si se deben contar bandas individuales o si se deben agrupar algunas bandas para representar el crecimiento de un año. Por problemas de la interpretación en el área de post-transición, cambios sutiles en el color de la sección a veces marcarían los límites de la zona, indicando si múltiples bandas están presentes dentro de una zona.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Colección de otolitos y almacenamiento

Durante los cruceros de investigación realizados en aguas chilenas se logró coleccionar un total de 259 pares de otolitos "sagitta", que corresponden a capturas de *Hoplostethus atlanticus* realizadas entre las latitudes 41° 30' a 34°00'S y en la ZEE, próxima a la Isla Juan Fernández.

### Relación longitud horquilla-longitud estandar

Para efectos de comparación de resultados con estudios realizados en el extranjero, que presentan los resultados expresados en longitud estándar, a una muestra de 100 ejemplares se midió la longitud horquilla (LH) y la longitud estándar.

Considerando que.

- longitud horquilla (LH) es la distancia desde el hocico hasta el punto medio de la aleta caudal.
- longitud estándar (LS) es la distancia desde el hocico hasta la base del pedúnculo caudal.



## **Preparación y lectura de otolitos**

Se seleccionaron algunas muestras para realizar lecturas experimentales empleando en primer lugar la técnica de lectura de otolitos enteros hidratados. Luego, de una de las submuestras se separó uno de los otolitos, para ser sometido a corte y obtener secciones longitudinales. Para ello se incluyeron en resina epóxica y una vez secos se procedió a efectuar el corte mediante una máquina de corte lento marca ISOMET BUEHLER provista de dos hojas de corte diamantadas. Entre las hojas se coloca un disco espaciador de 0,3 mm para obtener láminas de ese grosor. Posteriormente las láminas se fijaron a vidrios portaobjetos y se pulieron con lija fina de grano 1000-1500.

## **Forma de los otolitos**

La forma de los otolitos de orange roughy es inusual comparado con la de otras especies, por la cara externa se observa un rostro más bien romo y lo que podría ser un antirrostro por el borde dorsal, en tanto el borde ventral es más parejo, por la cara interna se observa un profundo sulcus acústico. La forma de estos otolitos se va haciendo más compleja en la medida que crecen los ejemplares. En la Fig. 1 se presenta una fotografía de un otolito de orange roughy de un ejemplar de 37 cm de longitud horquilla donde se muestra el sentido del corte realizado para obtener láminas. Esta fotografía fue tomada en un equipo analizador de imágenes provisto de software Optimas, a 5x de aumento.

## **3. RESULTADOS**

### **Relación longitud horquilla-longitud estándar**

Las regresiones lineales que representan la relación entre la longitud horquilla y la longitud estándar son las siguientes:



$$LS = 0,38021 + 0,83428 * LH$$

y

$$LH = 1,06452 + 1,15724 * LS$$

En la Tabla 2 se presenta una relación de conversión de longitud horquilla a longitud estándar y viceversa. Estas ecuaciones facilitan las comparaciones de los resultados obtenidos en el país con los publicados en el exterior.

### **Muestra de otolitos**

La muestra de otolitos recopilados en los cruceros de investigación, disponible para la determinación de edad es de 259 pares. De éstos 110 corresponden a machos y 149 a hembras. La distribución de tamaños fluctúa entre 27 y 57 cm de longitud horquilla y su estructura de tamaños se muestra en la Fig. 2

### **Preparación y lectura de los otolitos**

Los resultados del estudio hasta el momento, están relacionados con la realización de experiencias de preparación de las muestras de otolitos para la lectura. Esta actividad, a diferencia de lo que ocurre con otras especies, en orange roughy tiene gran relevancia, ya que a juzgar por la revisión de la literatura especializada, se han producido grandes discrepancias en los resultados entregados por los diferentes autores, que varían según la utilizada en la preparación y lectura de los otolitos, debido a las dificultades que presenta esta estructura dura para la determinación de su patrón de anillos de crecimiento.

En primer lugar, se realizaron lecturas de otolitos enteros bajo luz reflejada y mediante luz transmitida, con el fin de establecer si el otolito de orange roughy de aguas chilenas presenta una estructura similar a la descrita en trabajos del extranjero, vale decir establecer la presencia de surcos superficiales, zonas opacas reflejadas, etc. Además de ello constatar el comportamiento de estos otolitos a diferentes períodos de hidratación.



En estas experiencias, se constató que los otolitos siguen un patrón común a los de Nueva Zelandia y Australia, en cuanto a la presencia de surcos superficiales con distinto espaciamiento entre ellos, al igual que la presencia de las zonas opacas reflejadas entregan una posibilidad de contabilizar marcas. Se estableció por otra parte que estos otolitos se sobrehidratán fácilmente especialmente en el extremo posterior, dificultando la apreciación de las marcas en esa zona.

Se realizaron también experiencias de preparación de otolitos en cortes longitudinales, con una metodología que se aproxima a la neozelandesa, logrando cortes de relativa calidad. En estos cortes se buscó la presencia de zonas de transición que correspondería a la primera madurez sexual (Francis y Horn ,1997).

Esta actividad se encuentra en ejecución a fin de optimizar la metodología. Para ello, los autores se contactaron con la Dra. Tracey del NIWA de Nueva Zelandia, quien ha estado asesorando la realización de este trabajo y para lo cual se le enviarán muestras de otolitos para su preparación y lectura, como paso previo a la transferencia de la técnica. Estos otolitos preparados serán analizados posteriormente en Chile. Los resultados obtenidos de las primeras lecturas realizadas a las secciones longitudinales de otolitos se presentan en la Tabla 3 y Figura 3. Al respecto se debe señalar que en esta etapa preliminar, la información se presenta expresada en número de anillos.

Finalmente, respecto a las diferencias entre las edades y tallas máximas entregadas por los diferentes autores detectada de la literatura internacional, de acuerdo a Tracey (com. pers.) las comparaciones de lecturas realizadas entre los laboratorios australianos (Smith *et al.*) y los de Nueva Zelandia, son muy similares coincidiendo ambos grupos de trabajo en que orange roughy es una especie de longevidad excepcional y de muy lento crecimiento, lo que hace al recurso muy proclive a la sobreexplotación.





#### 4. CONCLUSIONES

Como conclusión del estudio realizado hasta la fecha se puede señalar lo siguiente:

1. Los otolitos de orange roughy presentan una gran complejidad, lo que ha implicado que la técnica de preparación de las estructuras, aspecto fundamental para la estimación de la edad toma más tiempo que el requerido en otras especies.
2. Los otolitos presentan una estructura similar a las descritas en Nueva Zelandia y Australia, con presencia de surcos superficiales con distinto espaciamiento entre ellos.
3. La presencia de zonas opacas reflejadas posibilita el contaje de marcas.
4. La sobrehidratación de los otolitos, especialmente en el extremo posterior, dificultan apreciar con claridad las marcas.



## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Clark, M.R., D.J. Fincham; D.M. Tracey. 1994. Fecundity of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) in New Zealand waters. N.Z.J. Mar. Freshwat. Res vol. 28, no. 2, pp. 193-200.
- Fenton, G.E., S.A. Short and D.A. Ritz. 1991 Age determination of orange roughy, *Hoplostethus atlanticus* (Pisces: Trachichthyidae) using  $^{210}\text{Pb}$  :  $^{226}\text{Ra}$  disequilibria. Mar. Biol. 109, 197-202.
- Francis R.I.C.C. and P.L. Horn. 1997. Transition zone in otoliths of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) and relationship to the onset of maturity. Mar. Biol. 129 : 681-687.
- Gauldie, R.W. 1987 The effect of surface sculpturing on the interpretation of opaque and hyaline zones in the orange roughy otolith. N.Z. J. Mar. Freshwat. Res. 1987. vol. 21, no. 2, pp. 267-274.
- Gauldie, R.W. 1988. The fine structure of check rings in the otolith of the New Zealand orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). Appl. Ichthyol. Z. Angew. Ichthyol. 1988. vol. 4, no. 3, pp. 140-146
- Gauldie, R.W. 1990. Phase differences between check ring locations in the orange roughy otolith (*Hoplostethus atlanticus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1990. vol. 47, no. 4, pp. 760-765



- Gauldie, R. W. 1997. The biological basis for estimates of age and growth of orange roughy. Report for The Exploratory Fishing Company Limited. New Zealand. 50 p.
- Gauldie,-R.W.; I.F.West and G.E. Coote. 1995. Evaluating otolith age estimates for *Hoplostethus atlanticus* by comparing patterns of checks, cycles in microincrement width, and cycles in strontium and calcium composition. Bull.-Mar.-Sci. 1995 vol. 56, no. 1, pp. 76-102.
- Kotlyar, A.N. 1980. Age and growth speed of the bigheads, *Hoplostethus atlanticus* Collet and *H. mediterraneus*, Cuvier (Trachichthyidae, Beryciformes). In Fishes of the open ocean. Edited by P.V. Shirston. Moscow Institute of Oceanography, Moscow. pp. 68-88.
- Mace, P.M., Fenaughty, J.M., Coburn, R.P. and Doonan,I.J. 1990. Growth and productivity of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the north Chatham rise. N.Z. J. Mar. Freshwater. Res. 24 : 105-119
- Pequeño R., G. 1989. Peces de Chile. Lista sistemática revisada y comentada. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 24 (2) : 1-132.
- Smith, D.C. and S. G. Robertson. 1992. The problem of ageing orange roughy. *In*:The measurement of age and growth in fish and shellfish. Hancock, D.A. (ed). Canberra, A.C.T. Australia Bureau of Rural Resources. no. 12 pp. 116-120
- Smith, D.C., G.E. Fenton, S.G. Robertson and S.A. Short. 1995. Age determination and growth of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*): a comparison of annulus counts with radiometric ageing. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 52, 391-401.