SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

# Dirección General de Investigación Pesquera del Pacífico Norte
# Instituto Nacional de la Pesca

## Prospección espacial y estimación de la abundancia de los bancos de callo de hacha (Atrina spp.) del sur de Sinaloa y norte de Nayarit

**Por**

**Julio Said Palleiro Nayar.- CRIP Ensenada**
**Gabriel Aldana Flores.- DGIPPN**
**Francisco Uribe Osorio.- CRIP Ensenada**
**Rodolfo Beltrán Pimienta.- CRIP Mazatlán**
**Sherman Hernández.- CRIP Cruz de Huanacaxtle**
**Enrique Morales Bojórquez.- DGIPPN**

**Mazatlán, Sinaloa a 30 de julio de 2007.**

# INTRODUCCIÓN

Las principales especies de organismos de callo de hacha distribuidos en el litoral del pacífico mexicano son; Pinna rugosa (hacha larga), Atrina maura (hacha china) y Atrina sp. (hacha negra). La primera se distribuye desde la porción sur del estado de Baja California hasta el sur de Panamá incluyendo el Golfo de California. La segunda, desde Baja California hasta el sur de Perú. La captura de hacha en Baja California Sur, representa aproximadamente el 20 % de la captura a nivel nacional. La extracción es manual por medio de buceo semiautónomo tipo Hooka. El producto que se comercializa es el músculo aductor o callo en estado fresco enhielado, su consumo puede ser local, regional o nacional. Se comercializa principalmente a los estados de Baja California, Sinaloa, Sonora, Jalisco, Nuevo León y la Ciudad de México, D.F. La producción de callo fresco de 1989 a 1994 varió entre 28 y 79 t. Como medidas de regulación se tienen las cuotas de captura derivadas de las evaluaciones del recurso, también, se utilizan tallas mínimas de captura provisionales (TMCP); para el hacha larga (Pinna rugosa) es de 140 mm de ancho (boca) y para el hacha china de 130 mm de ancho. Otra medida de administración del recurso propuesta, es una veda reproductiva del 1 de junio al 30 de septiembre para Baja California Sur. Se sugiere establecer límites al esfuerzo pesquero aplicado, así como, el establecimiento de un programa de ordenamiento y aprovechamiento racional de las poblaciones silvestres (Velez y Fajardo, 1996).

A finales del 2006 fue reportada la presencia de bancos silvestres de hacha en la región del sur de Sinaloa y norte de Nayarit. La demanda del sector pesquero a la autoridad administrativa para regularizar su extracción, fue motivo para que el Instituto Nacional de la Pesca a través de la Dirección General de Investigación Pesquera del Pacifico Norte (DGIPPN), realizara del 16 al 20 de mayo del presente, la prospección de la zona y la evaluación del recurso. El desarrollo de la prospección tuvo una fase de planeación, muestreo y análisis de las zonas donde el recurso se distribuye. Se ubicaron y delimitaron los bancos de mayor abundancia dentro de su rango de extensión. Se estimó la biomasa de callo por banco y se recomendó para cada uno de ellos un esfuerzo de pesca.

## Características del género

El callo de hacha (Atrina spp.), es un moluscos bivalvo de conchas alargadas en forma triangular (más anchas en su parte superior), con colores café claro, grisáceo y negras, con tubulares calcáreos, sus valvas son delgadas y frágiles. Presentan sexos separados, los machos tienen gónadas de color blanco y las hembras de color rosado, se ha reportado su época de desove de junio a octubre en Baja California Sur cuando el agua tiene una temperatura de 28 a 30 °C (Singh et al, 1995). Son organismos filtradores por lo que su dieta la constituyen diatomeas, copépodos y protozoarios. Sus depredadores más importantes son jaibas (Callinectes sp.) y peces como el botete (Sphoeroides sp.) que atacan principalmente a los juveniles.

## OBJETIVO GENERAL

Delimitar y evaluar la población de callo de hacha en los bancos distribuidos en la zona sur de Sinaloa y norte de Nayarit.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Ubicar y delimitar los bancos de hacha presentes en el área de estudio
- Estimar la densidad de organismos presentes en cada banco
- Obtener la estructura de tallas
- Determinar la proporción de machos y hembras
- Estimar la biomasa de callo presente en los diferentes bancos.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió la región sur del estado de Sinaloa y norte de Nayarit ubicada entre las coordenadas 22° 40´ 39” N hasta la coordenada 22° 14¨ 41” N y desde la línea de costa hasta los 105° 56´ 36” W (Fig. 1).

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Densidad y Biometrías**:

Las estaciones de muestreo fueron seleccionados al azar, en total se programaron 35 estaciones de muestreo ubicadas con ayuda de un GPS, marca garmin modelo 48 y un sonar digital, para registrar la profundidad y la temperatura superficial del agua.

En cada estación de muestreo se realizaron 5 transectos de 14m de longitud por 0.50m de ancho. De esta manera, se consideró como unidad de muestreo el área equivalente a 7.5m2. Utilizando equipo de buceo autónomo se contabilizó el número de hachas en cada transecto, así como el tipo de fondo.

De diferentes estaciones de muestreo, se colectaron organismos para la obtención de información biométrica (longitud, ancho de la concha, peso total, peso de callo y sexo). Así mismo, se procedió a tomar muestras masivas de las capturas de los pescadores para conocer la distribución de frecuencias de talla.

Para el análisis de la información se utilizo el Programa BENTOM (MACRO BIREBEN VER. 3.0) elaborado por Enrique Morales Bojórquez, en donde se estimó la densidad y la biomasa de callo de hacha, así como la estructura de tallas con respecto a la biomasa estimada.

**Ubicación y delimitación de bancos de hacha**:
Para la ubicación y delimitación de los bancos de hacha, se procedió con ayuda de la experiencia de los pescadores a recorrer la zona de estudio. El recorrido de la zona se inició saliendo de los lugares conocidos como “boca de Teacapán en Sinaloa” y “la boca de Cuaútla en Nayarit”. El tipo de fondo, profundidad y las observaciones de la presencia de hachas, fue considerado para delimitar los polígonos para cada banco.

**Estimadores de muestreo estratificado**

En la estimación de la abundancia poblacional de hacha Atrina sp, para incrementar la precisión en el estimado de la población, se utilizó una postestratificación de la información por cada unidad de muestreo; esto, se debe a que los datos obtenidos durante la prospección sugirieron que la postestratificación resultaría un criterio más apropiado en el cálculo de los estratos en comparación con el diseño muestral original (Conquest et al., 1996). En esta forma, la postestratificación se realizó utilizando la distribución de frecuencias de la captura en número de organismos por unidad de muestreo y para cada banco dentro del área de estudio (Cochran, 1978). En el método de postestratificación se estimó el número de intervalos (NI) de acuerdo con la regla de Sturges, la expresión tiene la siguiente forma:

$$NI = 1 + (3.3 * \log n) \ldots\ldots (1)$$

Mientras que el tamaño del intervalo (TI) se estimó como sigue:

$$TI = \frac{n\max - n\min}{NI} \ldots\ldots (2)$$

donde: n = número de estaciones de muestreo, nmax = número máximo de organismos capturados por estación, nmin = número mínimo de organismos capturados por estación.

La estimación de la abundancia total de la población en número de individuos, se obtuvo de acuerdo con los estimadores del muestreo aleatorio estatificado (Conquest et al., 1996).

Los estimadores consideran las siguientes suposiciones:

a) La distribución de la especie dentro del área A de la población es constante y de esta forma, la densidad promedio es en todo momento directamente proporcional al tamaño total de A.

b) La población está homogéneamente distribuida en el área A, de esta forma, si se toma una fracción de esta área, su densidad representa una cantidad de individuos por área que es igual a la densidad promedio del total de la población.

c) En todas las inmersiones (comúnmente conocidas como caídas), cualquier organismo tiene la misma probabilidad de captura.

d) La unidad de muestreo es constante en todas las estaciones de muestreo.

De esta forma, los estimadores utilizados se describen a continuación:

Estimador de la media poblacional:

$$\bar{y}_{st} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{L} N_i \bar{y}_i .....(3)$$

Varianza estimada de $\bar{y}_{st}$ :

$$V(\bar{y}_{st}) = \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{L} N^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_i^2}{n_i}\right).....(4)$$

Los límites de confianza ($\alpha$=0.05) para el estimado de la media de la población fueron calculados como sigue:

$$\sqrt{V\left(\bar{y}_{st}\right)} = \sqrt{\frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{L} N^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_i^2}{n_i}\right)}.....(5)$$

Estimador del total de la abundancia poblacional:

$$N\bar{y}_{st} = \sum_{i=1}^{L} N_i \bar{y}_i .....(6)$$

Varianza estimada de $N\bar{y}_{st}$ :

$$V\left(N\bar{y}_{st}\right) = \sum_{i=1}^{L} N_i^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_1^2}{n_i}\right).....(7)$$

Los límites de confianza ($\alpha$= 0.05), para el estimado de la abundancia de la población fueron calculados como sigue:

$$\sqrt{V\left(N\bar{y}_{st}\right)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{L} N_i^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_i^2}{n_i}\right)}.....(8)$$

Donde: N = Número total de unidades muéstrales en la población, $N_i$ = Número de unidades muéstrales en el estrato y, L = Número de estratos, $n_i$ = Número de unidades muéstrales, muestreadas en cada estrato, $\overline{y}_i$ = Promedio por estrato para las i-ésimas observaciones de $n_i$, $s_i^2$ = Varianza por estrato para las i-ésimas observaciones de $n_i$.

A partir del estimador del total de la abundancia poblacional (6), se calculó la biomasa por intervalo de talla de Atrina sp. de acuerdo con la siguiente relación: $BIT = \left(\alpha T^{\beta}\right) * \left(\sum_{i=1}^{L} N_i \overline{y}_i\right) * \Phi_T$. Donde BIT = Biomasa por intervalo de talla, $\alpha$ y $\beta$ = parámetros de ajuste de la relación talla (T) peso, $\left(\sum_{i=1}^{L} N_i \overline{y}_i\right)$ = biomasa expresada en número de organismos, $\Phi_T$ = frecuencia relativa acumulada obtenida a partir del muestreo biológico para cada intervalo de talla (T). En este caso, lo que se obtuvo fue la fracción de organismos correspondientes a la biomasa total estimada en número de organismos, que correspondieron a cada intervalo de talla, ponderado por su valor en peso a su respectivo intervalo de talla. De tal forma que la biomasa total para todos los intervalos de talla se estimaron de acuerdo con lo siguiente $\sum_T BIT$.

**Estimadores con distribución Pennington**

Debido a que los datos de abundancia relativa estimada en las estaciones de muestreos tienen una variancia más alta que su valor promedio, y que la distribución está altamente desviada a la derecha, es necesario estimar la media y la variancia con estimadores de distribución lognormal (McConnaughey y Conquest, 1992; Conquest et al., 1996; Pennington, 1996). El principal problema es el grado de desviación, que es causado por una alta proporción de ceros (o estaciones negativas) comúnmente observados, de tal forma, que las estimaciones de los intervalos de confianza son complicados debido a la asimetría de la distribución (Pennington, 1986). Para la distribución $\Delta$ mostrada por Pennington (1983, 1996) los estimadores insesgados de la media (c) y variancia var (c) son:

$$c\begin{cases} \frac{m}{n}\exp(\overline{y})g_m\left(s^2/2\right), & m>1 \\ \frac{x_1}{n}, & m=1 \\ 0, & m=0 \end{cases} \qquad (9)$$

y

$$d\begin{cases}\frac{m}{n}\exp(2\bar{y})\left\{g_m(2s^2)-\left(\frac{m-1}{n-1}\right)g_m\left(\frac{m-2}{m-1}s^2\right)\right\}, & m>1\\ \frac{x_1}{n}, & m=1\\ 0, & m=0\end{cases} \tag{10}$$

Donde $n$ es el número de unidades muestrales, $m$ es el número de unidades muestrales con valores diferentes de cero (estaciones positivas), $\bar{y}$ y $s^2$ son la media y variancia de los valores diferentes de cero expresados como logaritmos ($\log_e$), $x_i$ es una valor diferente de cero no transformado cuando $m=1$, y $G_m(x)$ es una función de $x$ y $m$ (Pennington 1983, 1986, 1996) expresada como:

$$G_m(x)=1+\frac{m-1}{m}x+\sum_{j=2}^{\infty}\frac{(m-1)^{2j-1}x^j}{m^j(m+1)(m+3)\ldots(m+2j-3)j!} \tag{11}$$

El estimador insesgado de variancia de la media c $(\mathrm{var}_{est}(c))$ está dado por (Folmer y Pennington, 2000):

$$\mathrm{var}_{est}(c)\begin{cases}\frac{m}{n}\exp(2\bar{y})\left\{\frac{m}{n}g_m\left(\frac{s^2}{2}\right)-\left(\frac{m-1}{n-1}\right)g_m\left(\frac{m-2}{m-1}s^2\right)\right\}, & m>1\\ \left(\frac{x_1}{n}\right)^2, & m=1\\ 0, & m=0\end{cases} \tag{12}$$

Cuando $n=m$ , el estimador asume una distribución lognormal (McConnaughey y Conquest, 1992; Lo et al., 1992; Conquest et al., 1996; Smith, 1990; Smith y Gavaris, 1993). Sin embargo, en las estaciones de muestreo esta igualdad no se observó. Una estimación de la abundancia total fue estimada usando una sustitución de los valores de la media y variancia del estimador $\Delta$, en el estimador de muestreo aleatorio estratificado (Folmer y Pennington, 2000).

**Estimadores con distribución Kappenman**

La distribución de Kappenman (Kappenman, 1999; Madrid-Vera et al. 2007) usa todos los valores de $x_i$s para obtener los valores iniciales estimados de los valores esperados del j-ésimo orden estadístico de xn-j+1,…,xn. Si los valores estimados son más grandes

que los valores observados del j-ésimo orden estadístico, entonces el procedimiento termina. De otra forma, hay un segundo paso definido como xn-j+1,…,xn los cuales son remplazados en la muestra por valores esperados, el primer paso se repite y la estimación es revisada y remplazada por los valores estimados del j-ésimo orden estadístico. Este proceso se repite y en cada paso, xn-j+1,…,xn es remplazado por el nuevo j-ésimo valor esperado por los pasos previos.

El procedimiento iterativo es detenido cuando los cambios en el j-ésimo valor esperado es lo suficientemente pequeño. En cada paso del procedimiento, el valor estadístico del n-j-ésimo orden estadístico tiene el mayor papel en obtener los valores de los últimos j-ésimos órdenes estadísticos.

Cada paso en el procedimiento iterativo realiza los siguientes cálculos. Un estimador para el valor esperado de el i-ésimo orden estadístico (I = n-j+1,…,n) es:

$$\hat{E}(x_i) = \exp\left\{\frac{n!}{(n-1)!(i-1)!}\right\}\int_{-\infty}^{\infty} u[G(u)]^{i-1}[1-G(u)]^{i-1} g(u)du \qquad (13)$$

Donde:

$$g(u) = \frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n} \exp^{-\frac{u-y_i}{h}}\left(1-\exp^{-\frac{u-y_i}{n}}\right)^{-2} \qquad (14)$$

$$G(u) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(1+\exp^{-\frac{u-y_i}{h}}\right)^{-1} \qquad (15)$$

Y yi = ln xi, para i = 1,…,n. El número h en las ecuaciones 14 y 15 es el valor de h que maximiza.

$$\sum_{i=1}^{n-j} \ln g_i(y_i) + j\ln\left[1-G_{n-j}(y_{n-j})\right] \qquad (16)$$

Donde:

$$g_i(y_i) = \frac{1}{h(n-1)}\sum_{k=1,k\neq i}^{n} \exp^{-\frac{y_i-y_k}{h}}\left(1-\exp^{-\frac{y_i-y_k}{h}}\right)^{-2} \qquad (17)$$

Y

$$g_{n-j}(y_{n-j}) = \frac{1}{(n-1)}\sum_{k=1,k\neq i}^{n}\left(1+\exp^{-\frac{y_n-j-y_k}{h}}\right)^{-2} \qquad (18)$$

La integración numérica debe ser usada para evaluar la ecuación integral número 13.

El proceso iterativo para estimar la distribución es:

$$m_1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{N} x_i \qquad (19)$$

Calculando $E(x_{n-j+1}),\ldots,E(x_n)$, donde $E(x_n)$, por $i = n - j + 1$,…, n, está dada por la ecuación 11.

Calculando:

$$m_2 = \frac{1}{2}\left[\sum_{i=1}^{n-j} x_i + \sum_{k=1}^{j} E(x_{n-k+1})\right] \quad (20)$$

Si m1-m2 es más pequeño o negativo entonces se debe ir al paso e). De otra manera, remplace $x_{n-j+1,\ldots,x_n}$ con $E(x_{n-j+1}),\ldots,E(x_n)$. Si m1=m2, entonces usar ecuación 20). Si m1-m2 es negativo, la media de la distribución estimada es m1. De otra forma es m2.

**Estimación de biomasa disponible**

La estimación de biomasa disponible se realizó considerando no ejercer presión de pesca sobre los organismos menores a la talla mínima legal, la cual fue determinada a partir de los 140 mm de ancho de concha, de acuerdo al criterio establecido por Vélez y Fajardo (1996). Para la fracción de organismos que se encontraban por encima de la talla mínima legal, se les aplicó una tasa de extracción del 20%. Los valores de la biomasa en términos del músculo abductor(callo) fueron estimados a partir de la relación talla (ancho de la concha en mm) peso del músculo abductor (callo en gr).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los puntos de muestreo por tipo de fondo, profundidad y presencia de hachas, permitieron delimitar el área de los polígonos. Las estaciones de muestreo (10 en total) ubicados al Norte de la boca de Teacapán, específicamente en el área comprendida desde la latitud 22°40´39´´N hasta la latitud 22°31´05´´N, se caracterizaron por la nula presencia de hachas. La profundidad promedio fue de 21.2mts con rangos de 16.6 a 24.4mts.El tipo de fondo se caracterizó por presentar un sustrato muy duro compuesto por grava y arena fina, condición no apta para la fijación y desarrollo de estos organismos.

El resto de los 25 puntos de muestreo se distribuyeron aleatoriamente en el área comprendida entre el sur de la boca de Teacapán y el norte de la boca de Cuautla. La información obtenida en estos puntos de muestreo de presencia de hachas así como el tipo de fondo y profundidad, fue factor determinante para dividir el área en dos bancos con características de densidades de hachas completamente diferentes, a saber el banco norte y banco sur.

En el banco norte, cuyo polígono fue delimitado por las coordenadas (223054N; 1054957W,223010N;1055020W,222531N;1054701W,222343N;1054629W y 222454N;1054706W), se seleccionaron 11 estaciones de muestreo, tomándose un total

de 55 unidades de muestreo de 7.5 $m^2$.c/u. La profundidad promedio fue de 21.4mts.,con rangos de 19 a 26mts. El tipo de sustrato presente en esta área, fue de tipo lodoso y fino adecuado para la fijación del organismo.
Con respecto al banco sur, su polígono fue delimitado por las coordenadas (222332N;1054611W,221747N;1054545W,221639N;1054445W y 221441N;1054415W), de este, se seleccionaron 14 estaciones de muestreo, tomándose un total de 70 unidades de muestreo de 7.5 $m^2$.c/u. La profundidad promedio fue de 20.1mts., con rangos de 17 a 24mts. En esta zona el tipo de sustrato es muy similar a lo encontrado en el banco norte, sin embargo, las estaciones de muestreo que fueron ubicadas más cerca del punto de la "boca de Cuautla", presentaron fondos más duros y con poca abundancia de hachas (Fig.2).

El número máximo de organismos encontrados respectivamente para el banco norte y banco sur fueron de 32 y 19 organismos por unidad de muestreo, reportando como mínimo en ambos bancos densidades de cero organismos. El banco norte mostró mayor abundancia con respecto al banco sur con valores modales respectivos de 5 y 0 organismos por unidad de muestreo.

Se registraron los datos biométricos de 139 y 196 ejemplares de hacha para el banco norte y el banco sur, respectivamente (anexo 1). Con respecto a la estructura de talla, el banco norte mostró una talla promedio de 29.3 cm de longitud total con intervalo entre 16.5 y 32.5 cm de longitud total, se observó un peso promedio de 305 gr con una variación entre 140 y 612 gr; los parámetros de la relación talla peso fueron estimados en $\alpha$= 0.11 y $\beta$ = 1.49. La proporción de sexos fue de 47.1% machos y 52.9% hembras. El banco sur mostró una talla promedio de longitud total de 25.2 cm con un intervalo de variación entre 22 y 30.0 cm de longitud total; la variación en peso total fue de 192 a 600 gr con valor promedio de 397.2 gr; los parámetros de la relación talla peso fueron estimados en $\alpha$ = 0.163 y $\beta$ = 2.37. La proporción de sexos fue de 47.4% machos y 52.5% hembras. (Datos de estadísticas biológicas en el Anexo I).

Las estimaciones obtenidas de densidad media para el banco norte, fue de 11.55 organismos por cada 7.5 $m^2$ con $\sigma^2$ = 1.27, error de la media de 1.13. La estimación de la abundancia poblacional expresado como número de organismos es de 59,137,192 individuos con límite del error para la abundancia de 5,117,641 organismos. De esta forma, la densidad estimada es de 11.55 individuos con intervalo entre 10.42 a 12.68 ($P < 0.05$). Mientras que la abundancia poblacional fue de 59,137,192 organismos con intervalo de 17,662,263 y 20,537,766 ($P<0.05$). La estimación por intervalo de talla se observa en la fig. 4, donde la talla de 24 cm de longitud total mostró la abundancia más grande de todo el intervalo, con abundancia promedio de 8,688,817 organismos y variación entre 7,936,443 y 9,440,190 ($P<0.05$). La biomasa expresada en toneladas por intervalo de talla se observa en la tabla 1. La estimación de densidad media obtenida con el método de Pennington fue de 12.61 organismos con error estándar de 1.93 y $\sigma^2$ = 0.85, mientras que el estimador de distribución Kappenman mostró una evaluación de la densidad media de 12.23 organismos, en este caso se eliminaron 3 estaciones negativas o con cero presencia de densidad, lo cual permite determinar que

la abundancia y densidad de la especie es más alta en la región del banco norte con respecto al banco sur.

Para el banco sur, la densidad media fue de 2.44 organismos por cada 7.5 $m^2$ con una $\sigma^2$ = 0.36 y error de la media de 0.60. La estimación de la abundancia poblacional expresado como número de organismos fue de 11,212,653 individuos con límite del error para la abundancia de 433,273 organismos. De esta forma, la densidad estimada es de 2.44 individuos con intervalo entre 1.84 a 3.04 ($P < 0.05$). Mientras que la abundancia poblacional fue de 11,212,653 organismos con intervalo de 10,779,380 y 11,645,927 ($P<0.05$). La estimación por intervalo de talla se observa en la fig. 3, donde la talla de 26 cm de longitud total mostró la abundancia más grande de todo el intervalo, con abundancia promedio de 2,848,841 organismos y variación entre 2,738,758 y 2,958,924 ($P<0.05$). La estimación de densidad media obtenida con el método de Pennington fue de 2.44 organismos con error estándar de 0.45 y $\sigma^2$ = 0.78, mientras que el estimador de distribución Kappenman mostró una evaluación de la densidad media de 4.17 organismos, en este caso no hay estimados de la precisión ya que el método no los evalúa, y debe considerase que se trabajó sobre la selección de estaciones positivas, lo cual es una condición del estimador, de esta forma se eliminaron 29 estaciones negativas o con nula presencia de densidad, lo cual influyó en la estimación de la media. La biomasa expresada en toneladas por intervalo de talla se muestra en la tabla 2.

Los resultados sugieren que adoptando la tasa de explotación del 20%, para los organismos que es encuentran arriba de la talla de 140 mm de ancho de concha, el banco norte tiene una biomasa explotable de 337 toneladas de callo, mientras que el banco sur tiene 109 toneladas de callo disponibles. Las tablas 1 y 2 muestran las biomasas totales por intervalo de talla, en ambos casos se muestran tallas superiores a la talla mínima de captura sugerida. La relación ancho de la concha vs peso de músculo abductor(callo) mostró los siguientes resultados $\alpha$ = 5.62 E-6 y $\beta$ = 3.11. Esta relación se utilizó para estimar los valores de biomasa disponible a la pesca.

## DISCUSIÓN

Los resultados permitieron observar que el banco sur tiene densidades bajas con respecto al banco norte. Este último mostró que la abundancia de 59 millones de individuos es superior a los 11 millones estimados para el banco sur. El descubrimiento de estos bancos y la valoración de su abundancia poblacional, hace suponer que la condición de los bancos es cercana a indicar densidades de equilibrio, ya que de momento los patrones de explotación pesquera no se han intensificado. Aunque existe una mortalidad por pesca que no se ha determinado, se considera necesaria la implementación del uso de la talla mínima legal de 140 mm de ancho de concha, la cual debe ser corroborada para esta especie dentro de la región de explotación.

La adecuada estrategia de manejo de este recurso, debe tomar como experiencia la caída de pesquerías similares. Se deben de poner en practica medidas de manejo que permitan mantener una sustentabilidad del recurso (Guzmán del Próo, 1992; Hammann

et al., 1995). Deben considerarse también aspectos relacionados con la posibilidad de una estructura metapoblacional, es decir, la existencia de stocks continuos donde exista la posibilidad de una deriva génica (Hui y Li, 2004), en cualquier caso, se debe considerar la importancia de evitar un patrón de sobre pesca que lleve a las poblaciones hacia mecanismos no compensatorios que hagan insuficiente el éxito reproductivo (Liermann y Hilborn. 2001). Se deben cuidar los indicadores de abundancia relativa, e incluso aquellos relacionados con la tendencia de las capturas globales, ya que ellas a su vez, pueden ser un índice grueso de las tendencias de la poblaciones (Musick, 1999; Mullon et al., 2005).

Así mismo, se debe valorar a través del tiempo el hecho de que las poblaciones cambian su patrón de distribución, y a su vez tenga influencia en la forma en que las estimaciones de densidad promedio y abundancia total proveen resultados, que se orienten hacia el manejo, lo cual, puede obligar a valorar el mejor estimador basado en datos de campo (Pennington y Stromme, 1998). En todo caso, este trabajo reporta los índices promedio de densidad por cada banco, previo a la apertura de una pesca comercial explícita, se recomienda que, este índice de abundancia se siga midiendo a través del tiempo, y en el caso de existir nuevos bancos que se puedan distinguir con claridad de los ya identificados, se deberá proceder a la valoración de la nueva área, evitando aproximaciones empíricas sobre la base del conocimiento de bancos y zonas previas. La talla mínima de captura debe mantenerse obligatoria y ser verificada, así como dar seguimiento al estimado de la tasa de explotación recomendada. La evaluación de los riesgos que se toman con estas medidas iniciales de manejo, asociado a la autorización de bajos niveles de esfuerzo de pesca, podrían garantizar una pesquería en el largo plazo (Hilborn et al., 2001). Con este propósito se recomienda un esfuerzo pesquero en el banco norte de 40 embarcaciones menores, y en el banco sur de 15 embarcaciones menores.

## CONCLUSIONES

El banco sur presentó menor densidad (2.44 organismos) por unidad de muestreo que el banco norte (11.5 organismos).

La talla mínima de captura para la especie debe ser adaptada en 140 mm de ancho de concha, la cual debe ser corroborada.

Se debe pescar con una tasa de extracción del 20%, la cual es aplicable a los organismos que se encuentran por arriba de la talla mínima legal sugerida de 140 mm de ancho de concha.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda mantener la talla mínima de captura de 140 mm de ancho de concha.

Mantener una extracción de 337 toneladas de callo en el banco norte y de 109 toneladas de callo en el banco sur.

El esfuerzo pesquero en el banco norte no deberá ser mayor de 40 embarcaciones menores, y en la zona correspondiente al banco sur no deberá ser mayor de 15 embarcaciones menores. Lo cual, le confiere un obligado enfoque precautorio al manejo del recurso.

Se recomienda ofrecer cursos de buceo comercial a los pescadores que trabajaran en la extracción de callo, ya que la mayoría de las áreas de captura se localizan a una profundidad de 17 a 22 m y pueden presentar problemas de saturación de nitrógeno en la sangre al permanecer por varias horas en el fondo y no realizar las paradas de descompresión adecuadas.

## LITERATURA CITADA


Cochran, W.G., 1978. Técnicas de muestreo. CECSA. 7a. Ed. 507 p.

Conquest, L., R. Burr, R. Donnelly, J. Chavarria & V. Gallucci., 1996. Sampling methods for stock assessment for small - scale fisheries in developing countries pp. 179-225. En: V. Gallucci, S. Saila, D. J. Gustafson and B. Rothschild (Eds). Stock Assessmet Quantitative Methodss and Applications for small - scale Fisheries. CRC Press Inc.

Folmer, O. & M. Pennington. 2000. A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp trawl survey off West Greenland. Fish. Res. 49:165-178.

Guzmán del Próo, S.A., 1992. A review of the biology of abalone and its fishery in Mexico. In: Shepherd, S. A., M. J. Tegner & S. A. Guzmán del Próo, editors. Abalone of the world: biology, fisheries and culture. Oxford: Blackwell. pp. 341-360.

Hammann, M. G., J. S. Palleiro & O. Sosa. 1995. The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, Mexico. CalCOFI Rep. 36:127-133.

Hilborn, R., J. J. Maguire, A. Parma & A. Rosenberg. 2001. The precautionary approach and risk management: can they increase the probability of successes in fishery management?. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58:99-107.

Hui, C. & Z. Li. 2004. Distribution patterns of metapopulation determined by Allee effects. Pop. Ecol. 46:55-63.

Kappenman, R.F., 1999. Trawl survey based abundance estimation using data sets with unusually large catches. ICES J. Mar. Sci. 56,28-35.

Liermann, M. & R. Hilborn. 2001. Depensation: evidence, models and implications. Fish Fish. 2:33-58.

Lo, N. C. H., L. D. Jacobson & J. L. Squire. 1992. Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49:2515-2526.

Madrid-Vera, J., F. Amezcua & E. Morales-Bojórquez. 2007. An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp-trawl fishery. Fish. Res. 83:81-89.

McConnaughey, R. A. & L. L. Conquest. 1992. Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory. Fish. Bull. 91:107-118.

Mullon, C., P. Fréon & P. Cury. 2005. The dynamics of collapse in world fisheries. Fish Fish. 6:111-120. |

Musick, J. A., 1999. Criteria to define extinction risk in marine fishes. Fisheries. 24:6-14.

Pennington, M. 1983. Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. Biometrics. 39:281-286.

Pennington, M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. 84:519-525.

Pennington, M. 1996. Estimating the mean and variance from highly skewed marine data. Fish. Bull.. 94:498-505.

Pennington, M. & Stromme, T. 1998. Surveys as a research tool for managing dynamics stocks. Fish. Res. 37:97-106.

Sing J., Velez, J. A. & Ma. Fajardo. 1995. Aspectos biológicos del callo de hacha Pinna rugosa en Bahía Concepción BCS. Documento Interno CRIP La Paz. INP.

Smith, S. J. 1990. Use of statistical models for the estimation of abundance from groundfish trawl survey data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:894-903.

Smith, S. J. & S. Gavaris. 1993. Improving the precision of abundance estimates of eastern Scotian Shelf Atlantic cod from bottom trawl surveys. N. Amer. J. Fish. Manag. 13:35-47 .

Velez, J. A. & Ma. Fajardo, 1996. Pesquería de Callo de Hacha. Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Editado SEMARNAP y Gob. BCS.

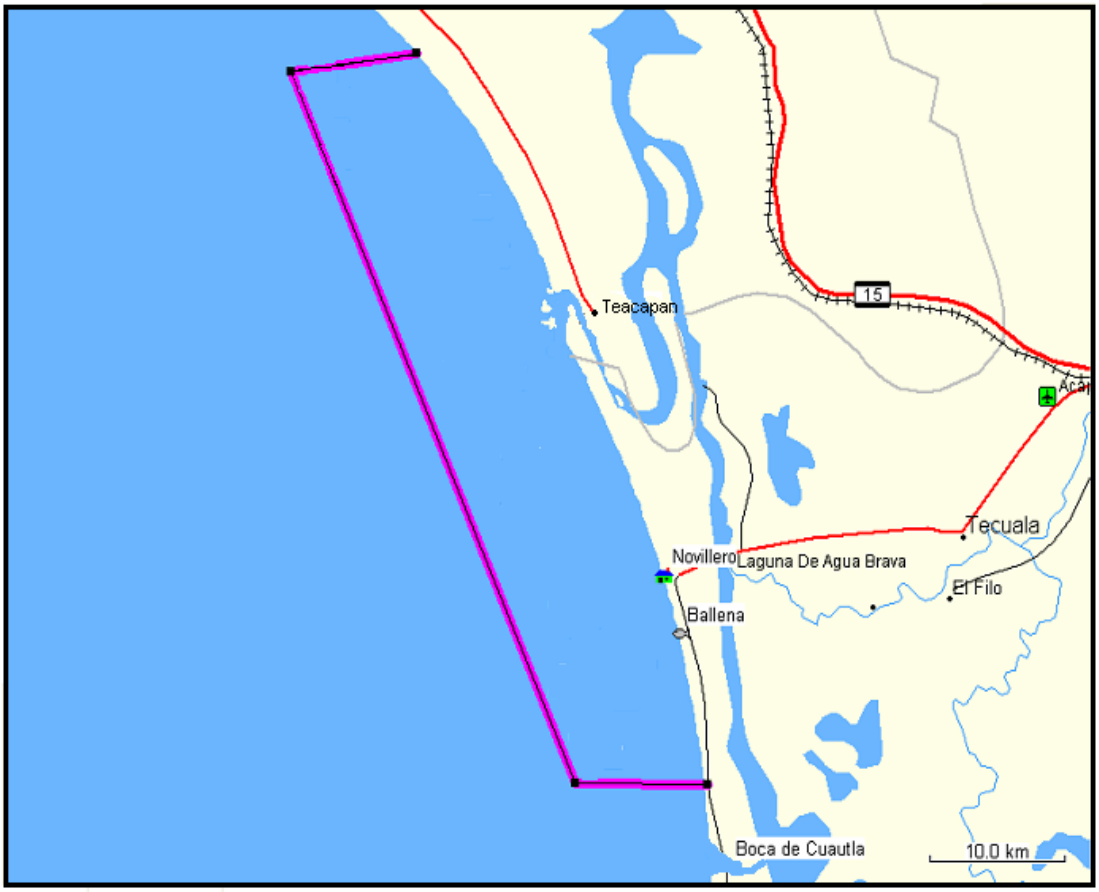


Figura 1.- Área de prospección de hacha (*Atrina sp)* en el sur de Sinaloa y norte de Nayarit (INP-mayo del 2007).

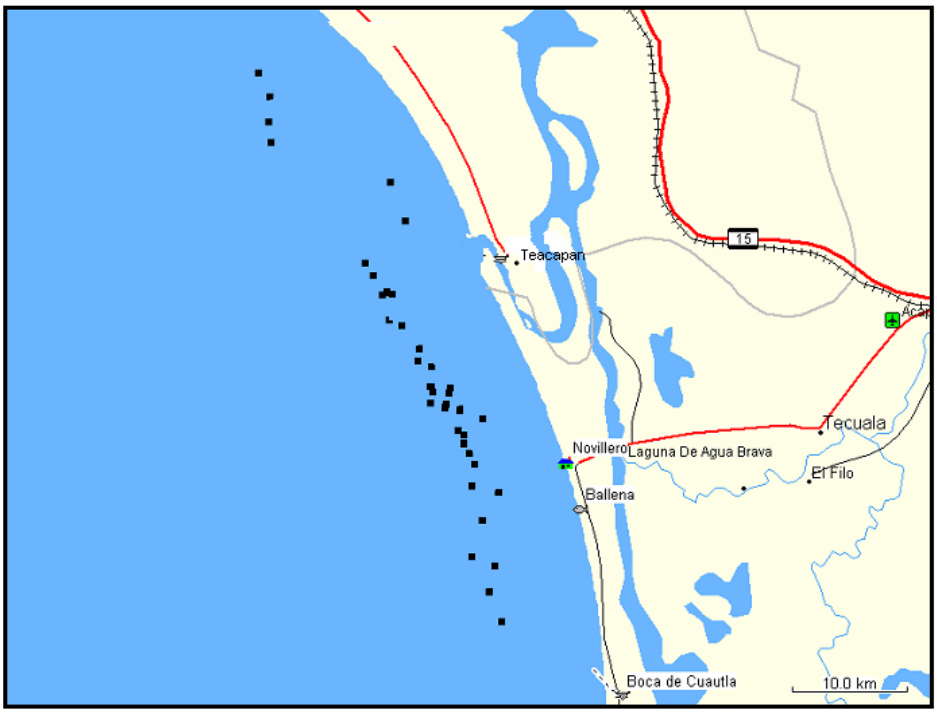


Figura 2a.- Red de estaciones prospectadas en el sur de Sinaloa y Nayarit

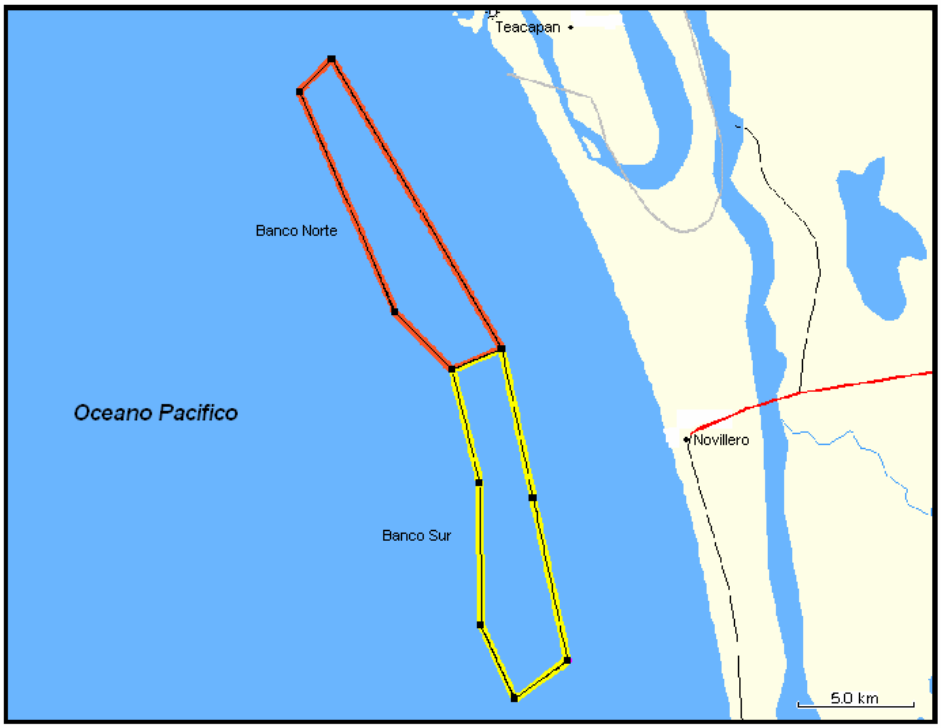


Figura 2b.- Delimitación de polígonos para los bancos norte y sur (INP-mayo de 2007).

Tabla 1.- Estimaciones de biomasa en toneladas para la el banco norte. La biomasa está expresada para el peso total del organismo.

| Talla (cm) | Límite Inferior | Media | Límite Superior |
|---|---|---|---|
| 18 | 64 | 70 | 76 |
| 20 | 163 | 179 | 194 |
| 22 | 2,562 | 2,805 | 3,048 |
| 24 | 7,936 | 8,688 | 9,440 |
| 26 | 4,874 | 5,336 | 5,798 |
| 28 | 1,453 | 1,590 | 1,728 |
| 30 | 214 | 234 | 254 |

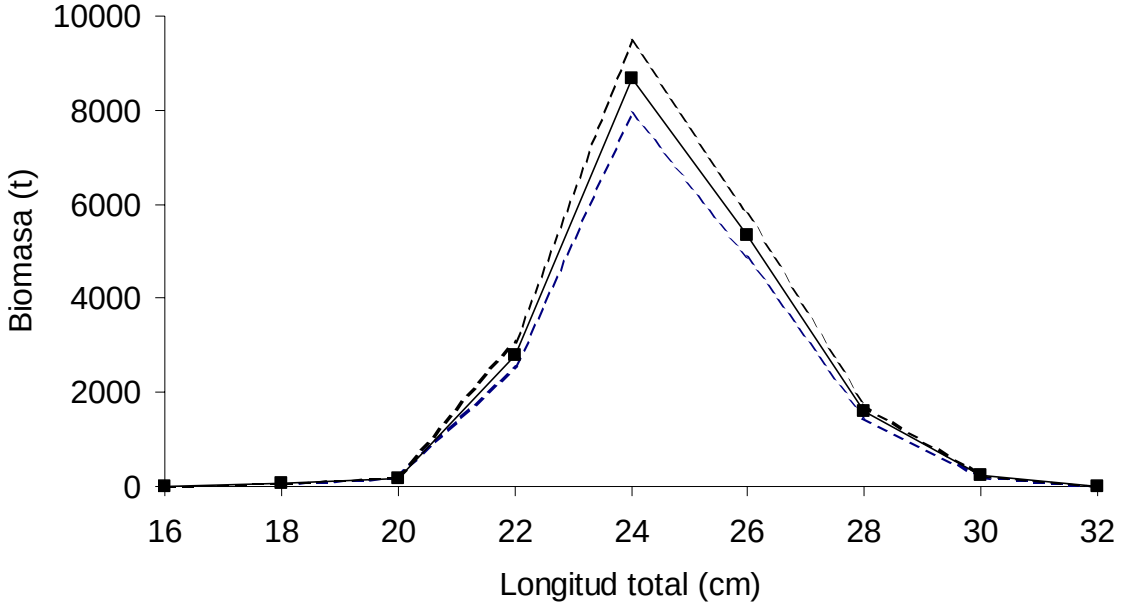


Figura 4.- Variación en la biomasa (t) de callo de hacha por intervalo de talla en el banco norte (INP-mayo del 2007).

Tabla 2.- Estimaciones de biomasa en toneladas para la el banco sur. La biomasa está expresada para el peso total del organismo.

| Talla (cm) | Límite Inferior | Media | Límite Superior |
|---|---|---|---|
| 22 | 18 | 18 | 19 |
| 24 | 703 | 731 | 759 |
| 26 | 2,739 | 2,849 | 2,959 |
| 28 | 885 | 921 | 956 |
| 30 | 84 | 88 | 91 |

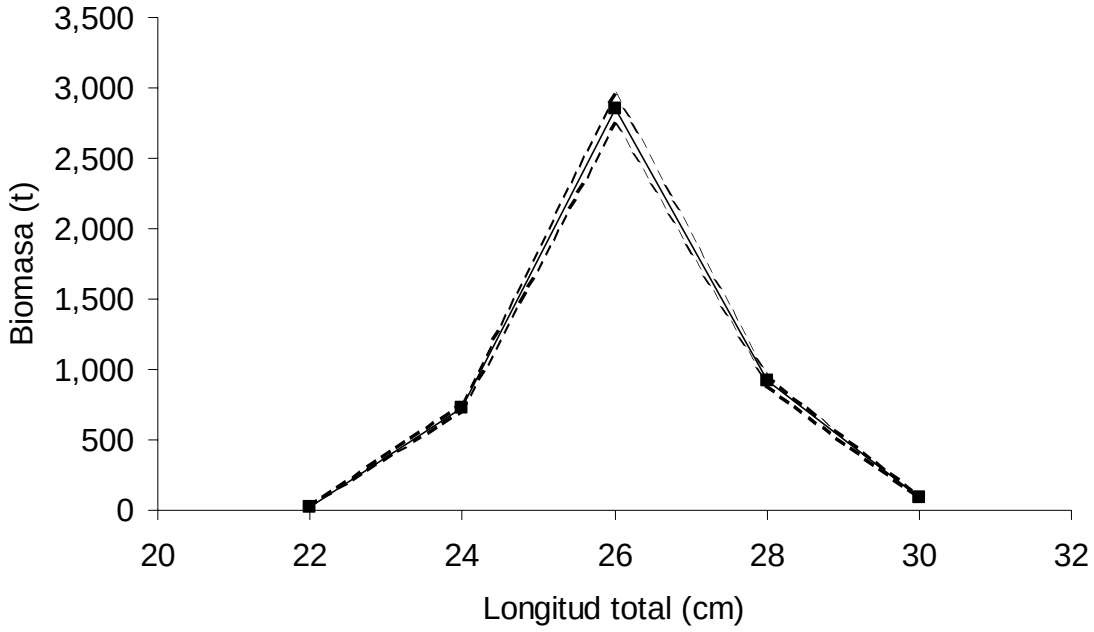


Figura 3.- Variación en la biomasa (t) de callo de hacha por intervalo de talla en el banco sur (INP- mayo del 2007).

## Anexo I

## MUESTRAS BIOLOGICAS
## ESTADISTICA DESCRIPTIVA
## (INP- mayo del 2007)

| | Banco norte | Banco sur |
|---|---|---|
| Sexo | (%) | (%) |
| Machos | 47.1 | 47.45 |
| Hembras | 52.9 | 52.55 |
| | | |

| **Banco Norte** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| # de hachas | Longitud | Ancho | P. total | P. callo |
| 139 | (cm) | (cm) | (gr) | (gr) |
| Promedio | 29.2 | 15.8 | 305.38 | 35.16 |
| Desv est | 8.4 | 4.9 | 84.89 | 12.77 |

| **Banco Sur** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| # de hachas | Longitud | Ancho | P. total | P. callo |
| 196 | (cm) | (cm) | (gr) | (gr) |
| Promedio | 25.2 | 15.9 | 397.27 | 47.85 |
| Desv est | 1.3 | 1.0 | 66.05 | 9.20 |