

# INFORME FINAL

Determinación de abundancia y biomasa del recurso macha,  
*Mesodesma donacium*, en playa Cucao, Provincia de Chiloé, Región  
de Los Lagos

SOLICITANTE



**Fundación  
Chiquihue**

## REQUIRENTES

SINDICATO DE PESCADORES ARTESANALES BAHÍA CUCAO CAMPIHUAPI

SINDICATO EL CHUNGUNGO DE HUENTEMÓ

ASOCIACIÓN INDÍGENA DE PESCADORES ARTESANALES COMUNIDAD DE  
CHANQUIN

Mayo 2012

**INDICE GENERAL**

1.	PRESENTACIÓN.....	3
1.1	Antecedentes Generales.....	3
1.2	Antecedentes de la Pesca de Investigación .....	5
2.	OBJETIVOS.....	6
2.1	Objetivo General .....	6
2.2	Objetivo Específico.....	6
3.	METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	7
3.1	Zona de Estudio.....	7
3.2	Participantes.....	7
3.3	Artes y/o aparejos de pesca .....	8
3.4	Diseño de investigación.....	8
3.4.1	Actividades de terreno .....	8
3.4.2	Análisis de la información. ....	10
4.	RESULTADOS. ....	15
4.1	Análisis de información de base.....	15
4.2	Estimación de abundancia .....	19
4.3	Estimación de cuota de captura.....	22
4.4	Resultados operativos del desembarque en la Pesca de Prospección. ....	24
5.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES. ....	28
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30

**Personal Técnico participante y autores.**

El equipo de trabajo del ejecutor que realizó la Pesca de Investigación (PINV), el análisis de la información y la elaboración de propuestas, fue el siguiente:

<b>Nombre</b>	<b>Profesión</b>	<b>Labor asignada en el proyecto</b>
Sonia Medrano	Biólogo Marino	Jefe de proyecto
Marco Leal Paredes	Biólogo Marino	Investigador
Cristian Escalona Salazar	Ingeniero en Acuicultura	Investigador
Javier Valencia	Biólogo Marino	Coordinación
Aldo Suppa Guajardo	Técnico en Pesquerías	Coordinador en terreno
Kenji Suzuki	Técnico en Pesquerías	Muestreos
Aldo Hernández	Biólogo Marino	Analista de datos

## 1. PRESENTACIÓN.

### 1.1 Antecedentes Generales.

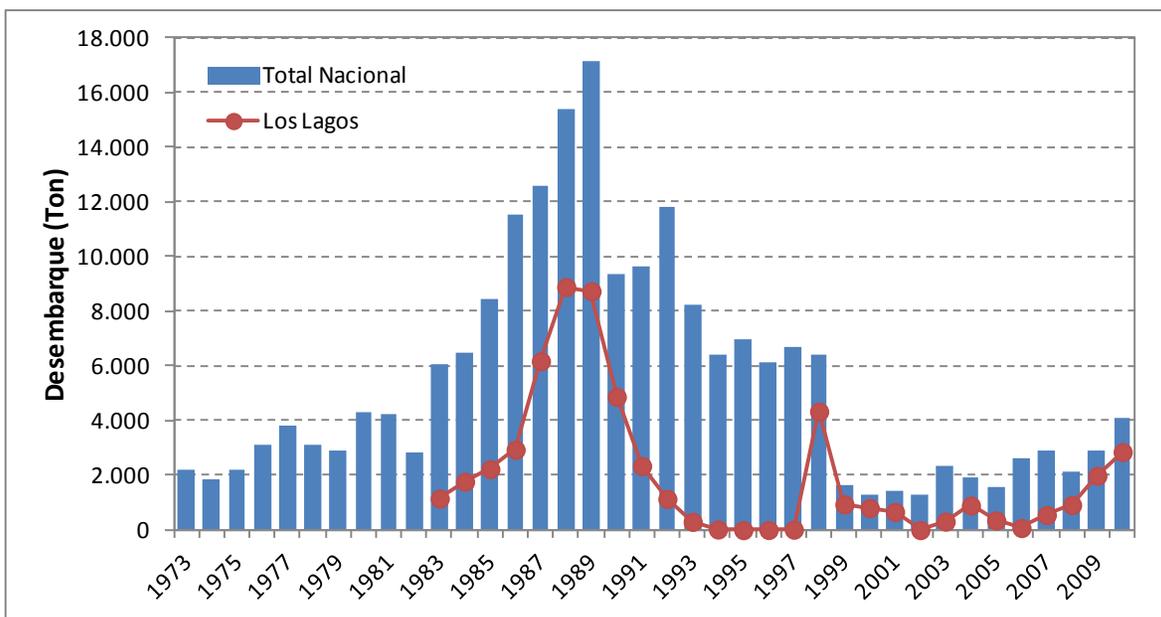
La macha (*Mesodesma donacium*; Lamarck, 1818) es un molusco bivalvo marino dioico que se distribuye Sechura, Perú (5°S) hasta Chiloé (43°S) y habita playas arenosas de rompiente desde el intermareal hasta 15 a 20 metros de profundidad (Osorio & Bahamonde, 1970; Alarcón, 1979; Campusano & Cepeda, 1979; Jaramillo et al., 1994; Ortiz & Stotz, 1996). El hábitat del recurso es caracterizado por zonas de rompientes en las cuales se generan fuertes corrientes de deriva litoral, donde los ejemplares se distribuyen en forma parchosa (Tarifeño, 1980; Jaramillo et al., 1994; Ortiz, 1995).

A nivel nacional su dinámica poblacional ha sido estudiada por diversos autores, los cuales coinciden en que la fracción poblacional recién asentada de machas tiende a ubicarse en la zona de lavado (swash zone) o intermareal, donde los ejemplares adultos comúnmente están ausentes (Tarifeño, 1980; Ortiz & Stotz, 1996; Rubilar et al., 2001). Por su parte los adultos (> 55 mm) se distribuyen principalmente en la zona de rompiente y en el submareal (Jaramillo et al., 1994; Ariz et al., 1994). De acuerdo a Stanley (1970) una adaptación especial de las semillas de este tipo de bivalvos de conchas triangulares tiene relación con la capacidad de enterrarse rápidamente en los sedimentos móviles.

El ciclo gonadal de la macha ha sido descrito en distintas localidades del país, apreciándose en general, que el periodo de desove en todas estas poblaciones son relativamente coincidentes abarcando desde septiembre a abril, con mayor intensidad entre noviembre y febrero (Rubilar et al., 2001). La macha presenta una larva planctotrófica, la que se desarrolla completamente en el plancton durante un período aproximado de 30 días, para luego asentarse en la zona intermareal (Brown & Guerra, 1979; Carmona, 1979; Cepeda, 1979; Fuentes, 1988), mientras que su vida adulta la realiza preferentemente en zonas más profundas (Ortiz & Stotz, 1996).

*Mesodesma donacium*, constituye una de las especies más importantes para la pesquería de recursos bentónicos en Chile (Rubilar et al., 2001). Este recurso es explotado por comunidades de pescadores artesanales en la I, IV, V, VII, VIII y X Región, se extrae de forma artesanal principalmente desde botes con buceo Hooka y en la orilla mediante la extracción manual realizando buceo de “rezuello” también llamado taloneo (Ariz et al., 1996). De acuerdo a los

Anuarios Estadísticos de Pesca, la pesquería mostró un incremento sostenido entre los años 1973 y 1989, llegando a superar las 17.000 ton. Posteriormente se observó un descenso marcado cayendo a niveles mínimos en torno a 1.300 ton. entre los años 2000 a 2002, periodo luego del cual se aprecia un leve incremento en los desembarques hasta llegar a superar las 4.000 ton durante el año 2010 (**Figura 1**). La explotación de macha en la Región de los Lagos tuvo un gran desarrollo en el periodo de 1985 a 1990, el cual se centró principalmente en la zona de Mehuín, considerándose para esa época la pesquería más importante del país. Sin embargo, prácticamente desapareció de la región a mediados de los años 90, para comenzar un nuevo desarrollo a partir de 1999, posiblemente asociado al colapso de las pesquerías en el norte del país (Coquimbo y Arica principalmente) con la consiguiente migración de macheros hacia el sur, pero ésta vez, hacia el sur de la X Región (Matamala et al., 2008). A partir del año 2006 los desembarques regionales de macha han mostrado una tendencia ascendente y sostenida desde 76 ton a 2.856 ton, representando cerca del 70% de los desembarques nacionales durante 2009 y 2010.



**Figura 1.** Desembarques totales y regionales (Región de Los Lagos) para *Mesodesma donacium* entre los años 1973 y 2010 (Fuente: Anuarios Estadísticos de Sernapesca).

Administrativamente la macha posee un tamaño mínimo legal fijado en 6 cm de longitud anteroposterior, exceptuando las Regiones IX y X donde se ha fijado en 5 cm (D.Ex. 242/1983). En términos de acceso, mediante R.Ex. 522/2010, se suspende transitoriamente por el período de 5 años a contar del 4 de febrero de 2010, la inscripción en el RPA en todas sus categorías, por plena

explotación, en regiones XV a XI. En cuanto a la veda de la especie, mediante D.Ex. 1668/2009, se estableció veda extractiva en el área marítima de la X región, por un período de cuatro años a contar del 7 de noviembre de 2009. Posteriormente, mediante D.Ex. 99/2012, se suspende la vigencia de esta veda, entre el 28 de enero de 2012 y hasta el 31 de diciembre de 2012, en el área marítima correspondiente a la Playa Cucao, comuna de Chonchi, provincia de Chiloé (42°32'00"LS a 42°45'42" LS). Este mismo decreto fija una cuota anual de captura de 174,1 ton para esta misma área (42°32'00"LS a 42°45'42" LS).

En atención a este escenario, durante marzo de 2012 se presentaron los términos técnicos de referencia con la finalidad de realizar la evaluación directa de los bancos para calcular en términos sustentables una cuota para el año 2012 en el sector de Cucao. Lo anterior, considerando que la extracción de este recurso en el sector, es una de las principales actividades productivas de los pescadores del sector costero expuesto de la Comuna de Chonchi en la localidad de Cucao y sus alrededores (Huentemó, Chanquín, Campihuapi).

## 1.2 Antecedentes de la Pesca de Investigación.

La pesca de investigación que se presenta fue autorizada mediante R.Ex. 584 del 15 de marzo de 2012, en la cual se autoriza la captura de un total de 62 toneladas de *M. donacium* en Playa Cucao y, adicionalmente, la captura de un máximo de 100 Kg. bajo la talla de primera captura.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Establecer una cuota de captura para el recurso macha, *Mesodesma donacium*, en el área de estudio, para el año 2012.

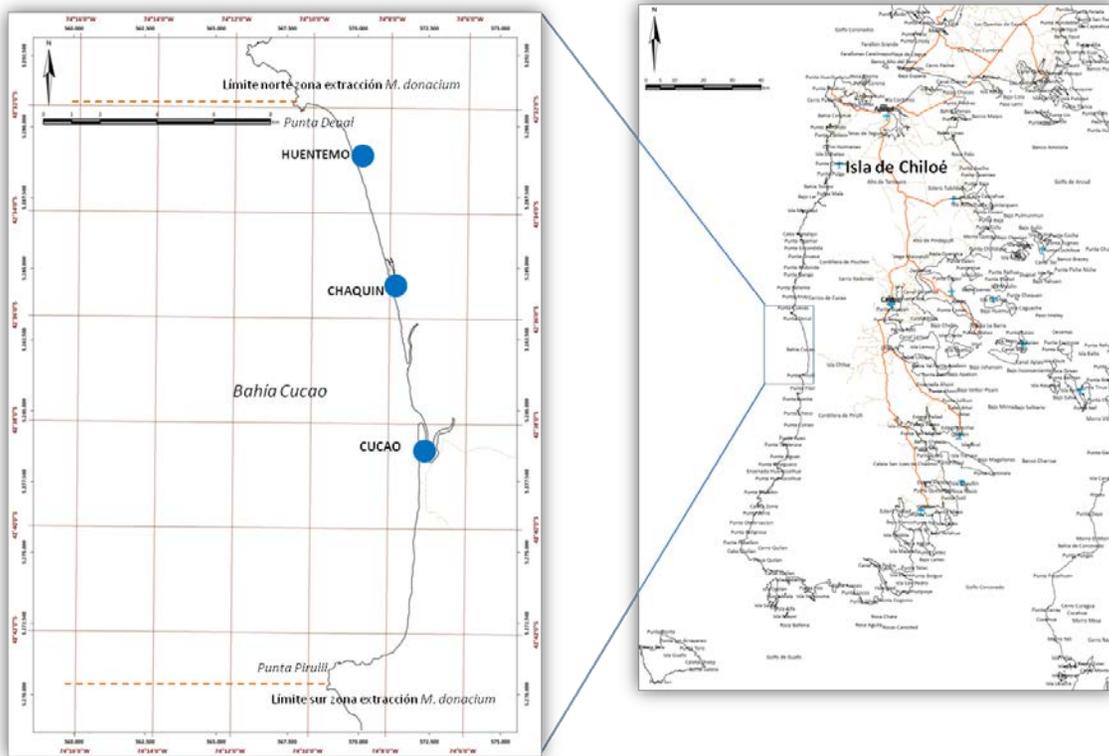
### **2.2 Objetivo Específico**

Evaluar la abundancia y biomasa del recurso macha en playa Cucao y recomendar una tasa de explotación que permita establecer una cuota de pesca sustentable.

### 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

#### 3.1 Zona de Estudio

La zona de estudio correspondió al sector de playa y zona de extracción habitual de *M. donacium* dentro del trazado de líneas de base recta fijada para la zona sur de Chile por Decreto Supremo n° 416, del 14 de Julio 1977 (**Figura 2**).



**Figura 2.** Zona de estudio y rango de operación de la comunidad de pescadores artesanales de Cucao.

#### 3.2 Participantes

Las organizaciones de pescadores participantes de la pesca de investigación se individualizan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Organizaciones de pescadores artesanales participantes de la presente pesca de investigación.

<b>Organización</b>
Sindicato de Pescadores Artesanales Bahía Cucao
Sindicato El Chungungo de Huentemó
Asociación Indígena de Pescadores Artesanales Comunidad de Chanquin.
Sindicato de Pescadores Artesanales Rahue Campihuape

### 3.3 Artes y/o aparejos de pesca

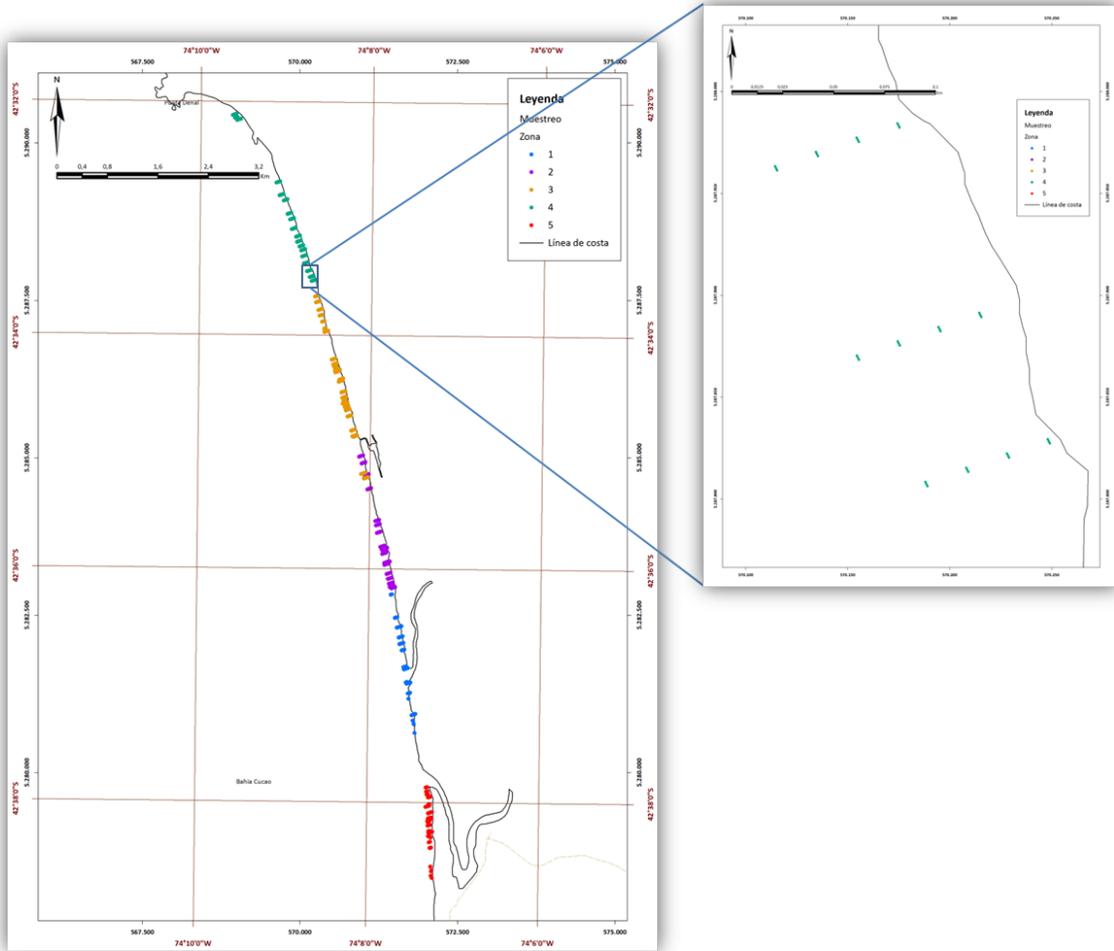
La especie principal se captura mediante el orilleo, taloneo o pateo, consistente en el uso del pie para la localización de los asentamientos de macha en el submareal, donde el recurso se encuentra enterrado. Básicamente la operación de extracción se desarrolla a través del tacto y el uso de la corriente de la ola que permite llenar el chinguillo o bolsa.

### 3.4 Diseño de investigación

#### 3.4.1 Actividades de terreno

Para la evaluación directa del recurso Macha en playa Cucao, se aplicó el método de líneas de transectas descrito y utilizado por Ariz et al. (1994 y 1996), empleando en este caso cuadrantes de 0.5 x 0.5 m (0.25m<sup>2</sup>), los cuales fueron distribuidos sobre líneas transectas perpendiculares y equidistantes a la línea de la costa. En cada transecta se dispusieron 4 puntos de evaluación, ubicados en la orilla de la playa (3 cuadrantes); 20 metros mar adentro (3 cuadrantes); 40 metros mar adentro (3 cuadrantes) y 60 m mar adentro (3 cuadrantes). De esta forma se totalizó un máximo de 12 cuadrantes por cada transecta evaluada. Las evaluaciones directas fueron realizadas los días 29 y 30 de marzo de 2012 (zonas 1, 2, 3 y 4) y durante el 20 de abril de 2012 (zona 5; **Figura 3**).

En términos globales, para la evaluación directa de macha en la zona de estudio se dispusieron un total de 103 transectas, al interior de las cuales se registró un total de 1.063 cuadrantes de muestreo.



**Figura 3.** Posicionamiento espacial de los puntos de muestreo en la zona de estudio.

En cada una de las zonas de estudio se colectaron ejemplares de macha para su medición y posterior pesaje en playa. Los ejemplares extraídos desde el submareal fueron medidos en su longitud anteroposterior con un pié de metro (sensibilidad 0,1 mm). Posteriormente se seleccionó una muestra de individuos para su pesaje en balanza digital (sensibilidad 0,1 g). En la **Tabla 2** se resume el total de ejemplares medidos y pesados por zona de evaluación.

**Tabla 2.** Número de ejemplares de *M. donacium* medidos y pesados por cada zona de evaluación identificada en la Figura 3.

Zona de evaluación	Ejemplares medidos	Ejemplares medidos y pesados
Zona 1	374	204
Zona 2	305	202
Zona 3	324	173
Zona 4	340	168
Zona 5	291	210

### 3.4.2 Análisis de la información.

#### 3.4.2.1 Estimación de abundancia.

La densidad promedio y abundancia la especie principal fueron determinadas mediante la metodología de interpolación geoestadística Kriging Ordinario (Goovaerts, 1997). Se debe destacar que en la propuesta técnica original se presentó la determinación del muestreo aleatorio estratificado como metodología de estimación de la abundancia. No obstante, para la estimación de la abundancia que aquí se presenta, se ha privilegiado el empleo de técnicas geoestadísticas, las cuales, pese a ser más complejas en su determinación, permiten la obtención de resultados geográficamente más acotados y consistentes con los patrones de distribución espaciales de la variable objetivo (Isaaks & Srivastava, 1989).

El procedimiento de interpolación óptima o Kriging se basa en el ajuste de un modelo de distribución espacial de un determinado atributo para una variable regionalizada (georreferenciada en coordenadas UTM), el cual recibe el nombre de variograma. La expresión del variograma experimental, sobre el cual se realiza la modelación geoestadística es la siguiente:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \{z(x_i) - z(x_i + h)\}^2$$

donde  $z(x_i)$  representa los valores muestrales de la variable regionalizada y  $N(h)$  es el número de pares de datos separados por una distancia  $h$ .

Una vez calculado el modelo que alcance un mejor ajuste del variograma (lineal, esférico, exponencial, etc.) y verificada la inexistencia de anisotropía en la modelación, se realiza la

interpolación de los valores modelados sobre una grilla predefinida de puntos en el espacio (nodos) a través de una combinación lineal de los indicadores muestrales cercanos, a saber:

$$z^*(x_i) = \sum_{i=1}^n w_i * z(x_i)$$

donde  $z^*(x_i)$  es el valor estimado de la variable regionalizada mediante el modelo seleccionado,  $z(x_i)$  es el valor muestral,  $w_i$  representa la ponderación de la combinación lineal de los valores muestrales utilizada en la predicción (modelo) y  $n$  es el número de puntos de interpolación (nodos).

En términos del modelo de variograma modelado ( $\gamma_{ij}^*$ ), el sistema de kriging ordinario puede ser escrito como:

$$\sum_{j=1}^n w_j \gamma_{ij}^* - \mu = \gamma_{i0}^* \quad \forall i = 1, \dots, n$$

donde  $\mu$  representa el parámetro de Langrange (Isaaks & Srivastava, 1989), valor introducido como parte del algoritmo de minimización de la varianza del error de estimación para generar la condición de estimador insesgado:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

La varianza modelada está dada por la expresión:

$$\sigma^2_R = \sum_{i=1}^n w_i \gamma_{i0}^* + \mu$$

Así, en el procedimiento Kriging los pesos de las ponderaciones son determinados de tal manera que el estimador resultante es insesgado y minimiza la estimación de la varianza.

En la interpolación geoestadística que se presenta se utilizó una grilla de nodos definidos cada 5 metros y un radio de búsqueda ilimitado. Para la definición del polígono de distribución de la especie principal se utilizaron exclusivamente los cuadrantes con presencia relevante de especies principales (densidad superior a 40 ind/m<sup>2</sup>).

Las estimaciones fueron llevadas a cabo mediante ArcGis 9.3 utilizando la función "Volume", mediante la cual la determinación de superficie de distribución y abundancia se realiza a través de la doble integral:

$$V = \int_{x_m}^{x_n} \int_{y_m}^{y_n} f(x, y) dx dy$$

### 3.4.2.2 Estructura de tallas y relación longitud-peso

La distribución de frecuencias de tamaños de las especies principales fue analizada mediante la construcción de histogramas de frecuencia, determinándose adicionalmente la proporción de individuos que representan la fracción explotable poblacional, es decir, la proporción de ejemplares con longitud anteroposterior mayor a 50 mm (D.S. 242/1983). Los datos de Longitud (L en mm) y Peso total húmedo (W en g) obtenidos a partir de las mediciones en terreno fueron empleados para estimar la relación longitud-peso, que se expresa según:

$$W = a L^b,$$

donde  $a$  y  $b$  representan el intercepto y pendiente de la función, respectivamente.

### 3.4.2.3 Estimación de cuota de captura

El Rendimiento Máximo Sostenible (*RMS*) fue determinado mediante el cálculo del nivel de mortalidad por pesca ( $F$ ) que maximiza la captura en peso a través del modelo de Thompson & Bell (1934). Como medida precautoria se determinó el nivel de mortalidad por pesca  $F_{0,1}$ , el cual constituye el punto de referencia objetivo de más amplia utilización en pesquerías donde se desea maximizar la biomasa del stock parental mediante la explotación racional de los recursos. Las ecuaciones necesarias para la determinación del *RMS* son:

$$t = \left( \frac{1}{K} \right) * \ln \left( \frac{L_{\infty} - L_1}{L_{\infty} - L_2} \right)$$

$$M_i = t * M$$

$$F_i = t * S_i * F$$

$$N_{L2} = N_{L1} e^{-(F_i + M_i)}$$

$$Cn_i = F_i * N_i$$

$$w_i = \frac{1}{L_2 - L_1} * \frac{a}{b+1} * (L_2^{b+1} - L_1^{b+1})$$

$$Cw_i = w_i * Cn_i$$

donde  $t$  es el intervalo de tiempo transcurrido entre la longitud  $L_1$  a  $L_2$ ;  $M_i$  y  $F_i$  son las tasas de mortalidad natural y por pesca para el  $i$ -ésimo intervalo de tallas;  $S_i$  es la selectividad del arte de pesca del intervalo " $i$ ";  $Cn_i$  es la captura en número del intervalo;  $w_i$  es el peso promedio del intervalo; y  $Cw_i$  es la captura en peso del intervalo.

Los parámetros de entrada al modelo, considerados para la evaluación del Rendimiento Máximo Sostenible (*RMS*), son:

- Abundancia en el área ( $N$ )
- Constantes de la relación longitud-peso ( $a$  y  $b$ )
- Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy ( $L_\infty$ ,  $K$ ,  $t_0$ )
- Tasa instantánea de Mortalidad Total ( $Z$ )
- Tasa instantánea de Mortalidad Natural ( $M$ )
- Tasa instantánea de Mortalidad por pesca ( $F$ )
- Talla de primera captura ( $L_{50\%}$ )

La abundancia en el área y los parámetros de la relación longitud-peso fueron obtenidos a partir de los resultados de la evaluación directa. La metodología para la determinación del resto de los parámetros de entrada al Modelo de Thompson & Bell, se presenta a continuación.

#### a) Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy

La función de crecimiento de von Bertalanffy (Sparre & Venema, 1995) toma la forma:

$$L_t = L_\infty \left(1 - e^{-k(t-t_0)}\right),$$

donde  $L_t$  es la talla a la edad  $t$ ;  $L_\infty$  es la longitud asintótica;  $K$  es el coeficiente de crecimiento y;  $t_0$  es la edad de talla cero. Para el presente estudio se aplicaron los parámetros de crecimiento determinados por Rubilar et al (2001) para machas de Playa Cucao, a saber:

$$L_t = 93,40 \left(1 - e^{-0,200515(t-1,077)}\right),$$

b) Tasa instantánea de Mortalidad Total (Z)

La tasa de mortalidad total (Z) se obtuvo a partir de las frecuencias de tallas de la especie, convertidas a edades por medio de la ecuación de crecimiento, a la cual se le ajusta una curva de captura, según el método de Jones y van Zalinge (1981):

$$\ln C(L_1, L_\infty) = a + \frac{Z}{K} \ln(L_\infty - L_1)$$

La pendiente estimada de la regresión lineal de la ecuación anterior representa Z/K, de modo que la estimación de Z está dada por:

$$Z = K * \text{pendiente de la regresión}$$

c) Tasa instantánea de Mortalidad natural (M)

Para la determinación de la tasa instantánea de mortalidad natural se utilizó el método de estimación bioanalógico de Brey & Cage (1997). Método específico para el manejo de pesquerías bentónicas, por cuanto se basa en la estimación de mortalidades naturales de más de 80 especies de invertebrados bentónicos, considerando la relación entre la constante de crecimiento con la mortalidad natural. Su algoritmo toma la forma:

$$M = e^{(0,339+1,037*\ln(K))}$$

d) Tasa instantánea de Mortalidad por pesca (F)

La tasa instantánea de mortalidad por pesca actual de la población (*Fact*) fue determinada a través de la diferencia existente entre la mortalidad total (Z), entregada por la curva de la captura de Jones & van Zalinge (1981), y la mortalidad natural (M) calculada mediante la estimación de Brey & Cage (1997):

$$Fact = Z - M$$

#### e) Talla de primera captura (L50%)

Para efectos del cálculo de la cuota de *M. donacium* se considera una selectividad en filo de cuchillo a la talla mínima de extracción legal de la especie (50 mm de longitud anteroposterior; D.Ex. 242/1983).

#### 3.4.2.4 Captura total permisible (CTP)

La determinación de Captura Total Permisible (CTP), considera la estimación de la captura por rango de tamaños ( $C_i$ ) en función de la abundancia en número ( $N_i$ ) del stock, de la Mortalidad Natural ( $M_i$ ) y de la tasa instantánea de Mortalidad por Pesca precautoria ( $F_{0,1}$ ) obtenida mediante la aplicación del modelo de Thompson & Bell (1934).

Para la estimación de las capturas por edades se utiliza la ecuación de captura de Baranov (1918), a saber:

$$C_i = N_i \left( \frac{F_{0,1}}{Z_i} \right) (1 - e^{-(F_{0,1} + M_i)})$$

La CTP se obtiene de la acumulación de las capturas en número por rango de tamaños mediante la ecuación:

$$CTP = \sum_{i=1}^k C_i$$

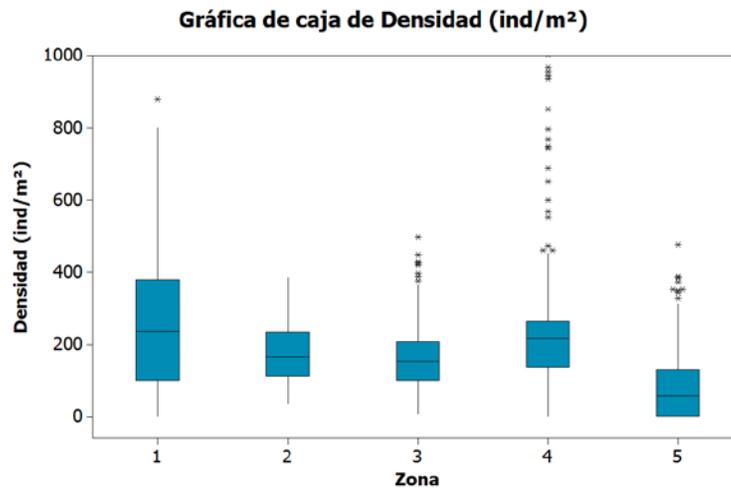
## 4. RESULTADOS.

### 4.1 Análisis de información de base

Los estadígrafos básicos de las densidades observadas por zona de muestreo y totales se entregan en la **Tabla 3**. A partir de éste análisis y considerando la representación gráfica Boxplot es posible establecer que las densidades observadas corresponden a valores moderados, donde las áreas de mayor abundancia de macha están asociadas preferentemente a las zonas 1 y 5, mientras que en la zona 5 es donde se observaron las densidades más bajas (**Figura 4**)

**Tabla 3.** Estadígrafos básicos de densidades de macha observadas por zona de muestreo y totales en Playa Cucao.

Variable	Zona	N	Promedio	Desv.Est.	Coef.Var (%)	Mínimo	Máximo
Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	1	136	272,4	227,8	83,62	0	1.140
	2	252	177,03	87,26	49,29	36	384
	3	312	161,94	84,87	52,41	8	496
	4	213	264,9	235,6	88,95	0	1.284
	5	150	93,12	107,34	115,27	0	476
	Total	1.063	190,56	163,68	85,89	0	1.284

**Figura 4.** Boxplot densidad observada de machas por zona de muestreo.

En el análisis de la estructura de tamaños y relación longitud-peso por zona (**Figura 5**) se destaca que, en términos generales, los tamaños poseen una alta proporción de ejemplares sobre la talla comercial, llegando prácticamente al 100% en las zonas 2 y 3. En las zonas 4 y 5 se observa la existencia de menores tamaños, con presencia moderada de ejemplares bajo talla comercial (21% y 26%, respectivamente; **Tabla 4**).

En términos globales, la estructura de tamaños de macha se observó unimodal, centrada en el intervalo de tallas de 55 a 60 mm y con una fracción explotable del 90% (**Figura 6; Tabla 4**), mientras que la relación longitud-peso mostró una alta correlación ( $r^2: 0,98; P < 0,001$ ) con una pendiente que revela un patrón de crecimiento tendiente a la isometría ( $b$  cercano a 3).

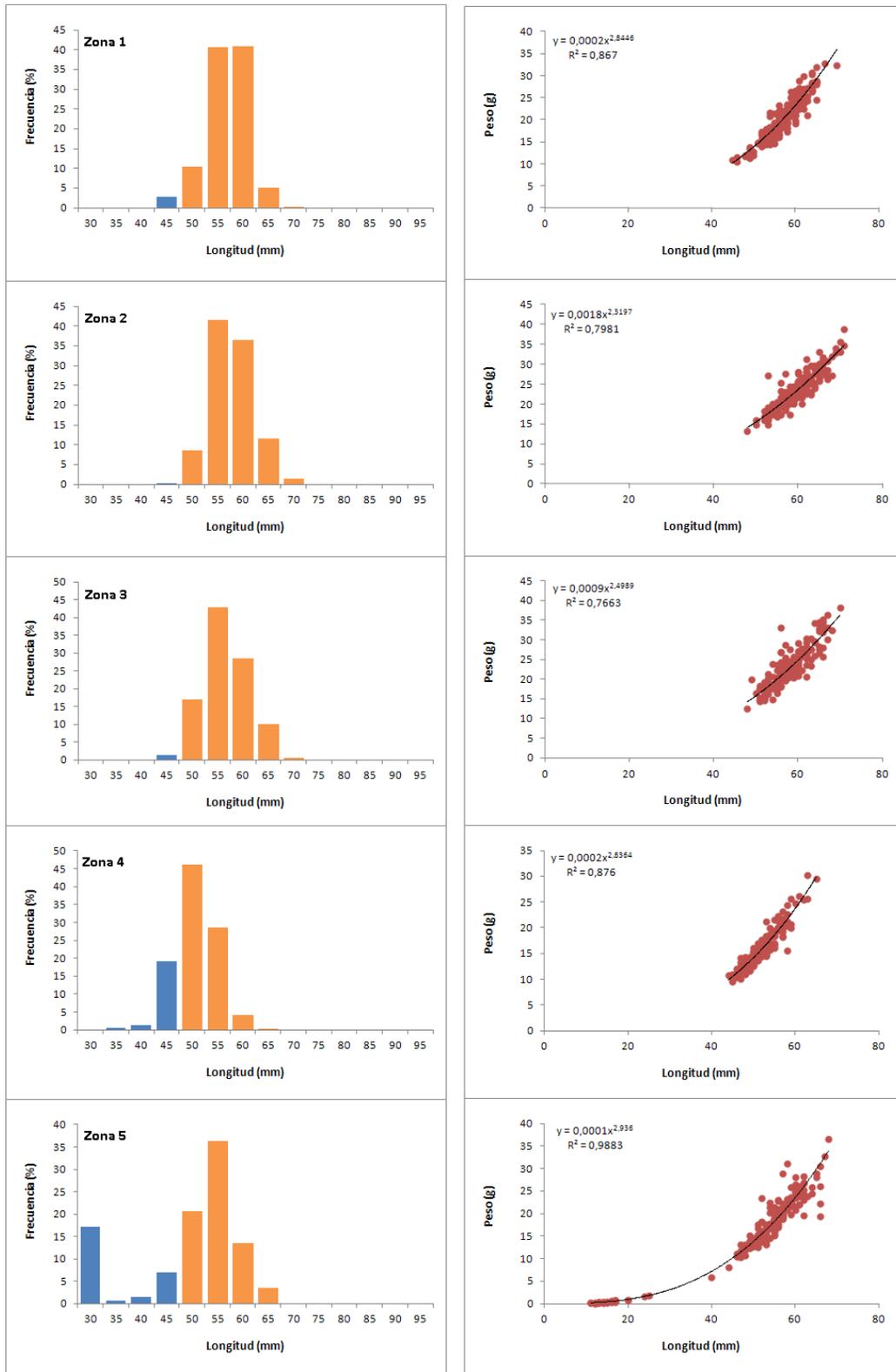
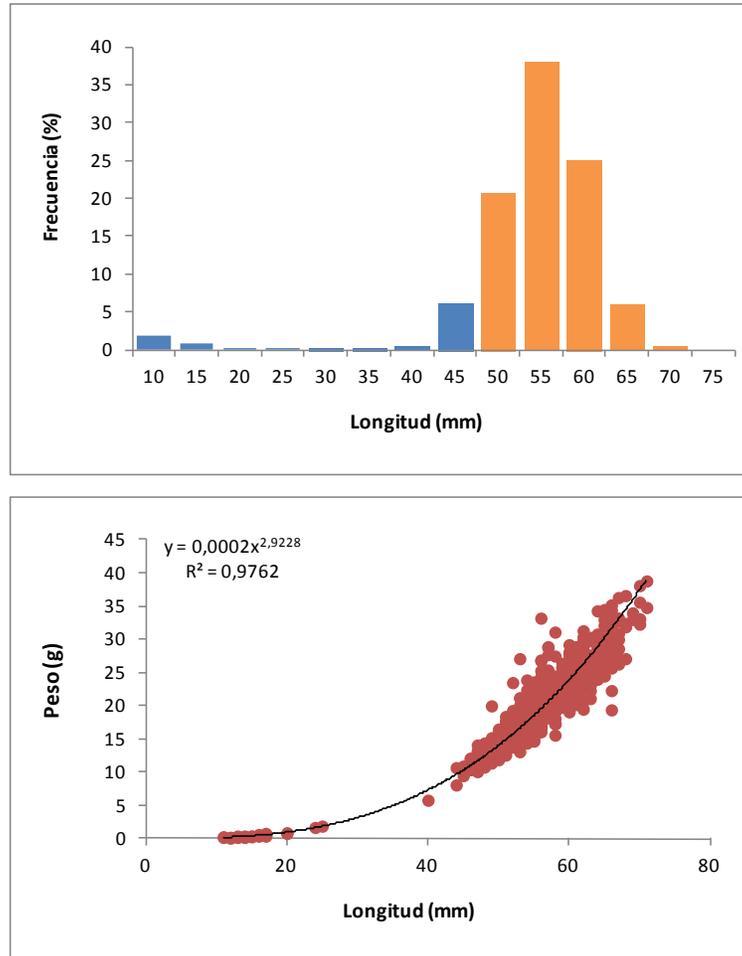


Figura 5. Estructura de tamaños y relación longitud-peso de macha observada por zona de muestreo.

**Tabla 4.** Estadígrafos de frecuencia de tamaños de macha por zona de muestreo y totales en Playa Cucao. Fracc. Expl. (%): Fracción explotable o proporción de ejemplares mayores a 50 mm.

		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
Tallas (mm)	Nº de muestras	374	304	324	340	291	1.633
	Promedio (mm)	58,7	59,6	58,2	52,7	48,3	55,7
	Desv. Estándar	3,9	4,0	4,3	4,1	16,5	8,9
	Mínimo (mm)	45	48	47	38	6	6
	Máximo (mm)	70	71	70	65	68	71
	Fracc. Expl. (%)	97,3%	99,7%	98,8%	79,1%	73,9%	90,1%

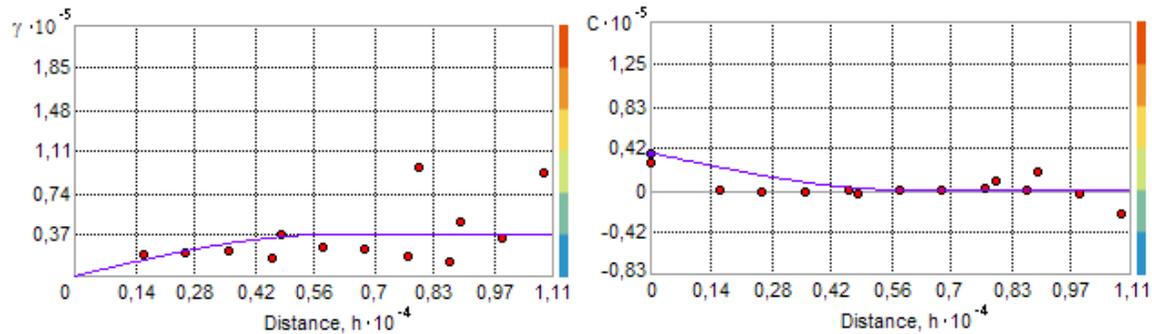
Relación L-W		204	202	173	168	210	957
	Nº de muestras	204	202	173	168	210	957
	a	2,027E-04	1,769E-03	8,904E-04	2,144E-04	1,413E-04	1,513E-04
	b	2,8446	2,3197	2,4989	2,8364	2,9360	2,9228
	r <sup>2</sup>	0,8670	0,7981	0,7663	0,8760	0,9883	0,9762



**Figura 6.** Estructura de tamaños y relación longitud-peso de macha total observada en Playa Cucao.

#### 4.2 Estimación de abundancia

El variograma experimental del proceso de distribución de la macha en playa Cucao revela un proceso de distribución de densidades que responde a un modelo de tipo esférico (**Figura 7**).



**Figura 7.** Variograma experimental (izquierda) y modelo covarianza (izquierda) asociados a la interpolación de la abundancia de macha por Kriging ordinario.

El resultado de la estimación de la abundancia de machas en la zona de estudio se entrega en la **Tabla 5** y en la **Figura 8**. La abundancia total de machas estimada alcanzó a 221.053.098 individuos, lo que representa una biomasa de 4.639 ton. Los resultados del análisis de validación cruzada entre los datos crudos y las estimaciones de salida de la modelación arrojaron un porcentaje de varianza explicada por la modelación del 82% (**Figura 9**).

**Tabla 5.** Estimación de abundancia poblacional de machas en Playa Cucao.

<i>Estimados</i>		<i>Mesodesma donacium</i>
Nº de muestras (tipo, dimensión)		1.063
Densidad media (ind/m <sup>2</sup> )		213,24
Desviación Estándar		215,32
Superficie de distribución (m <sup>2</sup> )		1.126.557
Abundancia	Nº individuos	221.053.098
	Peso (kg)	4.638.839

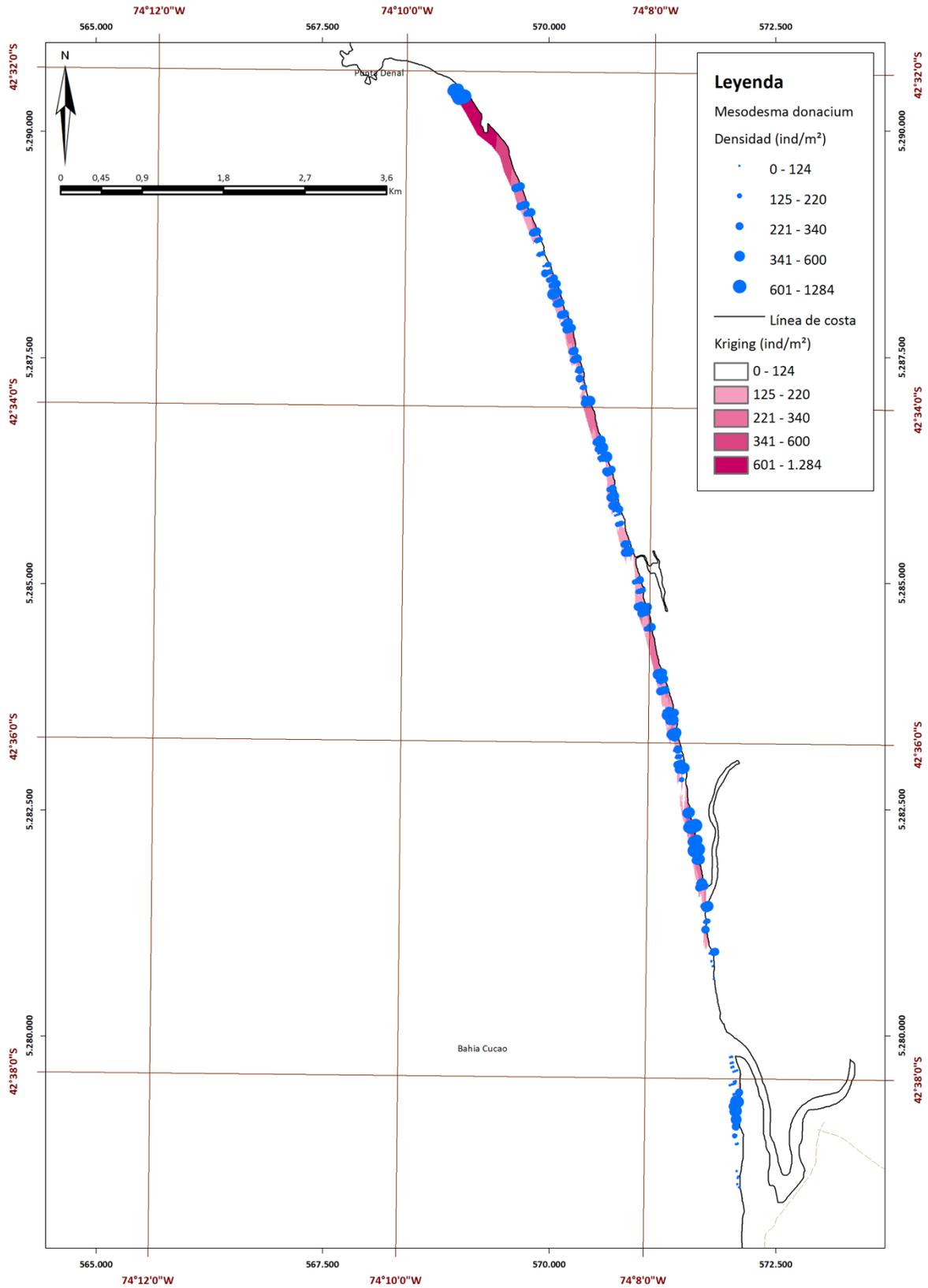
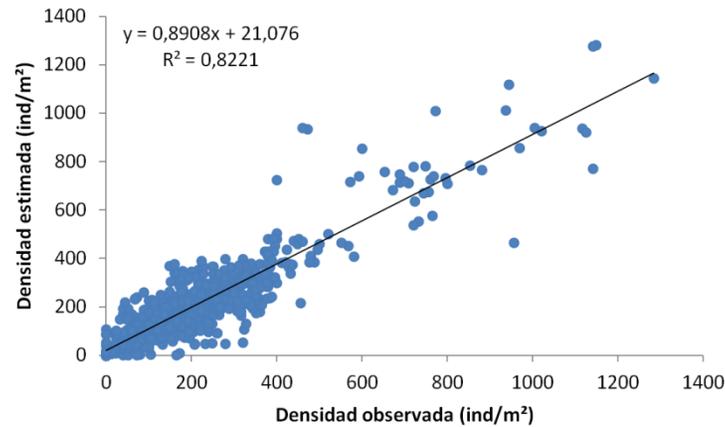


Figura 8. Estimación de abundancia de machas en playa Cucao mediante Kriging Ordinario.



**Figura 9.** Análisis de validación cruzada para el Kriging Ordinario resultado de la modelación de la abundancia de machas en Playa Cucao.

En la **Tabla 6** se entrega el resumen de la estimación del estado de la fracción poblacional de *M. donacium* en playa Cucao, para la evaluación directa realizada entre marzo y abril de 2012.

**Tabla 6.** Indicadores de resumen de abundancia poblacional de machas en Playa Cucao.

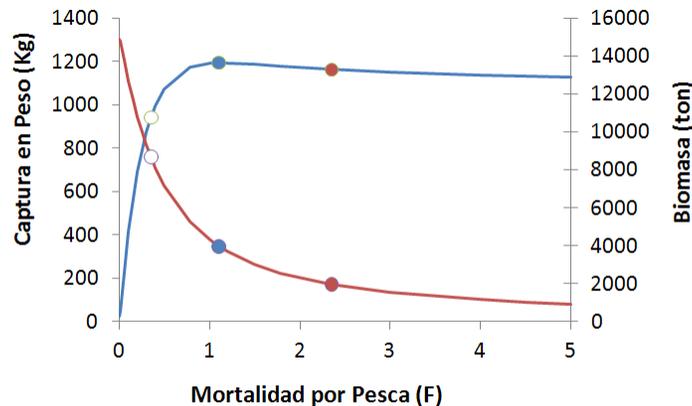
<b>Estimados</b>		<b>Mesodesma donacium</b>
<b>Nº de muestras (tipo, dimensión)</b>		1063
<b>Densidad media (ind/m²)</b>		213,24
<b>Desviación Estándar</b>		215,32
<b>Superficie de distribución (m²)</b>		1.126.557
<b>Abundancia</b>	<b>Nº individuos</b>	221.053.098
	<b>Peso (kg)</b>	4.638.839
<b>Fracción Explotable</b>		90,1%
<b>Stock</b>	<b>Nº individuos</b>	199.123.764
	<b>Peso (kg)</b>	4.459.896
<b>Tallas (mm)</b>		
<b>Nº de muestras</b>		1633
<b>Promedio (mm)</b>		55,7
<b>Desviación Estándar</b>		8,9
<b>Mínimo (mm)</b>		6
<b>Máximo (mm)</b>		71
<b>Relación longitud-peso</b>		
<b>Nº de muestras</b>		957
<b>a</b>		1,5128E-04
<b>b</b>		2,9228
<b>r²</b>		0,9762

### 4.3 Estimación de cuota de captura

Los parámetros de entrada a la modelación para la estimación de una cuota precautoria de *M. donacium* en playa Cucao se entregan en la **Tabla 7**. La modelación de la dinámica poblacional talla-estructurada reveló que el nivel de mortalidad por pesca en el cual se obtiene el máximo rendimiento sostenible alcanza a  $F_{MRS}=1,1$  y el la tasa de mortalidad por pesca precautoria alcanza a  $F_{0,1}=0,35$ , lo que representa una remoción del 26% del stock explotable. El estado actual del banco de machas fue evaluado como sobre-explotado con un nivel de mortalidad por pesca actual superior a  $F_{MRS}$  (Fact=2,35; **Figura 10**).

**Tabla 7.** Parámetros de entrada a la modelación de Thompson & Bell (1934).

ENTRADAS	Parámetro	Valor
<i>Longitud asintótica</i>	Loo	93,400
<i>Constante de crecimiento</i>	K	0,200
<i>edad de longitud cero</i>	to	1,077
<i>Parámetros relación gravimétrica</i>	a	1,513E-04
	b	2,9228
<i>Mortalidad Natural</i>	M	0,260
<i>Mortalidad Total</i>	Z	2,61



**Figura 10.** Determinación de tasas instantáneas de Mortalidad por Pesca para *M. donacium* en playa Cucao.

La cuota total de machas solicitada para Playa Cucao en el año 2012 corresponde a 52.172.771 individuos, que representan **1.168.545 Kg** (**Tabla 8**).

**Tabla 8.** Estimación de cuota de captura de *M. donacium* en playa Cucao para el año 2012.

Lim. Inf L1	Lim. Sup L2	Frecuencia (%)	Abundancia	Captura (Nº)	Peso promedio (g)	Biomasa (Ton)	Captura peso (kg)
40	44,9	0,490	1082930	0	8,67	9,38	0,00
45	49,9	6,124	13536626	0	12,00	162,42	0,00
50	54,9	20,637	45618429	11952566	16,08	733,59	192208,64
55	59,9	38,028	84062446	22025352	20,98	1763,99	462186,27
60	64,9	25,046	55364799	14506230	26,78	1482,72	388489,75
65	69,9	5,940	13130527	3440352	33,54	440,43	115397,26
70	74,9	0,429	947564	248272	41,34	39,17	10263,45
75	79,9	0,000	0	0	50,24	0,00	0,00

<b>TOTALES</b>	<b>199.123.765</b>	<b>52.172.772</b>	<b>4.460</b>	<b>1.168.545</b>
<b>μ(%)</b>	<b>26%</b>			

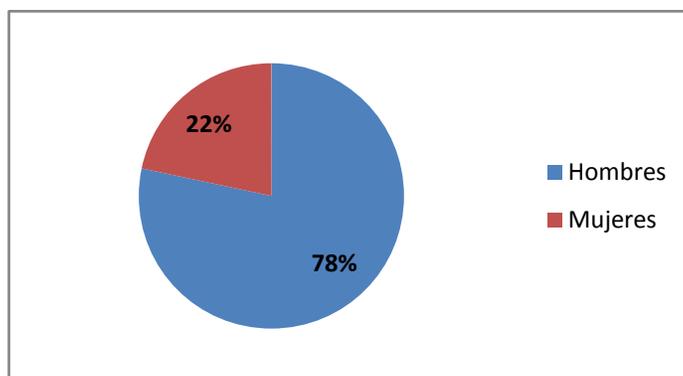
#### 4.4 Resultados operativos del desembarque en la Pesca de Prospección.

Durante el proceso de prospección se realizó la explotación pesquera para obtener datos biológicos-pesqueros que aportan desde la óptica indirecta a la evaluación de los activos productivos del recurso. En esta sección del informe se entregan los resultados obtenidos de la operación de esta captura.

Registros, operación y captura.

La resolución que amparó el proceso, permitía la operación de extracción del recurso, recayendo el control primario de este proceso en Fundación Chiquihue, utilizando para ello, personal permanente ubicado en la localidad de Cucao, quienes fiscalizaron cada despacho de producto en base a un formulario que se adjunta en Anexo. La apertura y operatoria de este proceso, se coordinó previamente con el Servicio Nacional de Pesca oficina Castro y contó con la colaboración de una persona asignada por la Municipalidad de Chonchi en acuerdo con las organizaciones participantes de la demanda del estudio.

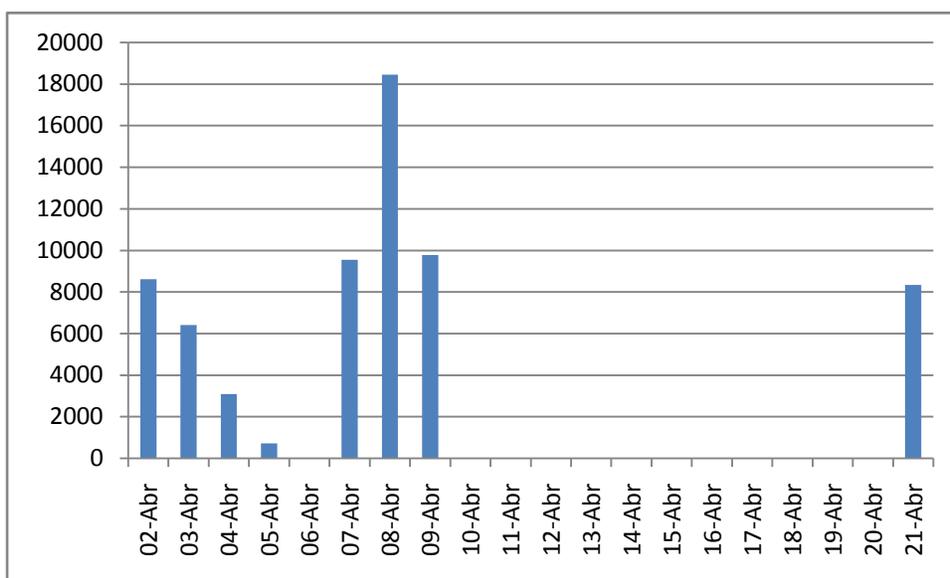
De la extracción participaron un total de 203 pescadores taloneros, de ellos, un 22 % corresponden a mujeres (44). En la Figura N° 3, se muestra la proporción de género de los extractores que operaron efectivamente en el proceso. Se debe indicar además, que de este total de pescadores, hay 33 (16,2 %) que no cuentan con su documentación pesquera al día, situación difícil de corregir al corresponder a usuarios ocasionales que acceden al recurso por oportunidad.



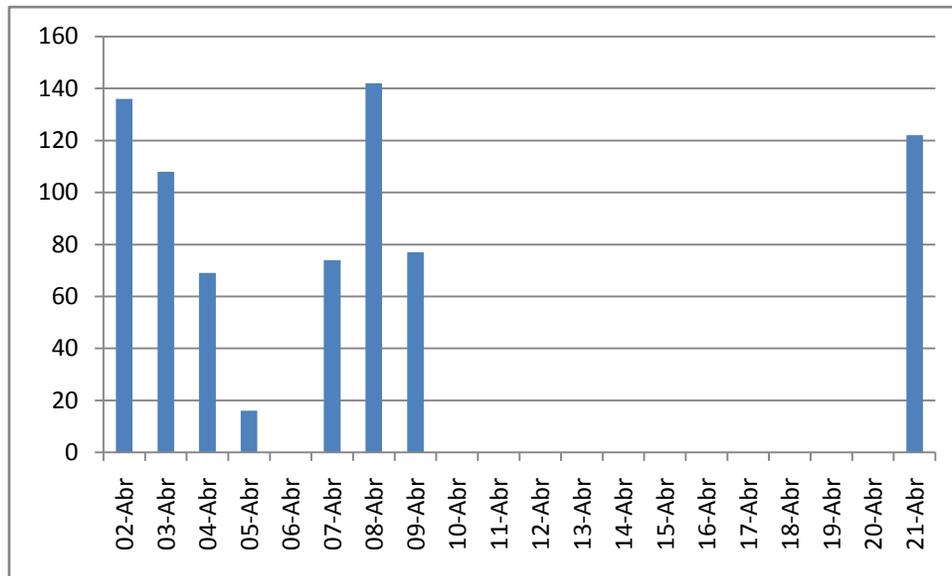
**Figura 11.** Participación porcentual de género en el proceso extractivo de “macha” en Cucao, durante la pesca de investigación que ejecutó Fundación Chiquihue en abril de 2012.

Las labores extractivas se efectuaron en 8 días de trabajo, abriéndose el proceso el día 02 de abril, permaneciendo abierto hasta el día 09. Como en esos 7 días, no se alcanzó el volumen autorizado, se reabrió la extracción el día 21 de abril, para extraer el saldo.

La extracción diaria se grafica en la siguiente figura (Figura N° 4), el día 08 de abril fue el de mayor captura con 18.454 kilos aportados por 142 extractores, siendo también este día, el de mayor esfuerzo con la mayor cantidad de taloneros con extracción efectiva. En la Figura N° 5, se muestra la cantidad de extractores que aplicaron esfuerzo en cada día de los 8 en que se efectuó la extracción.

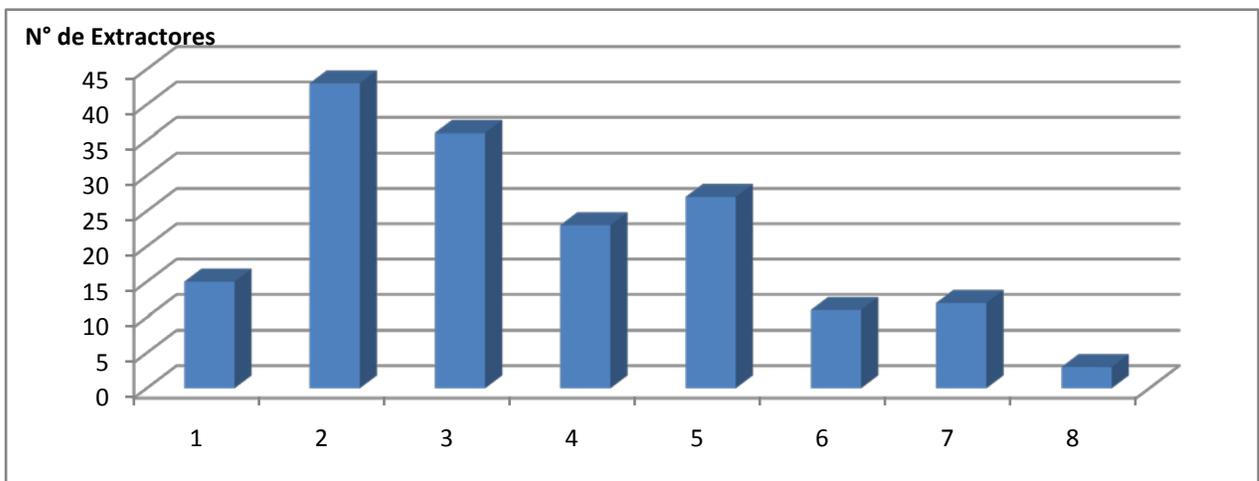


**Figura 12.** Volumen de extracción en kilos diario, durante el proceso de pesca de investigación de “machas” que ejecutó Fundación Chinquihue en abril de 2012 en Cucao.



**Figura 13.** Cantidad en número de pescadores, que operaron cada día, durante el proceso de pesca de investigación de “machas” que ejecutó Fundación Chiquihue en abril de 2012 en Cucao.

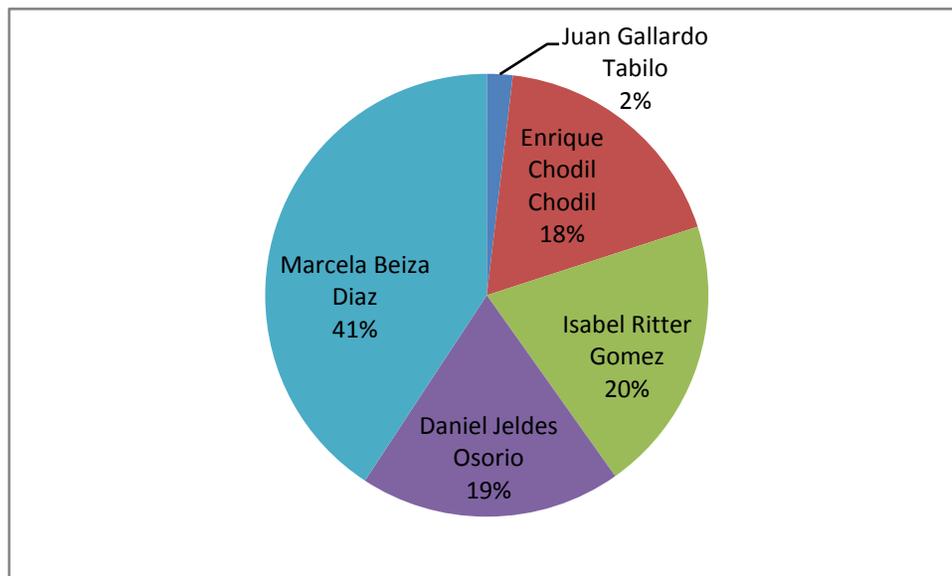
Solo 3 pescadores operaron la totalidad de los días permitidos, la relación de pescadores con los días que ejercieron esfuerzo extractivo con desembarque se muestra en la figura N° 6, resaltando que la mayoría operó 2 días.



**Figura 14.** Distribución del esfuerzo de los pescadores, en cantidad absoluta de días de trabajo con captura efectiva, durante el proceso de pesca de investigación de “machas” que ejecutó Fundación Chiquihue en abril de 2012 en Cucao.

Si analizamos la captura realizada por los 170 taloneros registrados correctamente, tenemos una cifra de captura por unidad de esfuerzo (cpue) de 91 kilos por día de trabajo, si analizamos la cpue de la fracción de taloneros que aplicó esfuerzo en 4 días y más (fracción más constante, que podríamos decir corresponden a pescadores que tienen en este recurso su principal fuente de ingresos), la cifra aumenta a 108 kilos por día.

El producto extraído fue comercializado por 5 intermediarios que operaron de acuerdo a los parámetros establecidos en la presente pesca de investigación. La distribución de participación de estos agentes en base a los kilos por ellos movilizados, se grafica en la figura n° 7.



**Figura 15.** Participación porcentual, en base a los kilos comercializados por cada agente intermediario que operó, durante el proceso de pesca de investigación de “machas” que ejecutó Fundación Chinquihue en abril de 2012 en Cucao.

El volumen total extraído correspondió a 64.957 un 4,8 % en exceso a la cuota asignada, reflejando la dificultad de control en playa y coordinar con el Servicio Nacional de Pesca el cálculo para cerrar a tiempo, la extracción.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Tradicionalmente *M. donacium* ha sido un recurso de gran importancia para el sector pesquero artesanal que ha soportado una fuerte explotación (Defeo et al., 1993), disminuyendo sus capturas en los últimos años, desde 17.122 toneladas en 1989, hasta llegar a un mínimo de 1.249 Ton en el año 2000. Aunque las tendencias de los desembarques posteriores al año 2000 muestran una recuperación paulatina, la condición de la especie aún no permite su explotación intensiva. En efecto, en la Región de Los Lagos actualmente el recurso se extrae bajo el régimen de pesca de investigación (con la asesoría y ejecución de diferentes equipos técnicos) en diferentes bancos de las comunas de Maullín y de Ancud (Matamala et al., 2008).

Las técnicas geoestadísticas surgen como respuesta a la necesidad modelar y estimar la ocurrencia de fenómenos estructurados espacialmente (Isaaks & Srivastava, 1989). Dentro del ámbito pesquero, las principales aplicaciones de la Geoestadística han sido la estimación y delimitación de zonas de pesca (Bez & Rivoirard, 2001), la evaluación de abundancia o biomasa de recursos de importancia comercial (Swain & Morin, 1996; Coumeau *et al.*, 1998; Maynou *et al.*, 1998), algunos acercamientos ecológicos vinculados a identificación de zonas de desove (Petitgas, 1997) y distribución de recursos comerciales por estructura de edades (Roa & Tapia, 2000). En el caso particular de especies bentónicas, la geoestadística ha demostrado ser especialmente útil en el análisis de la distribución en parches, modelación de patrones espacio temporales de comunidades bentónicas y descripción del hábitat (Kalichman, 2001; Arroyo & Mateu, 2004; Pesh et al., 2005; Adams et al., 2008; Pesh et al., 2008).

Los resultados obtenidos en la presente pesca de investigación permiten establecer que el recurso macha en la zona de estudio presentó densidades moderadas a altas (190,6 ind/m<sup>2</sup>) distribuyéndose de manera variable, pero continua en toda la zona evaluada. La estructura de tamaños obtenida resultó fuertemente unimodal (rango modal de 55 a 60 mm) con una fracción explotable superior al 90% de acuerdo a una muestra de 1.633 ejemplares de macha efectivamente medidos.

Zonalmente se observaron diferencias en cuanto a las densidades observadas y en cuanto a la estructura de tamaños, con mayores densidades en las zonas 1 (norte playa Cucao) y 4 (centro-sur playa Cucao) y menores densidades en la zona 5 (sur playa Cucao). Por su parte, la estructura de

tamaños mostró menores tallas asociados a las zonas 4 y 5, donde se observó una mayor presencia de ejemplares de tallas menores a 50 mm (21% y 26%, respectivamente).

Los resultados de la estimación de la abundancia mediante el empleo de interpolación geoestadística revelaron un correcto ajuste entre los datos crudos y la modelación por kriging ordinario, donde el modelo fue capaz de explicar el 82% de la varianza asociada a la distribución espacial observada. De esta manera, se calculó una abundancia total superior a 221 millones de individuos, lo que representó una biomasa total de 4.639 ton.

La cuota de captura calculada mediante el criterio precautorio de  $F_{0,1}$  alcanza a **1.168,5 ton**, cifra que representa el 41% de las capturas regionales y el 29% de las capturas nacionales de macha informadas por Sernapesca durante el año 2010.

Es importante destacar que todo el análisis que se presenta en este documento se ha llevado a cabo sobre la base de criterios estrictamente **precautorios**, tanto en lo relativo a las estimaciones de abundancia, como en los criterios de explotación seleccionados para el cálculo de la cuota de macha solicitada para el año 2012.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, C. F., Harris, B. P., and Stokesbury, K. D. E. 2008. Geostatistical comparison of two independent video surveys of sea scallop abundance in the Elephant Trunk Closed Area, USA. – ICES Journal of Marine Science, 65: 995–1003.

Alarcón E. 1979. El Recurso de Machas (*Mesodesma donacium*, de la IV Región). Depto. Oceanografía Biológica. Informe CIS. U. del Norte, Sede Coquimbo. 53pp.

Ariz, L., G. Jerez, E. Pérez y C. Potocnjak. 1994. Bases para el ordenamiento y desarrollo de las pesquerías artesanales del recurso macha (*Mesodesma donacium*), en Chiloé central. Informe Final. IFOP-NORAD. AGCII. 61 p.

Ariz, L., I. Céspedes, G. Jerez y H. Miranda. 1996. Análisis de la investigación del stock del recurso Macha (*Mesodesma donacium*), en Putú y La Trinchera. VII Región. Informe Final. IFOP-Gob. Regional del Maule. VII Región. 83 p.

Arroyo, A. & J. Mateu, 2004. Spatio-temporal modeling of benthic biological species. Journal of Environmental Management 71: 67–77.

Baranov, F.I. 1918. On the question of the biological basis of fisheries. Nauchnyi Issledovatel'skii Ikhtologicheskii Institut Izvestia 1: 81–128.

Bez, N. & J. Rivoirard. 2001. Transitive geostatistics to characterize spatial aggregations with diffuse limits: an application on mackerel ichthyoplankton. Fisheries Research 50:41-58.

Brey, T., J. Cage. 1997. Interactions of growth and mortality in benthic invertebrate populations: empirical evidence of a mortality-growth continuum. Arch. Fish. Mar. Res.: 45(1) 45-19.

Brown, D. & R. Guerra 1979 Etapas del desarrollo gonadal de la “machas”, *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) en las bahías de Guanaqueros y Tongoy. Informe Final. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad Católica del Norte. 30 pp.

Campusano L. & J. Cepeda. 1979. Estructura de la Comunidad y ecología poblacional de la Macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck, 1818), en la Bahía de Coquimbo. Informe Final. Universidad de Chile y SERPLAC. 150pp.

Carmona, J. 1979. Estudio histológico del ciclo reproductivo de *Mesodesma donacium*. En “Estudio sobre el recurso de machas (*Mesodesma donacium*) en IV Región”. UCN. SERPLAC, IV Región.

Cepeda, J. 1979. Análisis del crecimiento en machas de la Bahía de Coquimbo. En "Estudio sobre el recurso de machas (*Mesodesma donacium*) en IV Región". UCN. SERPLAC, IV Región.

Coumeau, M., G. Conan, F. Maynou, G. Robichaud., J-C Therriault & M. Starr. 1998. Growth, spatial distribution, and abundance of benthic stages of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Bonne Bay, Newfoundland, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55:262-279.

Defeo, O. 1993. The effect of spatial scales in population dynamics and modelling of sedentary fisheries: the yellow clam *Mesodesma mactroides* of an Uruguayan exposed sandy beach. PhD dissertation thesis, Centre de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (México). 98 p.

Fuentes, I. 1988. Desarrollo y morfología externa comparada de larvas y post larvas de *Mesodesma donacium* y *Mulinia* sp. (Bivalvia: Mactracea) cultivadas en laboratorio. Tesis de Pregrado y Título de Biólogo Marino. U. Católica del Norte.

Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*, Oxford University Press, 483 p.

Isaaks, E, R. Srivastava. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University Press, 560 p.

Jaramillo, E., M. Pino, L. Filón and M. González. 1994. Longshore distribution of *Mesodesma donacium* (Bivalvia: Mesodesmatidae) on a sandy beach of the south of Chile. *Veliger* 37: 192-200.

Jones, R. & N.P. van Zalinge. 1981. Estimates of mortality rate and population size for shrimp in Kuwait waters. *Kuwait Bull. Mar. Sci.*, 2: 273-288.

Kalikhman, I. 2001. Patchy distribution fields: sampling distance unit and reconstruction adequacy. – *ICES Journal of Marine Science*, 58: 1184–1194.

Matamala, M., F. Ther, V. Almarza, B. Bello, J, Gutiérrez. 2008. Bases Biológicas para la Administración del Recurso Macha en la X Región. Proyecto FIP 2006-26. Consultora Pupelde. 285 pp.

Maynou, F., F. Sarda & G. Conan. 1998. Assessment of the spatial structure and biomass evaluation of *Nephros norvegicus* (L.) populations in the northwestern Mediterranean by geostatistics. *ICES Journal of Marine Science*, 55:102-120.

Ortiz, M. & W. Stotz. 1996. Distribución de juveniles recientemente asentados de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Mollusca: Bivalvia: Mesodesmatidae) en tres bahías de la cuarta Región: variables físicas y químicas que le caracterizan. *Biol. Pesq.* 25: 27 – 40.

Ortiz, M. 1995. Determinación y caracterización del lugar de asentamiento de juveniles de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Mollusca: Bivalvia: Mesodesmatidae) en tres bahías de la IV Región. Tesis para obtener el título de Biólogo Marino. Universidad Católica del Norte. Coquimbo. Chile. 84 pp.

Pesh R., H. Pehlke & W. Schroeder. 2005. Predictive Benthic Habitat Mapping in the North Sea using GIS and Statistical Methods. *EnvironInfo* 215-219.

Pesh R., H. Pehlke, K. Jerosch, W. Schroeder & M. Schlüter. 2008. Using decision trees to predict benthic communities within and near the German Exclusive Economic Zone (EEZ) of the North Sea. *Environ Monit Assess* 136:313–325

Petitgas, P. 1997. Sole egg distributions in space and time characterised by a geostatistical model and its estimation variance. *ICES Journal of Marine Science*, 54:213-225.

Roa, R., F. Tapia. 2000. Cohorts in space: geostatistical mapping of the age structure of the squat lobster *Pleuroncodes monodon* population off central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 196:239-251.

Rubilar, P., L. Ariz, V. Ojeda, E. Lozada, G. Jerez, C. Osorio & I. Olivares. 2001. Estudio biológico pesquero de la macha en la X Región. Informe final. Fip 2000-17. 242 pp.

Sparre, P., S. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1-Manual. FAO Documento técnico de pesca 306/1. 420 pp.

Stanley, S. 1970. Relation of shell form to life habits of the bivalvia (Mollusca). *Geol. Soc. Amer., Memory* 125.

Swain D., & R. Morin. 1996. Relationships between geographic distribution and abundance of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) in the southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53:106-119.

Tarifeño, E. 1980. Studies on the biology of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Mesodesmatidae) from Chilean sandy beaches. PhD. Tesis University of California. Los Angeles. 123 pp.

Thompson, W.F. y F.H. Bell. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in the intensity upon total yield and yields per unit of gear. Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm., 8: 1-49.