



INSTITUTO
DE FOMENTO
PESQUERO

**INFORME FINAL
FIP 96 - 38**

**EVALUACION DIRECTA DEL STOCK
DESOVANTE DE MERLUZA DEL SUR
EN LA ZONA SUR - AUSTRAL**

FIP

**FONDO DE
INVESTIGACION
PESQUERA**

1997

Abril, 1997

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:

SERGIO LILLO V.

AUTORES:

Evaluación directa y distribución espacial del stock de merluza del sur, Identificación e importancia relativa de la fauna acompañante
(Objetivos Específicos 1 y 5)

**SERGIO LILLO V.
MARCOS ESPEJO V.
MANUEL ROJAS G.**

COLABORADORES

**MARIA ANGELA BARBIERI B.
JORGE CASTILLO P.**

Biomasa y abundancia por edades
(Objetivo Específico 2)

**VILMA OJEDA C.
FRANCISCO CERNA T.**

Caracterización de la distribución espacial de la estructura de tallas y proporción sexual: Composición de la dieta de la merluza del sur
(Objetivos Específicos 3 y 6)

**RENATO CESPEDES M.
LUIS ADASME M.**

COLABORADORES

**HERNAN MIRANDA P.
CECILIA BRAVO M.**

Estimación del índice gonadosomático, estados de madurez y fecundidad a la talla de merluza del sur
(Objetivo específico 4)

**FERNANDO BALBONTIN C.
MARIO ACEVEDO P.**

COLABORADOR

LUIS RODRIGUEZ R.

**Condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la
concentración reproductiva del recurso
(Objetivo Específico 7)**

Ictioplancton

**MAURICIO BRAUN A.
VIVIAN VALENZUELA C.
HERNAN MILES U.**

Oceanografía Física

**JOSE L. BLANCO G.
JAIME LETELIER**

Clorofila y fluorescencia

JORGE OSSES R.

• Abril de 1997 •

PERSONAL PARTICIPANTE

Instituto de Fomento Pesquero

Javier Arata	Muestreo biológico
Luis Adasme	Aspectos biológicos
Eduardo Araneda	Muestreos
Renato Céspedes	Aspectos biológicos
Jorge Castillo	Evaluación directa
María A. Barbieri	Evaluación directa
José Blanco	Oceanografía física
Mauricio Braun	Ictioplancton
Cecilia Bravo	Aspectos biológicos
Francisco Cerna	Aspectos biológicos
Sergio Contreras	Aspectos biológicos
Marcos Espejo	Evaluación directa
Jaime Letelier	Oceanografía física
Hernán Miles	Ictioplancton
Hernán Miranda	Estadística
Vilma Ojeda	Aspectos biológicos
Jorge Osses	Clorofila
Manuel Rojas	Evaluación directa
Vivian Valenzuela	Ictioplancton

Universidad de Valparaíso

Fernando Balbontín	Aspectos reproductivos
Mario Acevedo	Aspectos reproductivos
Gonzalo Pérez	Aspectos reproductivos
Luis Rodríguez	Aspectos reproductivos

RESUMEN EJECUTIVO

Entre el 23 de agosto y 15 de septiembre de 1995 , se desarrolló a bordo del B/I "Abate Molina", el crucero de investigación correspondiente al proyecto FIP 96-38, "Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur austral" y cuyos resultados se entregan en el presente Informe Final.

La zona de estudio, comprendió el área de la plataforma continental limitada entre las latitudes 43°20' y 47°00'S y los veriles de 200 y 500 m de profundidad. En esta zona se realizaron 43 transectas de muestreo hidroacústico, incluyendo 8 oceanográficas que se prolongaron hasta los 100 m, 43 estaciones de muestreo bioceanográfico y 40 lances de pesca de arrastre dirigidos a la identificación de ecotrazos, actividad en la cual participó además el B/H "Boston Beverly" que realizó otros 10 lances de pesca.

La evaluación directa se efectuó empleando un sistema de ecointegración Simrad EK500, operando en 38 Khz. El diseño de muestreo correspondió a uno de tipo sistemático, con transectas perpendiculares a la costa y una separación entre ellas de 5 mn.

Las capturas provenientes de los lances de pesca de identificación, fueron muestreadas, obteniéndose datos de longitud, sexo, estadios de madurez sexual, peso total y peso de las gónadas. Se recolectaron también estómagos de merluza del sur para estudios de alimentación y gónadas para estimar la fecundidad de las hembras.

La biomasa estimada de merluza del sur, alcanzó a 40.244 t (27.736 t machos y 12.508 t hembras), con un error de estimación del 9,6% y una densidad promedio, para el área de distribución del recurso en la zona de estudio, de 33,7 t*mn⁻².

Latitudinalmente, el recurso objetivo estuvo presente en toda el área de estudio, sus mayores densidades fueron estimadas hacia el sector sur de la zona de estudio. En el sentido longitudinal su distribución abarcó entre los 200 y 500 m de profundidad, presentando sus mayores densidades hacia profundidades superiores a 300 m.

La composición etaria de la biomasa de la merluza del sur, estuvo compuesta por ejemplares de edades que fluctuaron entre 3 y 18 años. Con un fuerte aporte de las edades comprendidas entre 5 y 11 años en machos, y entre 6 y 9 años en hembras. El aporte de las edades completamente reclutadas 12+ alcanzó en machos a 6.124 t (21,6%) y 5.687 (32%) en hembras, con un decremento en términos de biomasa en comparación a los valores estimados para igual período y área de 1994, aunque la biomasa total se haya incrementado en 17 mil t.

Esta presencia de juveniles y el hecho que se haya observado las fracciones adultas de machos y hembras hacia el sur de la zona de estudio (45°-46°S), mientras hacia el norte (43°-44°S) predominaron fracciones juveniles, estaría indicando un zona de reclutamiento a la pesquería, con el aporte de ejemplares juveniles desde la zona de aguas interiores. Además, las variaciones espaciales de las estructuras de tallas sugieren la existencia de un patrón latitudinal en el área de estudio, un área norte, con distribuciones de tallas con presencia de ejemplares juveniles y otra área sur, con mayor presencia de ejemplares adultas, distribución que podría ser la característica de un patrón reproductivo de la especie.

En el área de estudio, la proporción sexual es dominada por los machos (3:2 la relación macho y hembra), situación similar a la registrada para 1994. Sin embargo, la distribución espacial entre el presente estudio y 1994, muestran diferencias, en el estrato de latitud 43°, 44° y 45°S, excepto en el estrato de latitud 46°S, en donde es claro el predominio de machos respecto de las hembras. Sin embargo, el gradiente registrado en la proporción sexual en el presente estudio (aumento en la presencia de machos en sentido latitudinal) no se observa en 1994, pero es importante destacar, en particular, que en el estrato de latitud 46°S, tanto en el presente estudio como en 1994, la presencia de machos sobre hembras es superior a 3:1, situación que indicaría un foco de actividad reproductiva en merluza del sur.

En lo relativo a las condiciones reproductivas del stock evaluado, el 75% de las hembras estaba en EMS 1, característico de ejemplares juveniles. A partir del grupo de longitud de 65-69 cm LT, se observaron ovarios en maduración (EMS 3). En los grupo de longitud de 85-89 cm LT o mayores, el 100% de las hembras presentaron EMS que reflejaban actividad reproductiva, o bien habían desovado recientemente en la temporada de puesta. De los ejemplares de hembras adultas (>70 cm), el 89% estaba maduro, indicando que la población adulta estaba en un proceso activo de reproducción o ya habían completado el proceso de desove.

Los valores promedios estimados fueron de 4,2 para el índice gonadosomático (IGS) y de 2,9 para el índice gonádico (IGL). En el grupo de longitud 65-69 cm (inmaduros), el IGS alcanzó valores promedio entre 0,3 y 1,0, en tanto el IGL fluctuó entre 0,2 y 0,6. En los grupos de longitud mayores, el IGS fluctuó entre 1,7 y 9,9 y el IGL entre 1,1 y 7,2, respectivamente.

La fauna acompañante de la pesquería de merluza del sur, estuvo compuesta principalmente por merluza de cola, la cual superó en 45% las capturas de merluza

del sur y representó el 46% de las capturas totales, seguida de cojinoba del sur que alcanzó el 6,3% y congrio dorado con el 4,1%. Sin embargo, debe señalarse que la merluza de cola estuvo presente en todos los lances de pesca realizados, señalando su amplia distribución en la zona de estudio.

La principal presa de merluza del sur para el período y área de estudio es merluza de cola, las especies presas restantes muestran una baja participación en su dieta. Sin embargo, dentro de ellas es posible mencionar el ítem pejerata.

El tamaño como presa de la merluza de cola como presa tiende a una relación positiva con respecto a las tallas de predador de merluza del sur, observándose un aumento en la talla promedio de merluza de cola consumida por ejemplares de merluza del sur menores a 60 cm hasta ejemplares superiores a 80 cm. Sin embargo, los adultos (> 70 cm) presentan una mayor amplitud de rangos de tallas de merluza de cola consumida respecto de ejemplares juveniles.

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
INDICE GENERAL	v
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	viii
1. ANTECEDENTES	1
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. METODOLOGIAS	5
3.1 Aspectos generales del crucero	5
3.2 Objetivo específico 1: Determinar la biomasa (en peso) y la distribución espacial del stock de merluza del sur en la zona de estudio ...	6
3.2.1 Diseño muestral	6
3.2.2 Calibración del sistema de ecointegración	7
3.2.3 Identificación de especies	8
3.2.4 Estimación de la biomasa y su varianza	10
3.2.5 Distribución espacial de la merluza del sur	17
3.3 Estimar la abundancia en número y biomasa por edades del stock de merluza del sur en el área de estudio	17
3.4 Caracterizar la distribución espacial de la estructura de tallas del stock y su proporción sexual, a partir de los lances de identificación	19
3.5 Determinar el índice gonadosomático, estados de madurez y fecundidad a la talla de merluza del sur, a partir de los lances de identificación	21
3.6 Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la pesquería de la merluza del sur, a partir de los lances de identificación	26

3.7	Determinar la composición de la dieta de merluza del sur, a partir de los lances de identificación	26
3.8	Registrar y analizar las condiciones bioceanográficas asociadas a la concentración reproductiva del recurso	28
3.8.1	Muestreo de ictioplancton	28
3.8.2	Oceanografía física	34
3.8.3	Distribución de clorofila	35
3-9	Establecer y discutir relaciones entre variables bioceanográficas y la abundancia del recurso	36
4.	RESULTADOS	37
4.1	OBJETIVO ESPECIFICO 1: Determinar la biomasa (en peso) y la distribución espacial del stock de merluza del sur en la zona de estudio	37
4.1.1	Calibración del sistema de eointegración	37
4.1.2	Mediciones de la fuerza de blanco	37
4.1.3	Biomasa de merluza del sur	38
4.1.4	Distribución espacial y estructura espacial de la biomasa de merluza del sur	38
4.2	OBJETIVO ESPECIFICO 2: Estimar la abundancia en número y biomasa por edades del stock de merluza del sur en la área de estudio	40
4.3	OBJETIVO ESPECIFICO 3: Caracterizar la distribución espacial de la estructura de tallas del stock y su proporción sexual, a partir de los lances de identificación	42
4.4	OBJETIVO ESPECIFICO 4: Determinar el índice gonadosomático, estados de madurez y fecundidad a la talla de merluza del sur, a partir de los lances de identificación	46
4.4.1	Estadios de madurez gonadal (EMS)	46
4.4.2	Indices gonádicos	46

4.4.3 Estado reproductivo global de las hembras	47
4.4.4 Fecundidad modal	47
4.5 OBJETIVO ESPECIFICO 5: Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la merluza del sur, a partir de los lances de identificación	49
4.5.1 Identificación de la fauna acompañante	49
4.5.2 Capturas totales	49
4.5.3 Indices de abundancia relativa	50
4.6 OBJETIVO ESPECIFICO 6: Determinar la composición de la dieta de merluza del sur, a partir de los lances de identificación	52
4.7 OBJETIVO ESPECIFICO 7: Registrar y analizar las condiciones bioceanográficas asociadas a la concentración reproductiva del recurso	53
4.7.1 Ictioplancton	53
4.7.2 Oceanografía física	61
4.7.3 Distribución de la clorofila	66
4.8 OBJETIVO ESPECIFICO 8: Establecer y discutir relaciones entre variables bioceanográficas y la abundancia del recurso	68
5. ANALISIS DE RESULTADOS	69
5.1 Estimación de la biomasa y distribución espacial	69
6. CONCLUSIONES	78
7. BIBLIOGRAFIA	81

FIGURAS

TABLAS

ANEXO

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

- Figura 1 Zona de estudio y localización de lances de pesca y transectas de muestreo acústico.
- Figura 2 Distribución geográfica de las estaciones bioceanográficas.
- Figura 3 Localización de estaciones asociadas a los lances de identificación de merluza del sur en la zona de estudio.
- Figura 4 Distribución geográfica de la biomasa de merluza del sur en la zona de estudio.
- Figura 5 Correlograma de las observaciones acústicas de merluza del sur.
- Figura 6 Variograma de la distribución de merluza del sur acústicas de merluza del sur.
- Figura 7 Distribución de frecuencia-longitud de merluza del sur durante 1995, en la zona norte de la pesquería y la correspondiente al crucero hidroacústico 1996.
- Figura 8 Relación peso-longitud de merluza del sur, zona norte año 1995 y crucero hidroacústico 1996.
- Figura 9 Captura en número (%) por grupo de edad para merluza del sur año 1995. Zona norte y crucero hidroacústico 1996.
- Figura 10 Distribución ponderada de longitud de merluza del sur por sexo, agrupada en intervalos de 5 cm (B/I A. Molina. 1996).

-
- Figura 11 Distribución ponderada de longitud en merluza del sur por sexo y grado de latitud, agrupadas en intervalos de 5 cm (B/I A. Molina, 1966).
- Figura 12 Distribución acumulada de longitud en merluza del sur por sexo y grado de latitud (B/I A. Molina, 1996).
- Figura 13 Distribución ponderada de longitud de merluza del sur por sexo y grado de latitud, agrupadas en intervalos de 5 cm (B/H B. Beverly, 1996).
- Figura 14 Distribución ponderada de longitud en merluza del sur por sexo y grado de latitud, agrupadas en intervalos de 5 cm (B/H B. Beverly, 1996).
- Figura 15 Distribución acumulada de longitud en merluza del sur por sexo y grado de latitud (B/H B. Beverly, 1996).
- Figura 16 Distribución acumulada de longitud en merluza del sur por sexo (B/I A. Molina y B/H B. Beverly, 1996)
- Figura 17 a) Distribución porcentual de los estadios de madurez sexual en hembras de merluza del sur. b) Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual (EMS) por grupos de longitud total en hembras de merluza del sur.
- Figura 18 a) Valores promedio y desviación estándar de los índices gonádicos por grupos de longitud total en hembras de merluza del sur. IGL, índice gonádico por longitud; IGS, índice gonadosomático. b) Distribución de frecuencia de la longitud total de hembras sexualmente maduras e inmaduras de merluza del sur .
- Figura 19 a) Relación entre la fecundidad y longitud de merluza del sur. b) Valores residuales del modelo de regresión de fecundidad y longitud total
- Figura 20 a) Rrelación entre la fecundidad y longitud total en la merluza del sur. b) Relación entre la fecundidad modal y el peso de la gónada en la merluza del sur.

- Figura 21 Distribución del Índice de Importancia Relativa (IRI) por ítem presa en merluza del sur (B/I A. Molina).
- Figura 22 Distribución de la talla de merluza de cola consumida y la talla de los ejemplares de merluza del sur. (B/I A. Molina).
- Figura 23 Distribución y abundancia del total de huevos asociados a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 24 Abundancia promedio del total de (A) Huevos y (B) Larvas de peces en la grilla de estaciones bioceanográficas con respecto a la latitud.
- Figura 25 Distribución y abundancia de huevos de **Macruronus magellanicus**, asociados a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 26 Distribución y abundancia de huevos de **Merluza** sp, asociados a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 27 Distribución y abundancia de huevos de **Merluccius australis**, asociados a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 28 Distribución y abundancia de huevos de otras especies, asociados a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 29 Distribución y abundancia del total de larvas asociadas a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 30 Distribución y abundancia de larvas de **Macruronus magellanicus**, asociadas a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 31 Distribución y abundancia de larvas de **Merluccius australis**, asociadas a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.

-
- Figura 32 Distribución y abundancia de larvas de **Merluccius** sp, asociadas a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 33 Distribución y abundancia de larvas de **Merluccius gayi**, asociadas a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 34 Distribución y abundancia de larvas de **Micromesistius australis**, asociadas a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 35 Distribución y abundancia de larvas de otras especies, asociadas a la grilla de muestreo bio-oceanográfico.
- Figura 36 Distribución y abundancia del total de huevos asociados a los lances de pesca de identificación.
- Figura 37 Distribución y abundancia de huevos de **Merluccius** sp asociados a los lances de pesca de identificación.
- Figura 38 Distribución y abundancia de huevos de **Macruronus magellanicus** asociados a los lances de pesca de identificación.
- Figura 39 Distribución y abundancia de huevos de otras especies asociados a los lances de pesca de identificación.
- Figura 40 Distribución y abundancia del total de larvas asociadas a los lances de pesca de identificación.
- Figura 41 Distribución y abundancia de larvas de **Macruronus magellanicus** asociadas a los lances de pesca de identificación.
- Figura 42 Distribución y abundancia de larvas de **Merluccius australis** asociadas a los lances de pesca de identificación.
- Figura 43 Distribución y abundancia de larvas de **Merluccius** sp asociadas a los lances de pesca de identificación.

- Figura 44 Distribución y abundancia de larvas de **Merluccius gayi** asociadas a los lances de pesca de identificación.
- Figura 45 Distribución y abundancia de larvas de otras especies asociadas a los lances de pesca de identificación.
- Figura 46 Distribución de frecuencias y porcentaje acumulado de la biomasa zooplanctónica asociada a la grilla de estaciones bio-oceanográficas (A) y a lances de pesca de identificación (B).
- Figura 47 Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica total asociada a la grilla de estaciones bio-oceanográficas.
- Figura 48 Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica total asociada a los lances de pesca de identificación.
- Figura 49 Dirección e intensidad del viento medido en las estaciones oceanográficas.
- Figura 50 a) Distribución superficial de temperatura (°C) y b) Salinidad.
- Figura 51 a) Distribución de temperatura (°C) y b) Salinidad a 300 m de profundidad.
- Figura 52 a) Distribución de temperatura (°C) y b) Salinidad a 400 m de profundidad.
- Figura 53 a) Distribución superficial de Sigma-t (Kg/m^3) y b) Oxígeno disuelto.
- Figura 54 a) Distribución de oxígeno (ml/l) a 300 m de profundidad y b) Sigma-t.
- Figura 55 a) Distribución de oxígeno (ml/l) a 400 m de profundidad.
- Figura 56 a) Distribución latitudinal de temperatura (°C) y b) Salinidad.
- Figura 57 a) Distribución latitudinal de Sigma-t (Kg/m^3) y b) Oxígeno (ml/l).

- Figura 58 Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Salinidad, c) Sigma-t (Kg/m^3) y d) Oxígeno (ml/l). Transecta oceanográfica 3, Latitud $46^{\circ}50'S$. Crucero Merluza del sur.
- Figura 59 Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Salinidad, c) Sigma-t (Kg/m^3) y d) Oxígeno (ml/l). Transecta oceanográfica 9, Latitud $46^{\circ}20'S$.
- Figura 60 Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Salinidad, c) Sigma-t (Kg/m^3) y d) Oxígeno (ml/l). Transecta oceanográfica 22, Latitud $45^{\circ}12'S$.
- Figura 61 Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Salinidad, c) Sigma-t (Kg/m^3) y d) Oxígeno (ml/l). Transecta oceanográfica 40, Latitud $43^{\circ}45'S$.
- Figura 62 Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Salinidad, c) Sigma-t (Kg/m^3) y d) Oxígeno (ml/l). Transecta oceanográfica 45, Latitud $43^{\circ}20'S$.
- Figura 63 Diagramas temperatura versus salinidad (t-s). Transectas oceanográficas 9 ($46^{\circ}20'$) 22 ($45^{\circ}12'S$), 40 ($43^{\circ}45'S$) y 45 ($43^{\circ}20'S$).
- Figura 64 Distribución superficial de a) clorofila y b) feopigmentos.
- Figura 65 Distribución vertical de clorofila, feopigmentos y fluorescencia en la transecta 3 ($46^{\circ}50'S$).
- Figura 66 Distribución vertical de clorofila, feopigmentos y fluorescencia en la transecta 9 ($46^{\circ}20'S$).
- Figura 67 Distribución vertical de clorofila, feopigmentos y fluorescencia en la transecta 33 ($44^{\circ}20'S$).
- Figura 68 Distribución vertical de clorofila, feopigmentos y fluorescencia en la transecta 45 ($43^{\circ}20'S$).
- Figura 69 Proporción de observaciones de merluza del sur, por rango de oxígeno, temperatura y salinidad.

TABLAS

- Tabla 1 Categorías de densidad.
- Tabla 2 Distribución de tamaños por grupos de longitud (en cm) de las hembras de merluza del sur **Merluccius australis**.
- Tabla 3. Parámetros de las ecuaciones funcionales para la relación peso fresco y peso en formalina o Gilson para ovarios de merluza del sur.
- Tabla 4 Calibración del sistema de eointegración.
- Tabla 5 Estimados de biomasa y densidad de merluza del sur.
- Tabla 6 Varianza y coeficientes de variación de los estimadores de biomasa.
- Tabla 7 Densidades de merluza del sur por rango de profundidad.
- Tabla 8 Biomasa (t) y abundancia en número por grupo de edad de merluza del sur.
- Tabla 9 Resumen estadístico de merluza del sur por latitud y sexo. B/I A. Molina. 1996.
- Tabla 10 Resumen estadísticos de merluza del sur por latitud y sexo B/H Boston Beverly, 1996.
- Tabla 11 Distribución de la proporción ponderada y coeficiente de variación (C.V.) por sexo en merluza del sur para el área total. B/I A. Molina (1996).
- Tabla 12 Distribución de la proporción ponderada y coeficiente de variación (C.V.) por sexo en merluza del sur para el área total. B/H Boston Beverly (1996).

- Tabla 13 Media, varianza e intervalo de confianza de la media (95%) correspondientes al índice gonádico por longitud (IGL) y al índice gonadosomático (IGS) en hembras de merluza del sur **Merluccius australis** distribuidas en grupos de longitud.
- Tabla 14 Listado de especies registradas en las capturas.
- Tabla 15. Capturas y porcentaje de aporte por especie a la captura total abordo del B/I "Abate Molina).
- Tabla 16 Capturas e índices de abundancia B/H "Boston Beverly.
- Tabla 17 Índice porcentual de importancia relativa (IRI) para merluza del sur, B/I Abate Molina, 1996.
- Tabla 18 Parámetros estadísticos básicos de los ítems presas consumidos por merluza del sur; B/I A. Molina, 1996.
- Tabla 19 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos en la grilla de estaciones bioceanográficas.
- Tabla 20 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas en la grilla de estaciones bioceanográficas.
- Tabla 21 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos en los lances de pesca de identificación.
- Tabla 22 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas en los lances de pesca de identificación.
- Tabla 23 Combinaciones encontradas al comparar categorías de densidad y categorías de variables oceanográficas.

1. ANTECEDENTES

La pesquería industrial de la merluza del sur en la zona sur austral, se inició en 1978 con la operación de una flota compuesta por 12 buques arrastreros fábricas. En 1984 se agregó una flota de buques arrastreros hieleros y entre 1986-1987, se integraron dos flotas compuestas por embarcaciones palangreras fábricas y hieleras, llegándose en 1989 a una cifra de 92 naves industriales (SUBPESCA, 1996). Además, a partir de 1984 se produce un fuerte desarrollo de una pesquería de carácter artesanal en la zona de aguas interiores de las regiones X a XII.

El ingreso de estas nuevas flotas, produjo un quiebre en la tendencia decreciente de los desembarques de merluza del sur en el período 1982-1983, alcanzándose en 1988 el mayor registro histórico con alrededor de 70 mil toneladas, de las cuales 30 mil fueron aportadas por el sector artesanal. Sin embargo, a partir de 1989 nuevamente se advierte una paulatina disminución de los desembarques hasta alcanzar en la actualidad cifras levemente superiores a las 20 mil t (SERNAPESCA, 1995).

La administración de esta pesquería, se ha sustentado en el establecimiento de cuotas anuales de captura, las que se han basado principalmente en estimaciones de capturas totales permisibles, calculadas mediante evaluaciones indirectas del stock, y el establecimiento, a partir de 1990, de una veda reproductiva en el área del principal foco de desove, localizado en la zona aledaña a las islas Guafo y Guamblin.

No obstante las medidas de manejo, las evaluaciones indirectas del stock, estimadas a partir de los datos obtenidos de la actividad pesquera, muestran un decremento progresivo del tamaño del stock alcanzando en 1994 una biomasa equivalente al 14% del stock virginal (SUBPESCA, 1996). Esta situación ha sido atribuída al alto

nivel de explotación ejercida sobre este recurso en el período 1987-1990, como también a la longevidad, bajas tasas de renovación, crecimiento y fecundidad de la merluza del sur (Aguayo et al., 1995).

Sin embargo, la disminución del tamaño del stock de la merluza del sur, no se ha reflejado de igual forma en los rendimientos de pesca, los que han bajado a una tasa menor, siendo atribuible esta situación a factores como: la modernización de la flota, reducción del número de embarcaciones, como a variaciones en el período de concentración reproductiva del recurso, en relación a los períodos de veda.

Considerando las variaciones registradas en las capturas y que el área de concentración reproductiva constituye un fondo de desove que permite efectuar una estimación de la biomasa del stock desovante de merluza del sur en dicha área, de una manera independiente a la actividad pesquera, así como también calibrar las evaluaciones indirectas del stock, el Consejo de Investigación Pesquera identificó e incluyó en el Programa de Investigación Pesquera de 1996, un proyecto de evaluación directa de la biomasa de merluza del sur, mediante métodos hidroacústicos. Además, consideró el estudio de variables de tipo biológico y oceanográficas, que pudieran incidir en la abundancia y distribución de la merluza del sur.

De acuerdo a las Bases Especiales establecidas para el proyecto FIP 96-38 "Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur austral", el presente documento corresponde al Informe Final, donde se describen los métodos y resultados del estudio.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Cuantificar por el método hidroacústico el stock de merluza del sur, **Merluccius australis**, existente en el área de la plataforma continental comprendida entre los paralelos 43°20' L.S. y 47° L.S., por fuera de las líneas de base recta y área adyacente de aguas interiores.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Determinar la biomasa (en peso) y la distribución espacial del stock de merluza del sur en la zona de estudio.
- 2.2.2 Estimar la abundancia en número y biomasa por edades del stock de merluza del sur en el área de estudio.
- 2.2.3 Caracterizar la distribución espacial de la estructura de tallas del stock y su proporción sexual, a partir de los lances de identificación.
- 2.2.4 Determinar el índice gónado-somático, estados de madurez y fecundidad a la talla de merluza del sur, a partir de los lances de identificación.
- 2.2.5 Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de la pesquería de merluza del sur, a partir de los lances de pesca de identificación.
- 2.2.6 Determinar la composición de la dieta de merluza del sur, a partir de los lances de identificación.

- 2.2.7 Registrar y analizar las condiciones bioceanográficas asociadas a la concentración reproductiva del recurso.
- 2.2.8 Establecer y discutir relaciones entre variables bioceanográficas y la abundancia del recurso.

3. METODOLOGIAS

3.1 Aspectos generales del crucero

El crucero de investigación, se realizó en el período del 23 de agosto al 15 de septiembre de 1996, en la zona de la plataforma continental comprendida entre las latitudes 43°20'S y 47°00'S, entre los veriles de 100 y 500 m de profundidad (Fig. 1).

El período del estudio, se enmarca dentro del cual Aguayo *et al.* (1995) y Balbontín *et al.*, (1994), señalan que la merluza del sur presenta su máxima actividad reproductiva, con un desove masivo en las cercanías de las islas Guafo y Guamblin.

En lo relativo al área del estudio, la distribución de la merluza del sur, se encuentra asociada al área comprendida entre los veriles de profundidad de 200 a 500 m (Young, 1982 y Lillo *et al.*, 1995), situación que se refleja además, en las estrechas áreas en que normalmente opera la flota arrastrera en la unidad de pesquerías norte. De acuerdo a lo anterior, la evaluación de la biomasa se centró en el área comprendida entre los veriles de 200 a 500 m de profundidad, efectuándose sólo una exploración cada 30 millas náuticas hasta el veril de los 100 m.

El crucero de investigación se realizó en el B/I "Abate Molina", a bordo del cual se efectuó el muestreo acústico y bioceanográfico, lances de identificación, muestreos biológico pesquero, recolección de gónadas y estómagos. Además, participó en el estudio, el B/H "Boston Beverly", este último de los registros de la empresa PescaChile, el cual también efectuó lances de pesca de identificación con sus correspondientes muestreos (biológico pesquero y recolección de estómagos).

Durante el desarrollo del crucero se efectuaron 43 transectas de muestreo acústico, 50 lances de identificación y 43 estaciones de muestreo oceanográfico.

3.2 OBJETIVO ESPECIFICO 1: Determinar la biomasa (en peso) y la distribución espacial del stock de merluza del sur en la zona de estudio.

3.2.1 Diseño muestral

El diseño muestral utilizado en la evaluación directa de la merluza del sur mediante métodos hidroacústicos, correspondió a un diseño de muestreo sistemático, con transectas equidistantes y perpendiculares al sentido general de la costa (Fig. 1).

Este tipo de muestreo, que supone aleatoriedad en la distribución de los recursos con respecto a la posición de las transectas, permite por una parte, disminuir la varianza del estimador cuando los datos presentan una gradiente de densidad en el sentido de las transectas, y por otra, obtener información adecuada sobre la distribución de los recursos (MacLennan y Simmonds, 1992).

La separación entre transectas, se estimó considerando aspectos como: área de los veriles de mayor distribución del stock desovante de merluza del sur, precisión estimada en función al índice de cobertura y coeficientes de variación esperados y presupuestos disponibles.

En base a lo anterior, se optó por operar sobre la base de un coeficiente variación esperado del 15%, siendo necesario entonces para alcanzar dicho valor, realizar 43 transectas en el área de estudio con una separación entre ellas de 5 millas náuticas. Estas transectas, se realizaron entre los veriles de 200 y 500 m de profundidad,

además, cada 30 millas náuticas las transectas se prolongaron en forma exploratoria hasta el veril de los 100 m de profundidad.

3.2.2 Calibración del sistema de ecointegración

a) Calibración electroacústica

La calibración acústica del sistema de ecointegración Simrad EK500, se realizó mediante el procedimiento descrito por su fabricante (Simrad, 1990), consistente en un proceso iterativo donde se miden las señales de intensidad de blanco (\overline{TS}) y ecointegración (S_a) provenientes de un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm de diámetro) de fuerza de blanco conocida, localizado en el centro del haz acústico.

El proceso de medición del \overline{TS} y el ajuste de las ganancias del sistema de ecointegración se realiza mediante las siguientes expresiones:

$$G_1 = G_0 + \frac{TS_m - TS_b}{2}$$

donde:

- G_1 = nueva ganancia del transductor (dB)
- G_0 = ganancia antigua del transductor (dB)
- TS_m = intensidad de blanco medida (dB)
- TS = intensidad de blanco teórico (dB)

El ajuste de las ganancias de ecointegración (S_a), se efectúa mediante el siguiente procedimiento iterativo:

$$G_1 = G_0 + \frac{10 * \log \frac{S_{a_m}}{S_{a_t}}}{2}$$

siendo:

$$Sa_{(t)} = \frac{4\pi * \Phi_{bs} * 1852^2}{\psi * r^2}$$

donde:

Φ_{bs} = sección dispersante de la esfera (dB)

r = profundidad de la esfera (m)

r_o = profundidad de referencia (m)

ψ = ángulo equivalente del haz acústico

Sa_t = Sa teóricos del blanco estándar

Sa_m = Sa medidos del blanco estándar

3.2.3 Identificación de especies

3.2.3.1 Lances de identificación

En esta actividad, participaron el B/I "Abate Molina" y B/H "Boston Beverly", que realizaron 40 y 10 lances de pesca, respectivamente. Ambas embarcaciones estaban equipadas con redes de arrastre de fondo y mediagua, pero sólo un lance fué hecho con red de arrastre de mediagua, por el B/H "Boston Beverly".

La abertura entre punta de alas y abertura de las redes fueron de 15,0 y 4,0 m en el "Abate Molina" y 21,0 y 5 metros en el B/H "Boston Beverly", a una velocidad de arrastre promedio de 3,5 nudos.

Con el objeto de disminuir la selectividad a la talla, a la red del B/I "Abate Molina" se le incorporó una cubierta interior (calcetín), confeccionado con tela de tamaño de

malla de 50 mm, mientras el B/H "Boston Beverly" empleó un tamaño de malla en el copo de 130 mm.

Los lances de pesca fueron realizados durante las horas de luz diurna, a excepción del lance de mediagua, que se realizó durante horas de la noche.

Para efectos de identificación de especies y muestreos biológicos, la unidad muestral fue el lance de pesca, obteniéndose en cada uno el aporte en peso de las especies capturadas. El tratamiento de la captura a bordo, correspondió a la metodología estándar empleada por el IFOP en este tipo de estudios y consistió en lo siguiente:

- Cuando la captura era depositada en la cubierta del B/l "Abate Molina", se procedió a llenar diez cajas plásticas de 42 l de capacidad.
- Se identificó y separó a los individuos de la fauna acompañante, contó y pesó en una balanza romana de 150 kg.
- Una vez obtenidas las muestras, el resto de la captura fue encajonada y devuelta al mar, registrándose el número total de cajas del lance.
- La captura en peso de cada especie por lance, se obtuvo como el cociente entre el peso en la muestra y el número total de cajas contabilizadas.

Los muestreos biológicos realizados a merluza del sur fueron: longitud total, sexo, estadio de madurez sexual, contenido estomacal, peso total, peso eviscerado, peso gónadas, colecta de estómagos y colecta de gónadas.

3.2.3.2 Identificación de especies

La identificación de especies y su aporte a las unidades de eointegración, se estimó a partir de lances de reconocimiento realizados con redes de arrastre de fondo.

De las capturas obtenidas en cada lance se obtuvo el aporte específico, asignándose las unidades de eointegración mediante la expresión:

$$K_j = \frac{w_j * \sigma_j}{\sum (w_j * \sigma_j)}$$

donde:

- K_j = aporte de la especie "j" a la lectura acústica
- w_j = proporción de la especie "j" en la captura
- σ_j = coeficiente de dispersión acústica de la merluza del sur y merluza de cola.

3.2.4 Estimación de la biomasa y su varianza

a) Biomasa

La biomasa (\hat{B}), se estimó según:

$$\hat{B} = \hat{A} * \hat{R} * \hat{C}_b$$

donde:

\hat{A} = área de estudio en millas náuticas cuadradas

\hat{R} = estimador de razón de la densidad media

\hat{C}_b = coeficiente de ecointegración ($t \cdot mn^{-2} \cdot Sa^{-1}$)

La razón (\hat{R}), equivale a las lecturas acústicas promedios del ecointegrador por intervalo básico de muestreo, estimado como:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

donde:

n = número de transectas en la muestra

x_i = densidad de la transecta i -ésima

y_i = número de I.B.M en la transecta i -ésima

Otro estimador de biomasa utilizado correspondió al propuesto por Petitgas (1991), el cual considera que la biomasa depende de la geometría del área de distribución del recurso, estimando su densidad (\hat{Z}_v) sólo en dicha área (V) mediante la expresión:

$$\hat{Z}_v = \frac{1}{V} \int Z(x) dx$$

donde Z_v es un estimador de la densidad media ponderada de las muestras, sin embargo, en aquellos casos donde las muestras provienen de una grilla regular y

poseen igual área de influencia, el estimador de \hat{Z}_v se estima como la media aritmética de los datos de Sa por intervalo básico de muestreo.

b) Estimadores de la Varianza

El estimador de varianza de la biomasa, se expresa según:

$$\hat{V}(\hat{B}) = \hat{A}^2 * C^2 * \hat{V}_i(\hat{R})$$

Los estimadores de la varianza de la razón $\hat{V}_i(\hat{R})$ utilizados fueron:

Conglomerado de tamaños desiguales (Hansen et al., 1954)

$$\hat{V}_i(\hat{R}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{n\bar{Y}^2} (S_x^2 + \hat{R}^2 S_y^2 - 2\hat{R}S_{xy})$$

donde N y n representan el número total de transectas en el área y en la muestra respectivamente y:

$$S_{xy} = \sum_1^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$

$$S_x^2 = S_{xx} \quad ; \quad S_y^2 = S_{yy}$$

$$\bar{x} = \sum_1^n \frac{x_i}{n} \quad ; \quad \bar{y} = \sum_1^n \frac{y_i}{n}$$

Estratos agrupados (Volter, 1985)

$$\hat{V}_2(\hat{R}) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\hat{R}^2}{n(n-1)} (S_x^2 + S_y^2 - 2S_{xy})$$

donde:

$$S_{xy} = \sum_1^{n-1} \frac{(x_i - x_{i+1})(y_i - y_{i+1})}{\bar{x} \bar{y}}$$

$$S_x^2 = S_{xx} \quad ; \quad S_y^2 = S_{yy}$$

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para la biomasa, se estima por la expresión:

$$\hat{B} \pm t_{1-\alpha/2} * \hat{A} * C^2 * \sqrt{\hat{V}_i(\hat{R})}$$

Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)

$$\hat{V}_3(\hat{R}) = \frac{1}{(G-1)} \sum_{i=1}^G (\hat{R}_i - \bar{\hat{R}})^2$$

$$\bar{\hat{R}} = \sum_{i=1}^G \frac{\hat{R}_i}{G}$$

donde \hat{R}_i es un estimador de razón obtenido de la i -ésima muestra de tamaño n seleccionada con reposición de la muestra original, y G representa la cantidad total de iteraciones bootstrap.

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para el estimador de la biomasa, está dado por el percentil corregido (BC):

$$\hat{F}^{-1} \left\{ \phi (2 Z_o - Z_\alpha) \right\}$$

donde \hat{F}^{-1} es la función inversa de la distribución acumulada de $\hat{F}(\hat{R})$, definida por:

$$\hat{F}(\hat{R}) = \text{Pr ob}(\hat{R}_x \leq \hat{R}) \quad \text{y} \quad Z_o = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$

Otro estimador de varianza de la biomasa utilizado, correspondió al método intrínseco propuesto por Petitgas (1991), quien aplica principios de geoestadística a la estimación de varianza de datos pesqueros geográficamente correlacionados, mediante la expresión:

$$\sigma_e^2 = 2\bar{\gamma}(S,V) - \bar{\gamma}(V,V) - \bar{\gamma}(S,S)$$

donde los términos de la ecuación se pueden representar mediante sus respectivos variogramas $(\gamma(h))$ donde:

$$\bar{\gamma}(S,S) = \frac{1}{n^2} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \gamma(x_{\alpha} - x_{\beta})$$

$$\bar{\gamma}(S,V) = \frac{1}{nV} * \sum_{\alpha} \int_v \gamma(x_{\alpha} - y) dy$$

$$\bar{\gamma}(V,V) = \frac{1}{V^2} \int_{\alpha} \int_v \gamma(x - y) dx dy$$

siendo V el área de distribución del recurso en el área de estudio, α y β los índices de los intervalos básicos de muestreo y n el número de muestras en V .

La varianza σ_e^2 depende de la estructura espacial a través de tres factores geométricos: la geometría del campo para $\bar{\gamma} (v, v)$; de la disposición entre los intervalos básicos de muestreo para $\bar{\gamma} (s, s)$ y de la posición de la red de muestreo en el campo para $\bar{\gamma} (s, v)$ (Petitgas y Prampart, 1993).

c) Estimación de la constante de ecointegración

La constante de ecointegración \hat{C}_b se estimó mediante la ecuación propuesta por Bodholt (1991):

$$\hat{C}_b = \frac{Sa * \bar{w} * 10^3}{\frac{TS}{4\pi * 10^{10}}}$$

donde:

- \hat{C}_b = constante de ecointegración ($t * mn^{-2} * Sa^{-1}$ ref. 1 Sa)
- \bar{w} = peso promedio de la merluza del sur (kg)
- TS = fuerza de blanco promedio de la merluza del sur (db)
- Sa = Unidades de ecointegración

Con el objeto de determinar la intensidad de blanco (TS) de la merluza del sur, durante los lances de pesca se efectuaron mediciones de fuerza de blanco con el ecosonda de 38 Khz de frecuencia.

Los datos fueron procesados de acuerdo al siguiente criterio: se consideró como blanco individual aquellos ecos registrados en al menos 3 pulsos, pudiendo estar ausente en uno y que la variación en profundidad entre los pulsos no excediera a los 15 cm.

Con los datos obtenidos, se confeccionaron histogramas de distribución de frecuencia de la fuerza de blanco (TS), determinándose su valor promedio, para ser asociada a la talla promedio de los peces capturados en los lances de pesca de identificación realizados a bordo del B/I "Abate Molina".

Considerando, que la mayoría de las capturas provenientes de los lances de pesca estuvieron compuestas por merluza del sur y merluza de cola con predominio de esta última, se seleccionaron aquellos lances donde la especie mayoritaria fuera la merluza del sur, hecho que ocurrió en cuatro lances.

Sin embargo, el estrecho rango de variación de las longitudes promedios de merluza del sur (61-76 cm), y el número de datos insuficientes (4) para ajustar algún tipo de modelo de regresión entre la fuerza de blanco (TS) y la longitud promedio de la merluza del sur, se consideró de acuerdo al modelo propuesto por Foote (1987), proporcionalidad entre el cuadrado de la longitud y la fuerza de blanco mediante la expresión:

$$\overline{TS} = 20 * \log(\overline{L}) - a$$

donde \overline{TS} representa la intensidad de blanco promedio (dB), \overline{L} la longitud promedio de merluza del sur del lance y "a" una constante.

3.2.5 Distribución espacial de la merluza del sur

La distribución espacial de la merluza del sur en el área prospectada, se presenta como una carta de contornos, en donde estos representan curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo ver de manera clara las áreas de mayor concentración de los recursos (MacLennan y Simmonds, 1991).

La carta de distribución espacial de la merluza del sur, se confeccionó de acuerdo a la escala de categorías descritas en la tabla 1. La equivalencia entre ambas escalas se estimó considerando las abertura de punta de alas de la red de arrastre del B/I "Abate Molina" a una velocidad promedio de 3,5 nudos.

Las características de las agregaciones de la merluza del sur, se estimarán mediante la construcción de correlogramas, el cual permite determinar la existencia de macroestructuras mediante la expresión:

$$R_0 = \frac{n_i * \sum_{i=1}^{n-k} (Y_{ji} - k)(Y_{j+1} - \bar{Y}_i)}{(n_i - k) \sum_{i=1}^{n_i} (Y_{ji} - \bar{Y}_i)^2}$$

3.3 Estimar la abundancia en número y biomasa por edades del stock de merluza del sur en el área de estudio

La determinación de la estructura de edades de la biomasa de merluza del sur presente en el período del crucero, se realizó utilizando la clave talla-edad, calculada para el año 1995 a partir de los muestreos de la flota arrastrera que opera en la unidad de pesquería norte.

Para utilizar la clave talla-edad de 1995, se empleó la metodología de claves iteradas (IALK) (Robotham *et al.*, 1992), utilizando el modelo de Hoenig y Heisey (1987). Esto requiere como base de cálculo una matriz de edades de un período anterior, la que debería ser completa, es decir, posibilitar la aparición de todos los grupos de edad y clases de longitud presentes en la pesquería, la cual se modela de acuerdo a la estructura de tallas obtenidas en los lances de identificación efectuados por el B/I "Abate Molina" durante el crucero de evaluación.

La conversión de la biomasa estimada (t) en número de individuos, se realizó mediante un algoritmo computacional, que a partir del número y peso de la distribución de tallas de los lances de identificación, determina un factor de ponderación que distribuye la biomasa en número de acuerdo a la frecuencia por clase de tallas, mediante las ecuaciones:

$$nL_x = P_{L_x} * NL$$

$$N_x = \sum P_{L_x} * NL$$

donde:

x = Grupo de edad

L = Longitud total del pez

N_x = N° de individuos de la edad x

NL = N° de individuos a la longitud L

P_{Lx} = Probabilidad de la edad x de individuos de longitud L

nL_x = N° de individuos de longitud L correspondientes a una edad x

Debido al crecimiento diferenciado existente entre machos y hembras, este cálculo se realizó separadamente para cada sexo, al igual que correspondientes relaciones

longitud-peso. Los pesos promedios se corrigieron de acuerdo al procedimiento de Piennar y Ricker (1968), que incorpora la variabilidad existente en torno a cada longitud promedio.

3.4 Caracterizar la distribución espacial de la estructura de tallas del stock y su proporción sexual, a partir de los lances de identificación

La caracterización de la estructura de talla y la proporción sexual en forma espacial, fue efectuada con los datos de muestreos de biológicos de longitud y sexo de merluza del sur provenientes de los lances de pesca de identificación en el B/I "A. Molina" y de los lances de pesca del B/H "Boston Beverly". Los datos fueron ingresados en archivos computacionales para posteriormente ser procesados y analizados, para el área total de estudio y por sectores de 1 grado de latitud. Estas se denominan áreas de pesca, comprendiendo las latitudes 43° (43° a 43°59'L.S.), 44° (44° a 44°59'L.S.), 45° (45° a 45°59'L.S.), y 46° (46° a 46°59'L.S.), mediante representaciones gráficas y pruebas estadísticas basada en la distribución Chi-cuadrado (Mood *et al.*, 1974).

Las distribuciones de longitud ponderadas, fueron estimadas mediante los siguientes estimadores:

Estimador de la distribución ponderada de longitud \hat{P}_{hk}

$$\hat{P}_{hk} = \sum_{i=1}^{N_h} \frac{\hat{X}_{hi}}{\hat{X}_h} \hat{P}_{hik}$$

donde:

$$\hat{X}_{hi} = \frac{Y_{hi}}{W_{hi}} \quad ; \quad \hat{X}_h = \sum_{i=1}^{N_h} \hat{X}_{hi} \quad ; \quad \hat{P}_{hik} = \frac{n_{hik}}{n_{hi}}$$

$$\bar{W}_{hi} = \sum_{k=1}^K w_{hik}^{\bullet} P_{hik} \quad ; \quad w_{hik}^{\bullet} = a_h l_k^{b_h}$$

Estimador de la varianza del estimador \hat{P}_{hk}

$$\hat{V}(\hat{P}_{hk}) = \sum_{i=1}^{N_h} \hat{V}\left(\frac{\hat{X}_{hi}}{\hat{X}_h} \hat{P}_{hik}\right)$$

donde:

$$\hat{V}\left(\frac{\hat{X}_{hi}}{\hat{X}_h} \hat{P}_{hik}\right) = \hat{P}_{hik}^2 \hat{V}\left(\frac{\hat{X}_{hi}}{\hat{X}_h}\right) + \frac{\hat{X}_{hi}^2}{\hat{X}_h^2} \hat{V}(\hat{P}_{hik}) - \hat{V}\left(\frac{\hat{X}_{hi}}{\hat{X}_h}\right) \hat{V}(\hat{P}_{hik})$$

$$\hat{V}\left(\frac{\hat{X}_{hi}}{\hat{X}_h}\right) = \hat{X}_{hi}^2 \hat{V}\left(\frac{1}{\hat{X}_h}\right) + \frac{1}{\hat{X}_h^2} \hat{V}(\hat{X}_{hi}) - \hat{V}(\hat{X}_{hi}) \hat{V}\left(\frac{1}{\hat{X}_h}\right)$$

$$\hat{V}(\hat{P}_{hik}) = \frac{1}{n_{hi} - 1} \hat{P}_{hik} (1 - \hat{P}_{hik})$$