

ESTIMACIONES DE FECUNDIDAD EN *Haliotis rufescens* DE EL BAJO, BAHIA ROSARIO, BAJA CALIFORNIA

Javier Molina Martínez*

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre determinaciones de madurez gonadal y estimaciones de fecundidad en abulón rojo (*Haliotis rufescens*) durante el ciclo reproductivo 1979-1980, en un banco abulonero denominado "El Bajo", ubicado en Bahía Rosario, Baja California, México.

Se estimó la frecuencia relativa de estadios de madurez gonadal de la población y los cambios de ésta con el tiempo. Se determinó el momento de la actividad gonádica y el de la emisión de gametos. Se estimó la fecundidad absoluta y relativa, con respecto a longitud y peso de los individuos.

SUMMARY

This work deals about gonadal maturity and fecundity in red abalone (*Haliotis rufescens*) during the reproduction cycle on 1979-1980, in an abalone bank called "El Bajo" in Bahía Rosario, Baja California, Mexico.

The relative frequency of the gonadal maturity stages and its changes were estimated. The gonadal activity and the spawning were determined. Also the total and relative fecundity in relation with length and weight were estimated.

INTRODUCCION

Las investigaciones sobre el género *Haliotis* de la costa de Baja California son importantes debido a que este molusco ha constituido tradicionalmente una gran proporción en las capturas mundiales de las especies afines.

En 1975, de las 15,004 tons. capturadas mundialmente, 6,407 (42.7%) correspondieron a la costa bajacaliforniana. Posteriormente, la producción mundial disminuyó y en 1980 de las 10,423 tons. capturadas, 2,795 (26.8%) provinieron de B.C. (Anuario estadístico de capturas, F.A.O., 1980).

El abulón rojo (*Haliotis rufescens*), que tiene sus principales áreas de captura en las costas de Baja California (Méx.) y California (E.U.A.), en 1979 ocupó el cuarto lugar en las capturas de México (Molina y López, 1979) y en 1980 el segundo lugar en las capturas de la porción noroccidental de la península (Molina, inédito).

No obstante que la pesca excesiva y otros problemas han reducido su número en gran medida, es la especie que más se emplea en la experimentación de cultivos y en las siembras comerciales por su resistencia, rápido crecimiento y alto precio en el mercado de alimentos.

Lo anterior plantea la necesidad de un mayor conocimiento de la dinámica poblacional de este recurso, que permita la mejor regulación de su captura, y planificar su cultivo y repoblación para fines comerciales y alimentarios.

La importancia de estimar la fecundidad, entendida como "el número total de elementos sexuales presentes en la gónada, inmediatamente antes de la expulsión de los mismos", se debe a que en los estudios poblacionales, la formación de gametos es frecuentemente no considerada y es común usar definiciones de producción que sólo toman en cuenta el crecimiento somático.

Además, el conocimiento del esfuerzo reproductivo (la proporción de la energía total que se utiliza en el proceso reproductivo) (Thompson, 1979), plantea la necesidad de las determinaciones de fecundidad, que al integrarse con los datos de crecimiento, permiten dividir la producción en sus dos componentes: el crecimiento somático y el esfuerzo reproductivo. Las estimaciones de fecundidad son entonces fundamentales en los estudios de productividad.

Así también, la fecundidad representa el mecanismo de autorregulación del crecimiento de

* Centro de Investigación
Pesquera en Ensenada
Programa Abulón/Langosta

las poblaciones (Nikolsky, 1969) y sus estimaciones, junto con el conocimiento de la estructura de las poblaciones, permiten la evaluación de éstas (Bagenal, 1968).

ANTECEDENTES

En la literatura científica existe una vasta información sobre los ciclos reproductivos de las diversas especies del género *Haliotis* sin embargo, pocos investigadores han abordado el tema de la fecundidad y estando la distribución del abulón rojo (*Haliotis rufescens*) confinada a las costas de California (E.U.A.) y Baja California (Méx.), los antecedentes encontrados sobre fecundidad en esta especie se reducen al trabajo realizado por Giorgi y DeMartini (1977), en las áreas de Point Cabrillo y Van Dame State Parck, cerca de Mendocino, California, E.U.A.

En ese trabajo, los valores de fecundidad en hembras de abulón rojo, van de 0.6×10^6 en individuos de 134 a 198.5 mm de longitud y de 296.9 a 1066.1 gr de peso. Además presentan información sobre los meses de desove.

Una investigación sobre fecundidad en abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) de las áreas de Punta Abreojos e Isla de Cedros, B.C., está referida en el trabajo de Doi *et al.* (1977), en el que menciona que "las cifras sobre fecundidad se asumieron en su mayor parte, pero orientadas sin embargo, por las primeras estimaciones de este parámetro, obtenidas por Ortiz *et al.* (inédito)".

Para el área de Punta Abreojos, los valores de fecundidad en machos y hembras van de 2×10^6 en los individuos de 117 mm de longitud y 284 gr de peso a los 4 años de edad, hasta $>7 \times 10^6$ en los que miden de 160 a 162 mm y pesan de 721 a 800 gr, entre los 10 y 20 años de edad, con un incremento de 1×10^6 por año.

Para el área de Isla de Cedros, los valores van de 3×10^6 en los individuos de 119 mm de longitud y 333 gr de peso a los 5 años de edad, hasta 7×10^6 en los que miden de 165 a 178 mm y pesan de 782 a 1350 gr entre los 10 y 20 años de edad, con incrementos de 1×10^6 por año.

OBJETIVOS

Con este trabajo se pretende contribuir al conocimiento de la dinámica poblacional de *Haliotis rufescens* determinando el momento de la maduración gonadal, el de la emisión y fusión de gametos (fecundación) y, esencialmente, estimando su fecundidad como indicador de su potencialidad reproductiva.

DISTRIBUCION

Geográficamente, *Haliotis rufescens* se encuentra restringido a las costas de Oregon y California en E.U.A. y de Baja California en México, desde Sunset Bay hasta Bahía Tortugas, islas adyacentes y algunos trasplantes en Isla Santa Catalina y Juan de Fuca en Washington (Cox, 1960).

Su máxima abundancia se presenta entre los 6 y 20 mts de profundidad, aunque se le puede encontrar desde la línea de baja mar hasta los 180 mts de profundidad (Cox, 1960).

Su hábitat son los sustratos rocosos de aguas subárticas y templadas, con preferencia por los lugares expuestos a fuerte acción del oleaje y las corrientes, como puntas costeras, bajos, promontorios y farallones.

METODOS Y MATERIALES

Para la localización del área de muestreo, se consideró que el lugar debía ser en cada ocasión el mismo y éste, lo más limitado posible, a fin de que los cambios que se observaran en función del tiempo fueran bajo las mismas condiciones ecóticas y los mismos factores ambientales. También se consideró que la ocurrencia de esta especie debía ser permanente y accesible durante todo el año, ya que algunos bancos abuloneros son cubiertos por arena depositada durante períodos de tiempo más o menos largos. Estas condiciones permitieron obtener de manera continua además de los ejemplares necesarios para este trabajo, información útil para otro tipo de estudios.

Se utilizó la valiosa experiencia y colaboración de los directivos y pescadores cooperativistas de la zona, para la localización del área de muestreo y la captura de ejemplares, a través de diferentes pesquerías que tienen lugar en el área de estudio durante todo o la mayor parte del año.

Los muestreos se programaron estacionalmente, con más frecuencia e intensidad en los meses en que se observara mayor desarrollo gonádico, con la finalidad de lograr un muestreo amplio lo más inmediatamente posible antes del desove.

Se practicó un reconocimiento en Bahía Rosario, B.C. Se observaron algunos bancos abuloneros y se colectaron muestras de *Haliotis rufescens* para efectuar pruebas de fijación y ensayos de laboratorio.

Se seleccionó un banco abulonero denominado *El Bajo*, ubicado a los $29^{\circ} 50'$ L.N. y los 115°

46' L.W. (Fig. 1) el cual forma parte de una congregación de roca sedimentaria de aproximadamente 900 x 500 mts en el plano horizontal y de 23.4 mts en lo vertical, que va de los 5.4 a los

28.8 mts de profundidad (según carta náutica de U.S. Naval Oceanographic Office, 1939) limitado a su alrededor por una planicie de piso arenoso y permanentemente expuesto a la acción de las corrientes.

FIG. 1 MODELOS PARA CALCULOS DE INDICES GONADALES, PROPUESTO POR VARIOS AUTORES.

INVESTIGADOR		MODELO	
Boolootian et. al.	(1962)	I. G. =	$\frac{\text{área de la gónada}}{\text{long. de la concha}} \times 100$
Leighton et. al.	(1963)	I. A. G. =	$\frac{\text{diámetro del órgano cónico}}{\text{diámetro de la glándula digestiva}}$
Ino	(1961)	I. G. =	$\frac{\text{diámetro del órgano cónico} - \text{diámetro del hepatopáncreas}}{\text{diámetro del hepatopáncreas}} \times 100$
Ino corregido	(1961)	I. G. =	$\frac{\text{diámetro del órgano cónico} - \text{diámetro del hepatopáncreas}}{\text{diámetro del órgano cónico}} \times 100$
Newman Young Sheperd Poore	(1966) (1970) (1974) (1973)	I. G. =	$\frac{\text{área de la gónada}}{\text{área total de la sección transversal del órgano cónico}} \times 100$
Webber y Giese	(1969)	I. G. =	$\frac{\text{peso de la gónada}}{\text{peso de las partes blandas}}$
I. G. = Índice gonadal			
I.A.G. = Índice de actividad gonádica.			

Geológicamente, el área está constituida por un cinturón de rocas sedimentarias del cretácico superior, estratigráficamente incluidas en la *Formación Rosario* (Patterson, 1978).

Las capturas se efectuaron con el arte de pesca convencional en Baja California, usando embarcación de madera de 5.486 m de eslora, 1.829 m de manga, 0.9144 m de puntal, tonelaje bruto de 1 000 Kg, tonelaje neto de 500 Kg y motor de gasolina fuera de borda de 25.35 C.V. y autonomía de 5 Hr.

Se usó equipo de buceo semiautónomo que comprende compresor de un pistón de 8.436 Kg f/cm², filtro para aire, tanque de reserva para aire, dos tramos de manguera de 49.38 m de longitud, boquilla con regulador, traje de neopreno, plomos, aletas y visor.

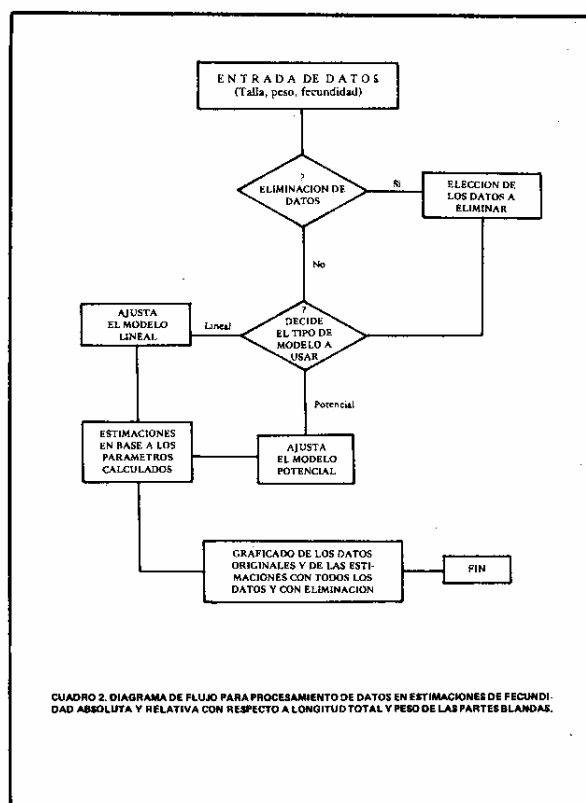
La colecta se hizo con un *arrancador* metálico de aproximadamente 20 cm de largo con un mango de madera y una bolsa de red tejida (jaba) para depositar los ejemplares.

El equipo de trabajo lo constituyen tres personas: un *buzo*; un *cabo de vida* que larga o recoge la manguera y una cuerda atada a la cintura del buzo, que se usa para recibir o enviar men-

sajes y levantar la jaba con el producto colectado, y un *bombero* que opera el motor o rema tras la burbuja que despiende el buzo.

Las biometrías de los ejemplares y las colectas y fijaciones de masas viscerales, se realizaron al arribar a tierra firme.

La obtención de ejemplares se proyectó como un *muestreo simple al azar*. El muestreo incluyó las siguientes operaciones de medida: longitud máxima total, pesos totales del individuo, de la masa muscular, de la masa visceral y de la concha. Al mismo tiempo se llevaron a cabo identificaciones de sexo y madurez gonadal. Las medidas de longitud se tomaron en milímetros y las de peso en gramos. La identificación de sexos se realizó distinguiendo a los machos por el color crema de la gónada y a las hembras por el color verde oscuro de la misma (Cox, 1960). Para la determinación de estadios de madurez gonadal se utilizó la escala de madurez que se emplea en el programa abulón del Instituto Nacional de la Pesca, con el número 1 para los estadios incipientes o en inicio de maduración, el número 2 para los estadios en evidente proceso de desarrollo y el número 3 para los estadios de franca madurez gonadal.



Para la colecta y fijación de masas viscerales, se decidió extirparlas y fijarlas inmersas en líquido de Bouin, depositadas en bolsas de plástico codificadas y en lugar fresco y oscuro.

Para determinar el tamaño de la muestra más conveniente para el conteo de óvulos, se consideró la bibliografía que sobre fecundidad en abulón se cita en el capítulo respectivo y en algunos trabajos que tratan sobre el tema en otros géneros, no obstante que ninguno de los autores refiere o desarrolla el método utilizado.

Newman (1967), en *Haliotis midae* de Stony Point, Sudáfrica, tomó muestras de 0.04 gr y probó por análisis de varianza que la densidad de óvulos no varía en toda la gónada.

Poore (1970), en *Haliotis iris* y *Haliotis australis* de Nueva Zelanda, usó muestras cercanas a 0.1 gr.

Giorgi y DeMartini (1977), en *Haliotis rufescens* cerca de Mendocino, California, E.U.A., usaron tamaños de muestra diferentes en cada gónada, que van de los 0.03 a los 0.06 gr y probaron con análisis de varianza que la cantidad de óvulos por gr es la misma en las diferentes porciones de la gónada.

Ortiz (inédito), en *Haliotis corrugata* de Punta Abreojos e Isla de Cedros, B.C., empleó muestras de 0.05 gr (comunicación personal).

En el presente trabajo, el tamaño de la muestra fue en todos los casos de 0.1 gr y se tomó de la porción media de la gónada.

El análisis de las gónadas se llevó a cabo como sigue:

1. Fijación *in situ* de la masa visceral en líquido de Bouin.
2. Lavado de la masa visceral con agua corriente dentro de un vaso de precipitados de 100 ml cubierto con un trozo de tela porosa, hasta eliminar el exceso de fijador Bouin, evitando la pérdida de material orgánico.
3. Inmersión de la masa visceral en formol neutro (solución saturada de carbonato de sodio al 1%) durante 24 a 48 hrs.
4. Lavado en agua corriente y eliminación del exceso de líquidos con papel absorbente.
5. Pesado de la masa visceral.
6. En la porción media de la gónada, se cortó una pequeña franja transversal del epitelio que la envuelve (tejido epitelial y conjuntivo) de aproximadamente 0.5 cm de ancho por 1.5 cm de largo. Se desprendió y se dejó al descubierto la masa ovígera.
7. Con un pincel No. 4 de pelo corto, se desprendió una pequeña muestra de óvulos, que se hizo caer sobre un vidrio de reloj de 60 mm, procurando obtener todos los óvulos superficiales, intermedios y profundos, hasta llegar al hepatopáncreas.
8. En balanza analítica de 0.0001 gr de precisión, se taró un vaso de precipitados de 100 ml de capacidad y se pesó una muestra de 0.1 gr de los óvulos separados, devolviéndose el sobrante a la masa ovígera.
9. La muestra obtenida se aforó a 20 ml con solución Ringer y se colocó en un agitador electromagnético, a baja velocidad, durante el tiempo necesario para la separación total de los óvulos, obteniéndose una suspensión homogénea.
10. Se practicaron dos cortes transversales en el apéndice cónico (gónada y hepatopáncreas) dividiéndolo en tres porciones de 1/3 de su longitud. En cada corte, con vernier de 1/50 de mm de precisión, se hicieron dos mediciones ortogonales del diámetro del apéndice cónico y otras dos del diámetro del hepatopáncreas.
11. Con instrumentos para disección, se separó cuidadosamente el epitelio del apéndice cónico. Se separó la estructura gonádica

del resto de la masa visceral, cuidando de no destruir el hepatopáncreas, al que se encuentra fuertemente adherido y se recuperaron los óvulos que quedaron adosados al epitelio. Se pesó la masa ovígera en báscula analítica.

12. En una caja de petri de peso conocido, se depositó todo el material que no corresponde a la gónada y se pesó.
13. De la muestra en suspensión homogénea (20 ml) se tomó con pipeta una submuestra de 5 ml que se colocó en una cámara de New Bawer con graduaciones al milímetro y campos de 0.25 cm². Con microscopio binocular estereoscópico con poder de resolución hasta 50 aumentos y oculares de 10 x, se hicieron conteos del número de óvulos por campo, tantas veces como la desviación estándar no excedió del 10%. Se devolvió la submuestra y se repitió la misma operación tantas veces como la desviación estándar respecto a la media ponderada no excedió del 10%.

METODO PARA PROCESAMIENTO DE DATOS

Para determinar el estado de madurez gonadal de la población y los cambios que ésta presentó en función del tiempo, se construyó un cuadro comparativo de las frecuencias relativas de los estadios de madurez gonadal en cada muestreo, de acuerdo al método por apreciación visual mencionado anteriormente.

El momento más cercano al desove se detectó en base a la mayor frecuencia relativa de estadios de franca madurez gonadal. No obstante se consideró interesante hacer una comparación con los índices gonadales propuestos por algunos autores (Fig. No. 1), como una medida relativa del progreso en el desarrollo gonádico y del momento más próximo al desove.

Las mediciones ortogonales de los diámetros de gónada y hepatopáncreas, se promediaron en cada corte del apéndice cónico y se aplicaron los modelos que a continuación se describen.

La cantidad de peso que resultó de sumar el de la masa ovígera y el del resto de la masa visceral, al término de su procesamiento en el laboratorio, fue menor que el peso de la masa visceral completa inmediatamente antes de procesarla, lo que indica pérdida de peso por deshidratación durante el procesamiento.

Por consiguiente, para relacionar el número de óvulos en la muestra obtenida al inicio del procesamiento, con el número total de éstos en la gónada, es necesario corregir el peso de la masa ovígera, lo que se hizo determinando la proporción de peso perdido durante el proceso y esa proporción se sumó al peso de la masa ovígera con respecto a sí misma, asumiendo que la pérdida de humedad fue homogénea en toda la masa visceral, que fue seccionada totalmente.

Al peso de la masa ovígera, se sumó el peso de la muestra, obteniéndose el peso corregido de la estructura gonádica al término de su procesamiento.

Se calculó la cantidad de óvulos por cm² en cada una de las submuestras, desarrollando la siguiente fórmula.

$$\bar{X}_i = \frac{4}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad \begin{array}{l} i \in [1, 2, 3] \\ n \in [20 - 30] \end{array}$$

donde X = número de óvulos por cada 0.25 cm² en cada submuestra y n = número de campos en que se contaron óvulos. Luego se promediaron las medias calculadas, con la siguiente ecuación,

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^3 \bar{X}_i \quad , n=3$$

obteniéndose la media general X en cada cm² de cualquier submuestra, que al multiplicarse por 4 da el número promedio de óvulos por cm² en la muestra de 20 ml. (4X). Enseguida se determinó la cantidad de óvulos en la muestra relacionando la unidad de área (cm²) con el área total de la cámara de sedimentación, que es de 30 cm² (30 [4X]).

La cantidad de óvulos en cada ovario se calculó por el método gravimétrico (Bagenal, 1968). Se utilizó la ecuación,

$$F = \frac{NG}{g} \quad \text{donde, } F = \text{fecundidad absoluta.}$$

N = número de óvulos en la muestra.
G = peso corregido de la gónada.
g = peso de la muestra.

Obtenida la fecundidad absoluta de cada individuo, se procedió a estimar la fecundidad con respecto a longitud y peso de la población bajo estudio. La estimación con respecto a longitud ajustando los datos a un modelo potencial del tipo,

$$F = a L^b$$

donde F = fecundidad estimada (en millones); L = longitud máxima de la concha; a y b = constantes.

Al convertirlo a su forma logarítmica, se linealiza resultando en,

$$\text{Log } F = \text{Log } a + b \text{ Log } L$$

La estimación con respecto a peso se hizo ajustando los datos a un modelo lineal del tipo,

$$F = a W + b$$

donde F = fecundidad estimada (en millones); W = peso de las partes blandas; a y b = constantes.

Ambos modelos se ajustaron con el método de mínimos cuadrados. En el segundo caso se discriminó el peso de la concha, debido a que generalmente posee ectoparásitos o sirve de sustrato a algunas algas, los que alteran considerablemente el peso del individuo.

Para el procesamiento de datos se elaboró un programa de computación en lenguaje Fortran IV, de acuerdo al diagrama de flujo que se presenta en la figura No. 2.

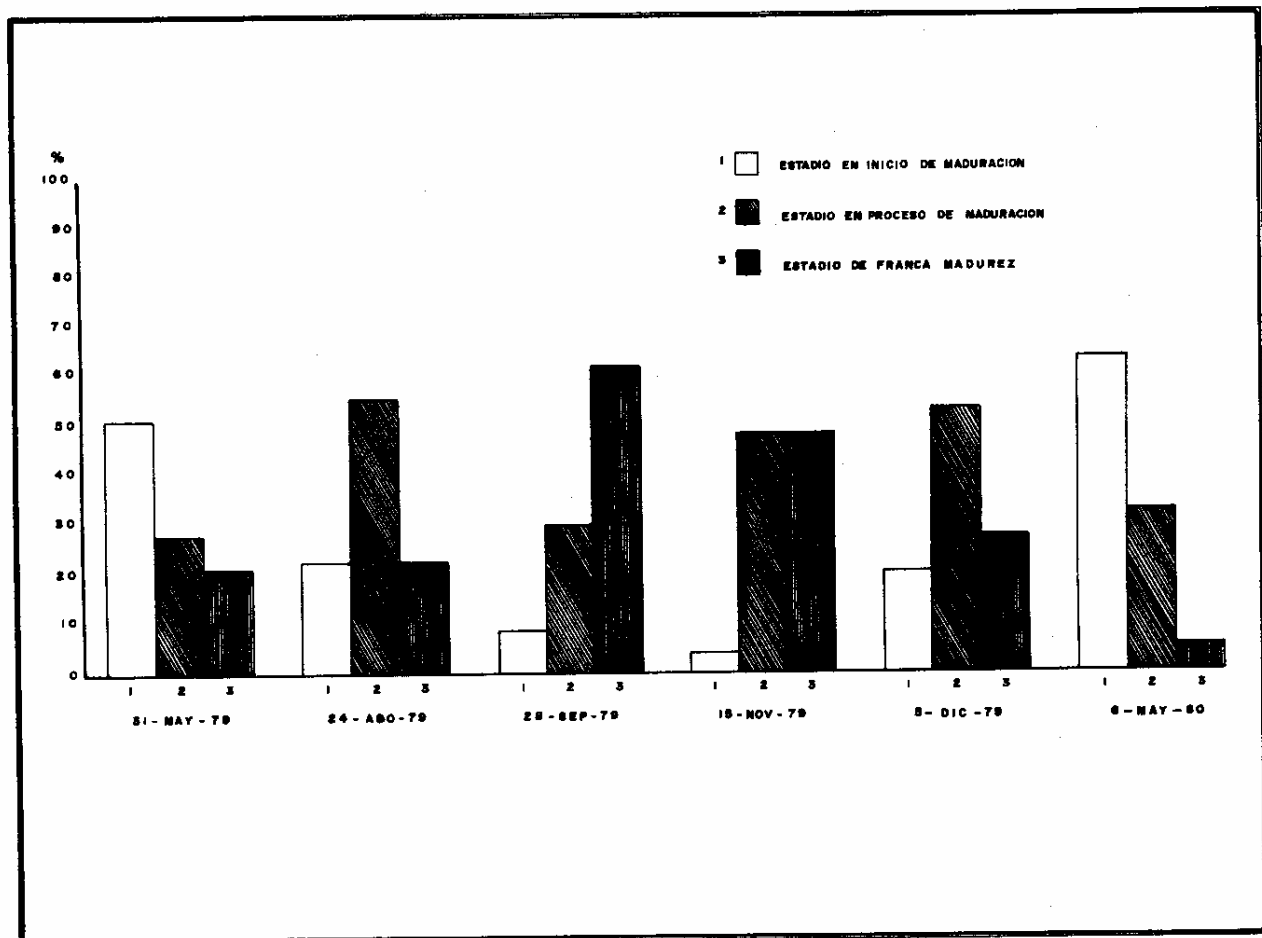


FIG. 3. FRECUENCIA RELATIVA DE ESTADIOS DE MADUREZ GONADAL DURANTE EL CICLO REPRODUCTIVO 1979/1980 EN HEMBRAS DE HALIOTIS RUFESCENS EN "EL BAJO", BAHIA ROSARIO, B.C.

CUADRO No. 2. DATOS DE LOS MUESTREOS DE HEMBRAS DE *Haliotis rufescens* EN EL BAJO, BAHIA ROSARIO, B. C.

FECHA DE MUESTREO	HEMBRAS MUESTREADAS	RANGO DE LONGITUD (mm)	RANGO DE PESOS (gr)	MASAS VISCERALES COLECTADAS
31-MAYO-1979	57	104-155	125-590	
24-AGOSTO-1979	67	145-234	570-1855	
28-SEPTIEMBRE-1979	47	100-222	170-2000	19
15-NOVIEMBRE-1979	25	149-210	620-1825	
5-DICIEMBRE-1979	85	132-233	430-2190	
6-MAYO-1980	19	135-220	242-2510	
T O T A L	300	100-234	125-2510	19

RESULTADOS

Entre los meses de mayo de 1979 y de 1980, en el extremo sur del banco abulonero El Bajo, en Bahía Rosario, B. C., se realizaron seis muestreos de *Haliotis rufescens*. Se capturaron un total de 300 hembras dentro de un rango de longitudes de 104 a 234 mm y de pesos de 125 a 2510 gr. En septiembre de 1979, se colectaron 19 masas viscerales para estudio de fecundidad (Cuadro No. 2) por ser el mes en que se observó mayor frecuencia de estadios de franca madurez gonadal.

Se llevó a cabo determinación de estadios de madurez gonadal, de acuerdo al criterio establecido en la metodología de este trabajo y se calcularon las frecuencias relativas de los estadios de madurez, por clases de un centímetro de longitud. (Cuadro No. 3 y Fig. No. 4).

Durante los meses de mayo de 1979 y de 1980, se observó la mayor frecuencia relativa de gónadas en grados incipientes de maduración (estadio 1), mientras que las gónadas en proceso de maduración (estadio 2) y de franca madurez (estadio 3) presentaron las menores frecuencias.

Las frecuencias relativas de los tres estadios de madurez en mayo de 1979 y la comparación de estas frecuencias con las de mayo de 1980, permiten observar que en estos meses del año, la actividad gametogénica se ha iniciado.

En el mes de agosto, se observó una menor frecuencia de estadios inmaduros, en relación al mes de mayo precedente y un incremento de la frecuencia de gónadas en proceso de maduración. La proporción de gónadas maduras se mantuvo prácticamente sin alteración.

En el mes de septiembre, las frecuencias relativas de los estadios de inmadurez y de maduración, disminuyeron de manera que, sumadas las proporciones de su disminución, con respecto al mes de agosto, resultaron al incremento que presentó la frecuencia de estadios de franca madurez gonadal. En este mes se observó la mayor frecuencia de gónadas maduras.

En el mes de noviembre, la proporción de estadios inmaduros disminuyó más aún. La de los estadios en proceso de maduración, presentó un aumento considerable y la de los estadios maduros se presentó disminuida, lo que indica que en algún momento entre el 28 de septiembre y el 15 de noviembre de 1979, se produjo un desove sustancial.

En el mes de diciembre, 20 días después, la frecuencia de gónadas maduras disminuyó y las de los estadios inmaduros y en proceso de maduración aumentaron. A partir de este momento, no fue posible determinar si las gónadas en proceso de maduración lograron madurar y generar desoves, o si presentaron una gradual reabsorción de gametos. Asegurar lo último requiere de evidencias histológicas suficientes.

Considerado el muestreo del 28 de septiembre el más próximo al desove, al material gonádico colectado entonces, se aplicaron los modelos para cálculo de índices gonadales propuestos por diversos autores, citados en la metodología (Cuadro No. 1). Los índices calculados en cada corte de apéndice cónico, se promediaron obteniéndose un solo índice para cada gónada. Los estadios de madurez gonadal determinados con el método de apreciación visual (Fig. 2) y los resultados del cálculo de índices gonadales, se presentan en el cuadro No. 4. Estos últimos pueden apreciarse y compararse gráficamente en las Figs. 5, 6 y 7.

Los rangos de valores de los índices gonadales que resultan de la aplicación de cada modelo, no siempre coinciden con los estadios de madurez

gonádica. Si bien en muchos de los casos son compatibles, en algunos de ellos se observan sobreposiciones de los valores que corresponden a cada estadio de madurez. Lo mismo sucede entre los distintos tipos de índices gonadales que se calcularon.

La aplicación de los modelos comparados puede dar una idea del progreso en el desarrollo gonádico, pero ninguno de ellos lo indica en forma regular y confiable, ni son compatibles entre sí, pues aun cuando las representaciones gráficas de algunos de los índices gonadales son similares, como sucede en las de Leighton *et al.*, Ino, Ino corregido y los de Newman, Young, Sheperd y Poore, todas presentan discrepancias entre sí.

CUADRO No. 3. FRECUENCIA RELATIVA DE ESTADIOS DE MADUREZ GONADAL POR CLASES DE LONGITUD DURANTE EL CICLO REPRODUCTIVO 1979-1980, DE HEMBRAS DE *Haliotis rufescens* EN EL BAJO, BAHIA ROSARIO, B. C.

FECHA	31-MAY-79	24-AGO-79	28-SEP-79	16-NOV-79	5-DIC-79	6-MAY-80
ESTADIO LONG. (mm)	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3
101-110	1 3 2					
111-120	8 5 1					
121-130	7 4 2		1 0 1			
131-140	7 1 4		0 1 0		7 1 0	2 0 0
141-150	5 2 3	1 0 0	0 1 0	0 1 0	3 2 0	1 0 0
151-160	1 1 0	2 0 0	1 1 6	1 2 1	4 7 0	0 0 0
161-170		4 0 0	1 5 3	0 4 0	0 9 0	0 2 0
171-180		4 2 3	0 0 7	0 5 0	2 12 5	2 0 0
181-190		0 7 2	0 3 5	0 0 5	1 7 1	1 1 0
191-200		2 12 6	0 0 5	0 0 3	0 4 4	2 2 0
201-210		0 7 2	0 1 2	0 0 3	0 3 8	3 1 0
211-220		1 7 1	0 1 0		0 0 3	1 0 1
221-230		1 1 1	0 0 1		0 0 1	
231-240		0 1 0			0 0 1	
TOTAL PARCIAL	29 16 12	15 37 15	4 13 30	1 12 12	17 45 23	12 6 1
GRAN TOTAL	57	67	47	25	85	19
ESTADIO	1 = 51.0%	1 = 22.4%	1 = 8.5%	1 = 4.0%	1 = 20.0%	1 = 63.0%
ESTADIO	2 = 28.0%	2 = 55.2%	2 = 29.8%	2 = 48.0%	2 = 52.9%	2 = 32.0%
ESTADIO	3 = 21.0%	3 = 22.4%	3 = 61.7%	3 = 48.0%	3 = 27.1%	3 = 5.0%

CUADRO No. 4. TABLA COMPARATIVA DE INDICES GONADALES CALCULADOS A PARTIR DE MODELOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES, APLICADOS EN HEMBRAS DE *Haliotis rufescens* DE EL BAJO, BAHIA ROSARIO, B.C., EN SEPTIEMBRE DE 1979.

DATO	LONGI- TUD (mm).	ESTADIO MADUREZ GONADAL	BOOLOOTIAN et al.	LEIGHTON et al.	Ino	Ino CORREGIDO	NEWMAN YOUNG SHEPERD POORE	WEBBER Y GIESE
1	100	1	0.488	1.268*	26.770	20.42	36.133*	0.009
2	128	1	0.212	1.087	8.677	7.975	15.314	0.007
3	135	2	0.818*	1.246*	24.657	19.33	34.573*	0.014
4	141	2	1.230	1.503	50.309	32.065	52.898	0.030
5	151	2	0.663	1.512	51.183	33.425	55.404	0.018
6	154	2	2.696*	2.825*	182.544*	63.335*	86.092*	0.081*
7	154	3	2.280*	3.206	220.582	66.065	87.559	0.090
8	160	3	2.026*	2.421*	142.149*	58.375*	82.534*	0.062*
9	161	2	2.400*	1.932	93.171	45.985	69.618	0.047
10	165	2	2.024	2.120	112.040	49.685	73.106	0.062
11	175	3	6.636	3.580	257.992	70.015	90.396	0.171
12	176	3	4.070	2.648	164.806	58.85	81.562	0.079
13	180	3	2.507*	3.478	247.802	71.11	91.620	0.110
14	183	3	5.133	2.712	171.193	62.635*	85.859	0.123
15	186	3	3.301	2.965	196.507	64.553	86.830*	0.136
16	198	3	3.512	3.064	206.451	66.115	88.093	0.066*
17	205	3	3.173	2.879	187.934	65.215	87.885	0.097
18	215	2	2.532*	1.538	55.764	32.815	53.425	0.026
19	222	3	2.905	4.571	357.122	72.38	90.789	0.075

* = Indices gonadales incompatibles con los estadios de madurez gonadal y entre sí.

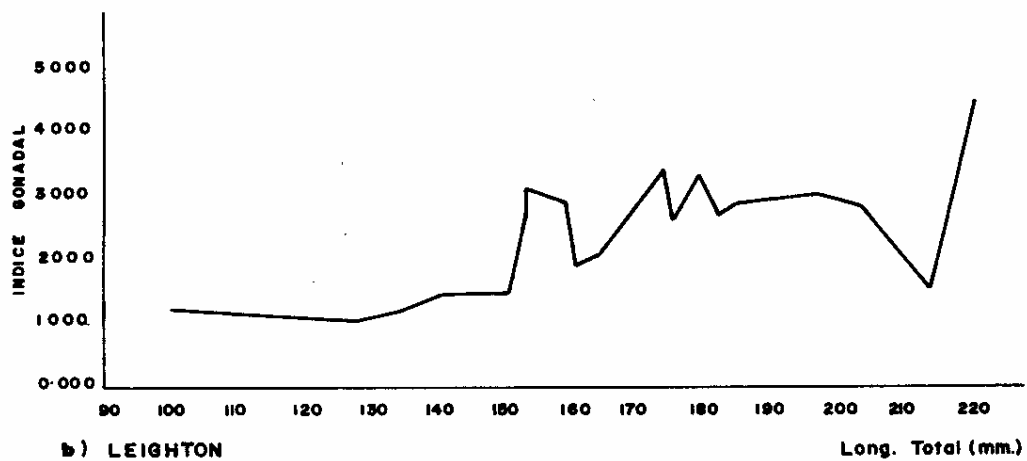
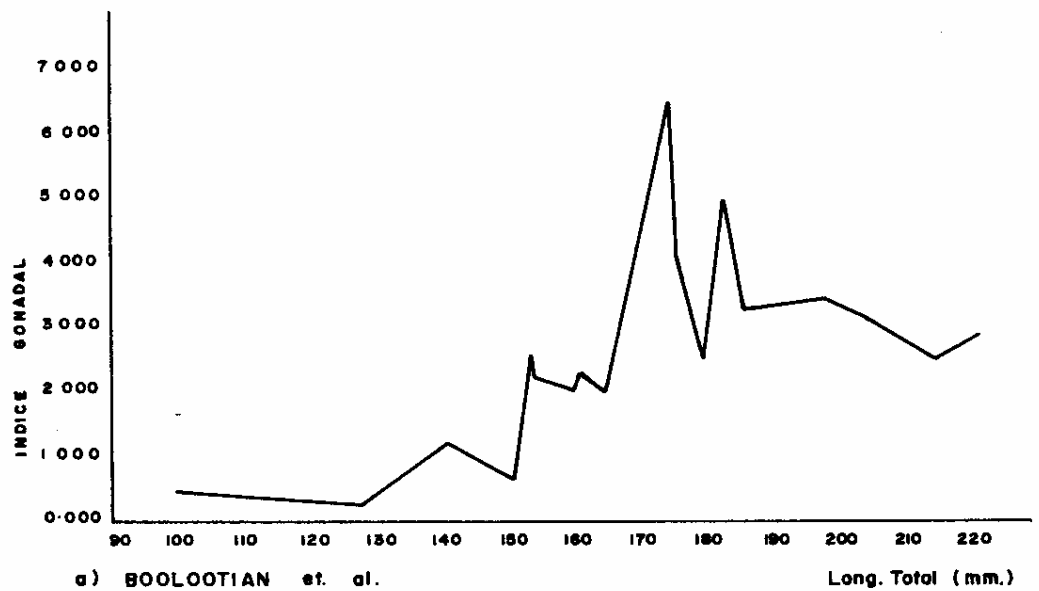


FIG. 4 INDICES GONADALES DE *HALIOTIS RUFESCENS* EN SEPTIEMBRE DE 1979, CALCULADOS A PARTIR DE MODELOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES.

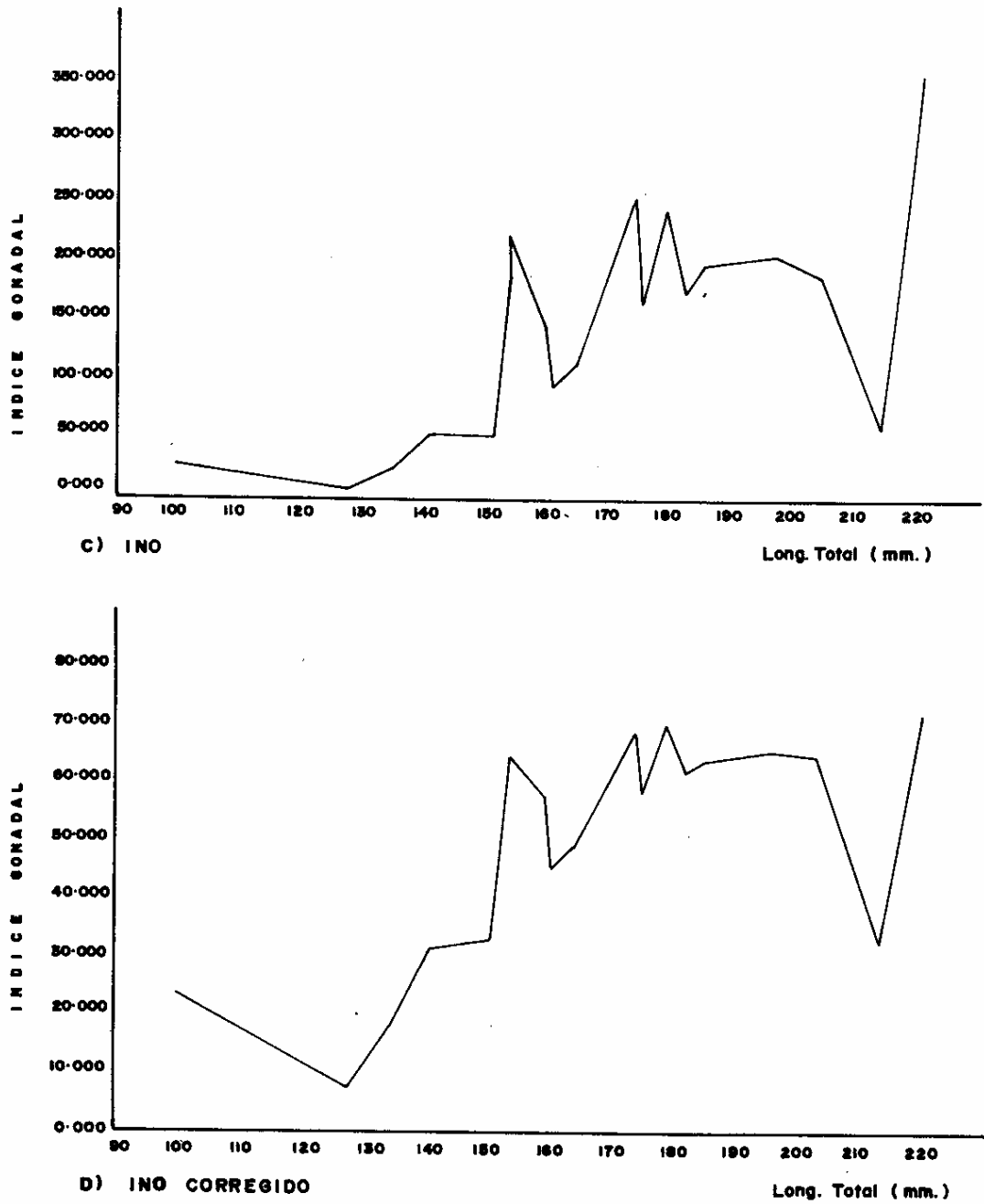


FIG. 5 INDICES GONADALES DE *HALIOTIS RUFESCENS* EN SEPTIEMBRE DE 1979, CALCULADOS A PARTIR DE MODELOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES.

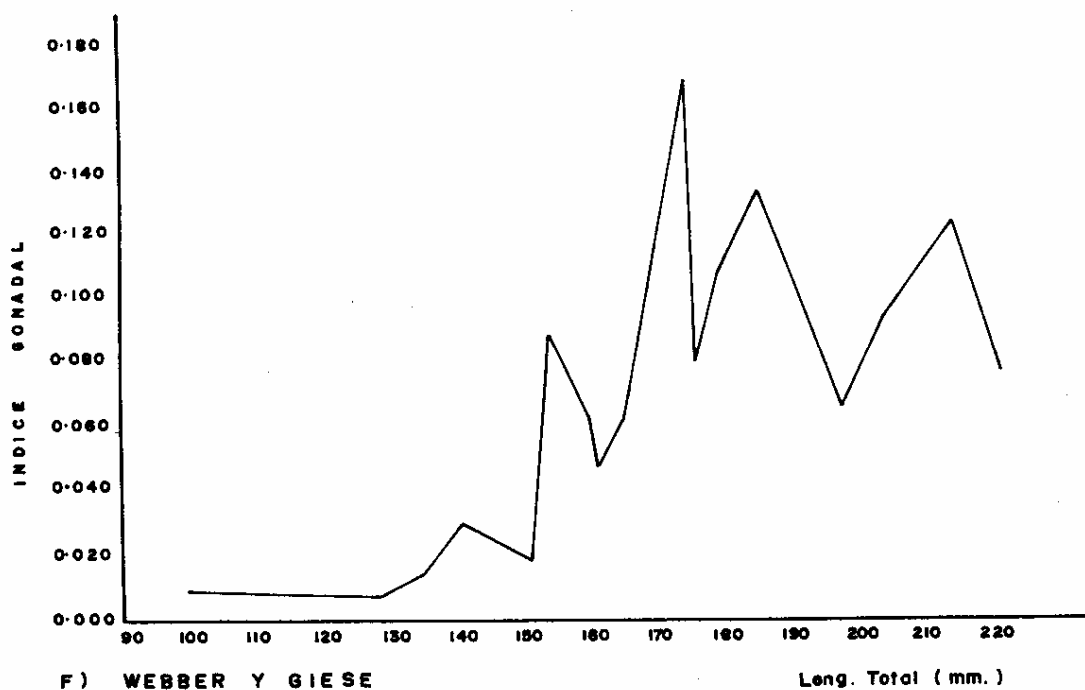
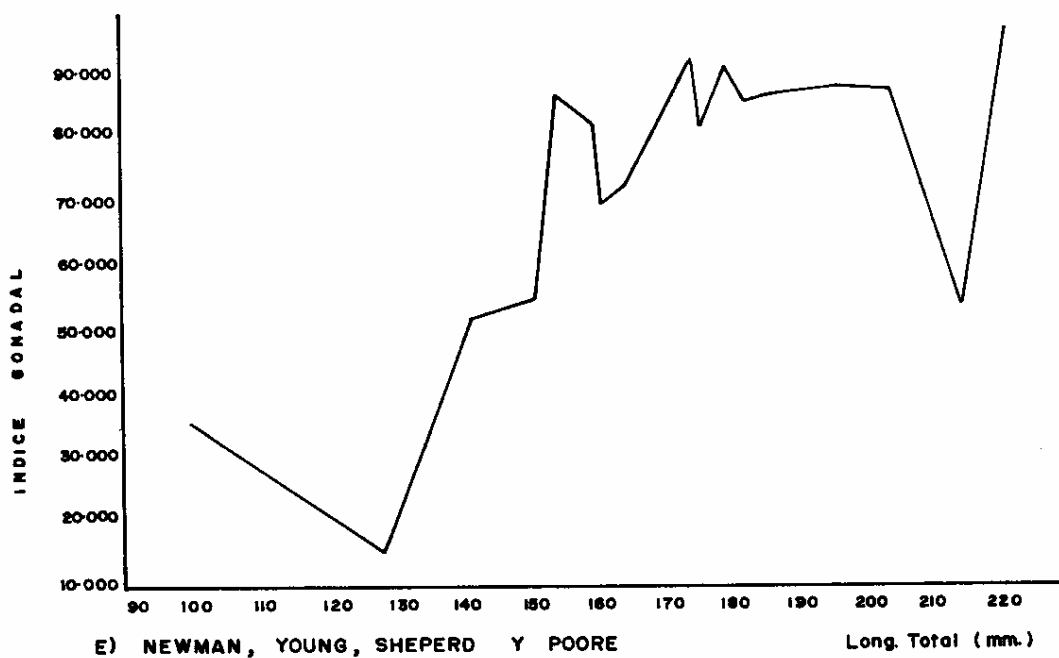


FIG. 6 INDICES GONADALES DE *HALIOTIS RUFESCENS* EN SEPTIEMBRE DE 1979, CALCULADOS A PARTIR DE MODELOS PROPUESTOS POR DIVERSOS AUTORES.

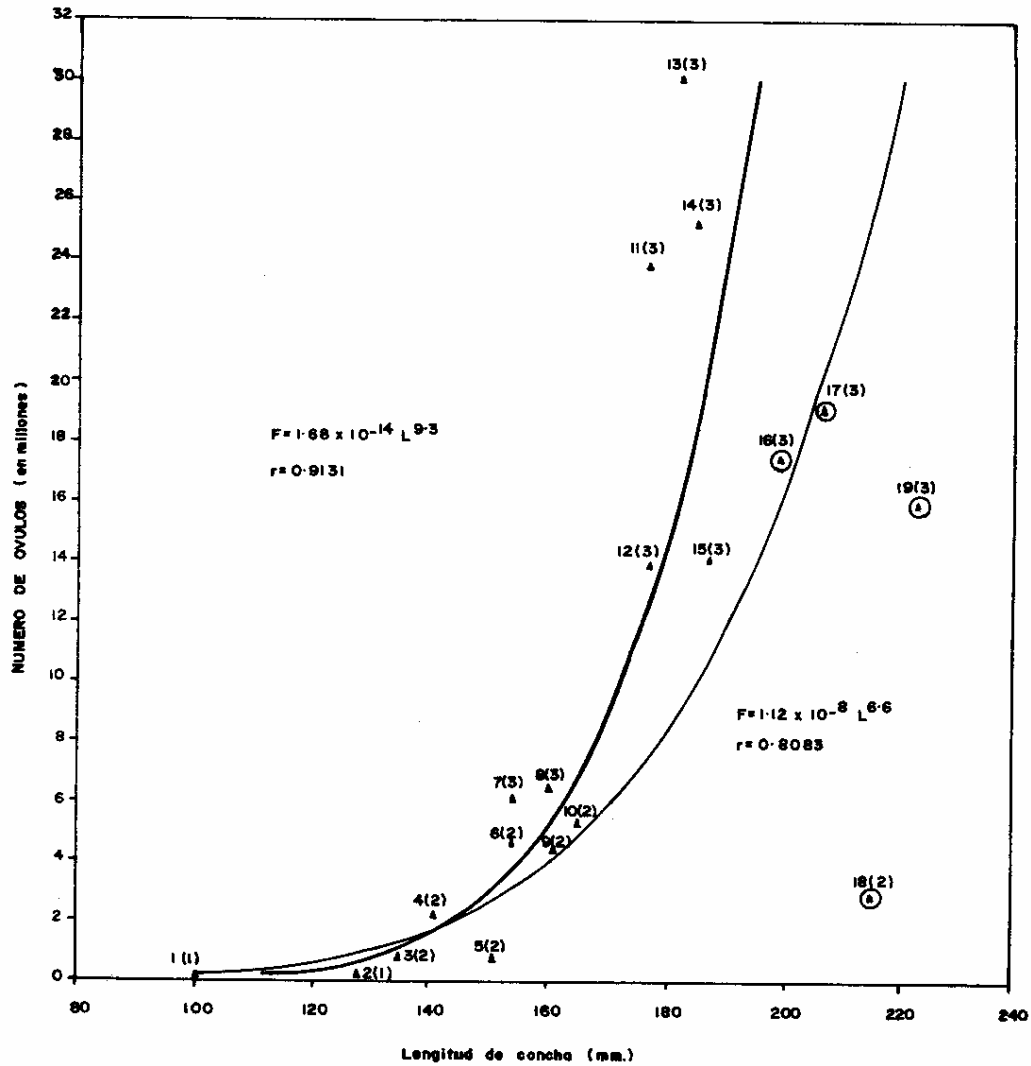


FIG. 7 CURVAS DE REGRESION PARA FECUNDIDAD CON RESPECTO A LONGITUD DE CONCHA, USANDO EL MODELO POTENCIAL $F = A L^B$

CUADRO No. 5. ESTIMACIONES DE FECUNDIDAD ABSOLUTA POR EL METODO GRAVIMETRICO

DATO No.	LONG. CONCHA (mm)	PESO PARTES BLANDAS (gr)	PESO CORREGIDO DE GONADA (gr)	NUMERO DE OVULOS EN LA MUESTRA	FECUNDIDAD ABSOLUTA	DESVIACION ESTANDARD
1	100	120	1.067	16944	180736	±6.58%
2	128	250	1.874	9941	186316	±8.94
3	135	370	5.314	14384	764319	±2.5
4	141	400	10.582	20395	2211243	±2.38
5	151	380	6.782	10901	739273	±0.26
6	154	405	36.862	12526	4617678	±1.82
7	154	405	40.821	14940	6098626	±5.67
8	160	620	37.424	17249	6455435	±3.97
9	161	520	23.221	18720	4347041	±2.83
10	165	640	37.853	13952	5281244	±1.41
11	175	930	157.725	15142	23883398	±7.06
12	176	1100	79.858	17427	13917014	±2.51
13	180	995	100.616	29848	30030000	±7.52
14	183	970	115.425	21892	25269679	±8.29
15	186	740	93.711	15054	14107590	±2.25
16	198	1580	91.774	19016	17451719	±5.70
17	205	1205	112.764	16961	19126553	±7.43
18	215	1170	24.397	11558	2819916	±2.76
19	222	1430	98.64	16136	15916574	±9.56

Para estimar la fecundidad de los individuos en que se colectaron masas viscerales -gónadas- se usó la información obtenida en el lugar del muestreo y en laboratorio, necesaria para la aplicación del método gravimétrico. Esta información consistió en longitud total de la concha, peso de las partes blandas, peso corregido de la gónada y número de óvulos en la muestra. Estos datos y las estimaciones de fecundidad se presentan en la tabla No. 5 en orden creciente de longitud total de la concha.

Los valores de la fecundidad de cada individuo analizado en el laboratorio, fueron ajustados a los modelos potencial y lineal mencionados en la metodología, para estimar las fecundidades absoluta y relativa con respecto a la longitud máxima de concha y peso de las partes blandas de los integrantes de la población. Los resultados se presentan en el cuadro No. 6 y las representaciones gráficas del ajuste a los modelos, en las Figs. 8, 9, 10 y 11.

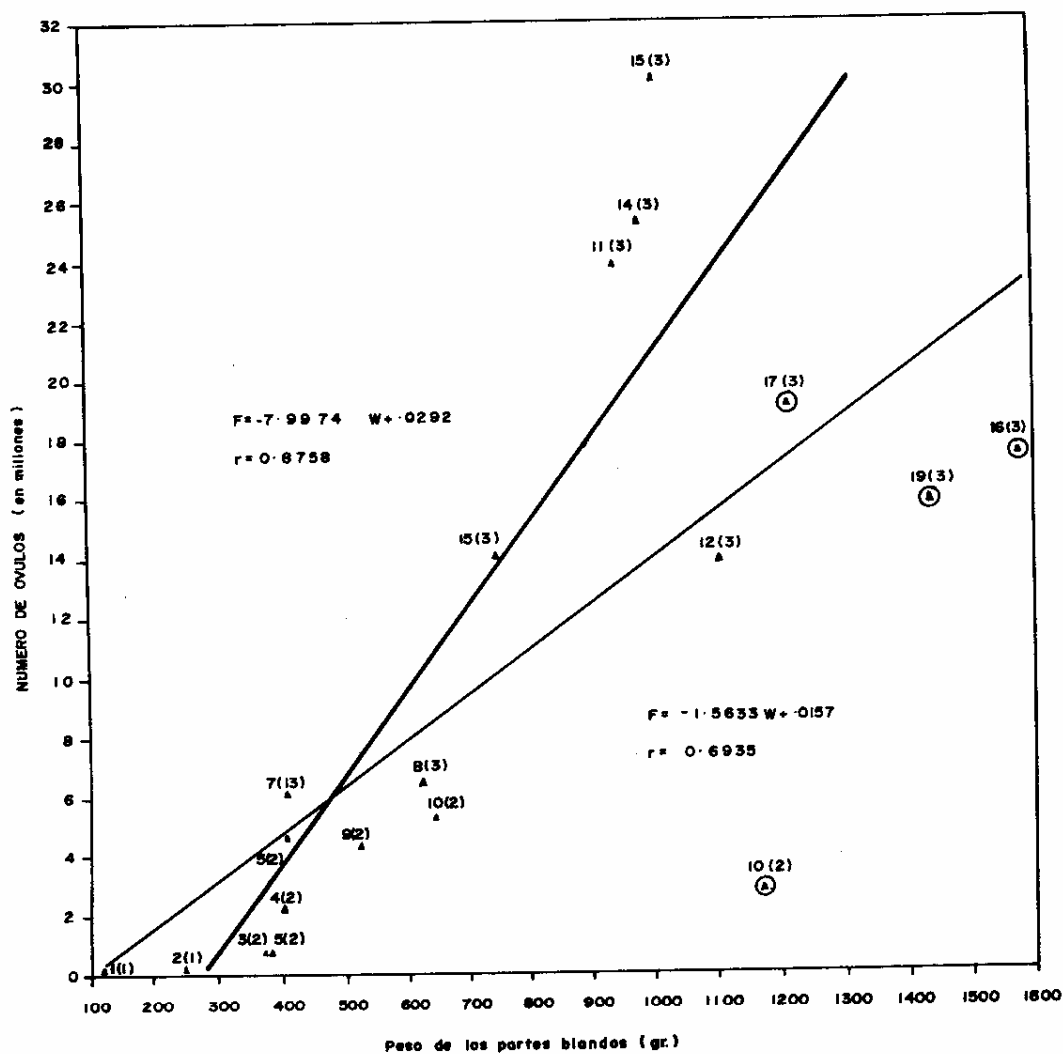
En las curvas y rectas de regresión, que relacionan la fecundidad con la longitud de la concha y el peso de las partes blandas, respectivamente, puede observarse que la fecundidad absoluta (el número de óvulos presentes en el ovario, o el número de óvulos que deberían ser expulsados en ese año) y la fecundidad relativa (el número de óvulos por unidad de longitud o peso de los organismos) se incrementan con el crecimiento del individuo, pero dentro de ciertos límites; o sea, que los individuos más grandes producen más óvulos y que el incremento en la fecundidad, se hace menos estable a partir de cierta longitud o peso de los individuos, con un claro decremento en los organismos mayores.

Si se considera que las curvas y las rectas de regresión se ajustan con los incrementos de la fecundidad, el decaimiento de la misma tiende a desplazar éstas hacia las longitudes y pesos mayores (hacia la derecha), lo que introduce subestimación de la fecundidad en los individuos en que ella se incrementa progresivamente.

CUADRO No. 6. ESTIMACIONES DE FECUNDIDAD (a) ABSOLUTA Y (b) RELATIVA CON RESPECTO A LONGITUD MAXIMA DE LA CONCHA Y PESO DE LAS PARTES BLANDAS, EN *Haliotis rufescens* DE EL BAJO, BAHIA ROSARIO, B. C., EN SEPTIEMBRE DE 1979.

a)			
modelo potencial $F = aL^b$	con el total de datos	$a = 1.12 \times 10^{-8}$ $b = 6.6$ $r = 0.8083$	$F = 1.12 \times 10^{-8} L^{6.6}$
	con eliminación de datos	$a = 1.68 \times 10^{-14}$ $b = 9.3$ $r = 0.9131$	$F = 1.68 \times 10^{-14} L^{9.3}$
modelo lineal $F = aW + b$	con el total de datos	$a = .0157$ $b = -1.5633$ $r = 0.6935$	$F = .0157W - 1.5633$
	con eliminación de datos	$a = .0292$ $b = 7.9974$ $r = 0.8758$	$F = .0292W + 7.9974$

b)			
modelo potencial $F = aL^b$	con el total de datos	$a = 5.5984$ $b = .1124 \times 10^{-13}$ $r = 0.7585$	$F = 5.5984L \cdot 1124 \times 10^{-13}$
	con eliminación de datos	$a = 8.2974$ $b = .1693 \times 10^{-19}$ $r = 0.8942$	$F = 8.2974L \cdot 1693 \times 10^{-19}$
modelo lineal $F = aW + b$	con el total de datos	$a = .000011$ $b = -.0011$ $r = 0.6935$	$F = .000011W - .0011$
	con eliminación de datos	$a = .0000204$ $b = -.0056$ $r = 0.8758$	$F = .0000204W - .0056$



— = AJUSTE AL MODELO CONSIDERANDO EL TOTAL DE DATOS.

— = AJUSTE AL MODELO CON ELIMINACION DE DATOS.

△ = DATOS ORIGINALES.

⊙ = DATOS ELIMINADOS.

LOS NUMEROS SIN PARENTESIS ENNUMERAN LOS DATOS, LOS NUMEROS CON PARENTESIS INDICAN EL ESTADO DE MADUREZ GONADAL.

FIG. 8 RECTAS DE REGRESION PARA FECUNDIDAD CON RESPECTO A EL PESO DE LAS PARTES BLANDAS, USANDO EL MODELO LINEAL $F = AW + B$.

Por lo tanto, un ajuste a los modelos antes del decaimiento de la fecundidad en los individuos más grandes, se ha logrado eliminando los datos que corresponden a los ejemplares mayores de 198 mm de longitud de concha y de 1170 gr de peso de las partes blandas.

Los nuevos ajustes permiten estimar las fecundidades absoluta y relativa con más precisión, dentro de las longitudes y pesos en que la fecundidad se incrementa progresivamente.

DISCUSION

Las frecuencias relativas de estadios de madurez gonadal y los cambios de éstas con el tiempo, permitieron determinar que si bien la actividad sexual se encontró iniciada en los meses de mayo de ambos años, el proceso de maduración gonádica se intensificó hasta agosto de 1979, para alcanzar su máximo grado de madurez en el mes de septiembre de ese año.

En el mes de noviembre, la pequeña frecuencia de gónadas inmaduras y el aumento en la de gónadas en proceso de maduración, puede interpretarse como que inmediatamente después de un desove, se inició un nuevo proceso de maduración gonádica. De no ser así, la frecuencia de estadios inmaduros se habría presentado considerablemente aumentada y no se habría observado tal incremento de los estadios en proceso de maduración (Cuadro No. 3 y Fig. No. 4).

Otra explicación, es la de que al ser el abulón un reproductor parcial y al haber presentes en la gónada algunos o todos los estadios de desarrollo ovular, únicamente fueron expulsados los óvulos maduros y las gónadas pasaron del estadio 3 al estadio 2.

En el mes de diciembre, en la primera alternativa, los desoves continuaron, pero en esta ocasión una menor frecuencia de individuos presentaron un nuevo ciclo de madurez y se observó que algunos individuos entraron en periodo de reposo.

En base a la segunda y más razonable alternativa, los desoves fueron más o menos continuos entre fines de septiembre y diciembre. En este último mes, las gónadas empezaron a entrar en periodo de reposo.

La segunda hipótesis que aquí se plantea, puede reforzarse con la investigación que Boolootian, Farmanfarmaian y Giese (1962) realizaron en *Haliotis rufescens* en el que encontraron gametogénesis y gametos maduros durante todos los meses del año. Concluyen que esta especie puede generar gametos y expulsarlos en cualquier

época del año y que es la única del género *Haliotis* que lo hace.

Lo anterior explica la presencia de estadios de franca madurez gonádica en los meses de mayo de 1979 y de 1980 y deja abierta la posibilidad de encontrarlos entre enero y abril de 1980.

Sobre la reabsorción de gametos, Young y DeMartini (1970) reportan óvulos necróticos en abulón rojo, durante todos los meses del año. Giorgi y DeMartini (1977) encontraron que dichas células fueron siempre mayores de 150 y que ello corresponde a gametos maduros no expulsados.

Los estadios de madurez gonadal determinados por apreciación visual, coincidieron correctamente con las estimaciones de fecundidad absoluta y relativa (Figs. 8, 9, 10 y 11), mientras que los diversos tipos de índices gonadales calculados, presentaron en cada caso, varios de sus valores, sin relación alguna con las estimaciones de fecundidad.

De lo anterior puede inferirse que el método visual aquí utilizado es más práctico, rápido, económico y confiable, para integrar un cuadro representativo del estado de madurez de la población bajo estudio y de los cambios de ésta con el tiempo (Cuadro No. 3 y Fig. No. 4).

Por la forma en que las fecundidades absoluta y relativa se incrementan en función de la longitud y el peso, puede observarse que durante el desarrollo de los organismos, según Thompson (1979), hay una transición gradual de energía, del crecimiento a la reproducción y que en los adultos, una mayor cantidad de energía (producción) es canalizada a la génesis de gametos. En otras palabras, el esfuerzo reproductivo se incrementa con la edad, hasta cierto límite y luego decae. Además, si se desean estimaciones del esfuerzo reproductivo de la población, se requiere del conocimiento de la distribución de frecuencias de longitudes y pesos.

Por otra parte, si los organismos en que la fecundidad ha disminuido, se tratan por separado, las estimaciones de fecundidad y del esfuerzo reproductivo serán más reales y más precisas.

CONCLUSIONES

El ciclo reproductivo 1979/1980 de *Haliotis rufescens* de el banco abulonero El Bajo, en Bahía Rosario, B.C., se encontró activo entre los meses de mayo y diciembre de 1979. El proceso de maduración gonádica presentó su mayor actividad

en el mes de agosto y alcanzó su máximo grado de madurez en el mes de septiembre. El período de desove ocurrió de octubre a diciembre. Un período de reposo relativo, se presume se presentó de enero a abril de 1980.

El método para determinación de estadios de madurez gonadal por apreciación visual utilizado en este trabajo, es más práctico, rápido, económico y confiable que el uso de los índices gonadales referidos. Además, permite construir un cuadro representativo del estado de madurez de la población y de los cambios de ésta con el tiempo.

Las relaciones de las estimaciones de fecundidad con la longitud y el peso de los individuos, respectivamente, se ajustan a los modelos poten-

cial y lineal utilizados, desde las longitudes y pesos menores hasta las dimensiones previas a la disminución de la fecundidad.

La fecundidad es menor en los individuos con longitud máxima de concha hasta 165 mm y peso de las partes blandas hasta 640 gr, con un límite máximo de 6 455 435 (3.97%) óvulos. La mayor fecundidad se presenta en los individuos cuyas dimensiones van de los valores arriba mencionados, hasta los 183 mm de longitud máxima de concha y 995 gr de peso de las partes blandas, con un máximo de 30 030 000 (7.52%) óvulos. En los organismos cuyas dimensiones son mayores a las últimas cifras mencionadas, la fecundidad disminuye, oscilando entre 2 819 916 (2.76%) y 19 126 553 (7.43%) óvulos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean patentizar su agradecimiento a los Técnicos Manuel J. Sáenz Santella, Fidel Mendoza López y al Ing. José de Jesús Gallo R., del Centro de Investigación Pesquera de Yucalpetén, Yuc., por su valiosa colaboración durante los cruceros del barco Propemex Y-9A. Asimismo a la tripulación de dicho barco, especialmente al Patrón de Pesca Wilbert Puga.

Se agradece a todo el personal técnico del Centro de Investigación Pesquera de Alvarado, Ver., así como también a la tripulación del B/I Onjuku por su gran sentido de colaboración, interés y apoyo durante las actividades del proyecto de investigación.

BIBLIOGRAFIA

- BAGENAL, T. B. 1968. Eggs and early life history. In methods for assesment of fish production in fresh waters. W. E. Ricker (ed). I. B. P. Handbook 3(1):159-169. Blackwell.
- BOOLOOTIAN, R. A., A. 1962. Farmanfarmaian and A. C. Giese. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. Biol. Bull., 122(2):183-193.
- COX, K. W. 1960. Review of the abalone in California. Calif. Fish and Game 46(4):381-406.
- DOI, *et al.* 1979. Análisis de la población y diagnóstico de la pesquería del abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) en el área de Punta Abreojos e Isla de Cedros, B. C. Dirección General del Instituto Nacional de Pesca. Serie Científica No. 18. México.
- GIESE, A. C. 1959. Comparative physiology: Annual reproductive cycles of marine invertebrates. Annual review of physiology 21:547-576.
- GIORGI, A. E. and J. D. DeMartini. 1977. A study of the reproductive biology of the red abalone, *Haliotis rufescens* Swainson, near Mendocino, California. Cal. Fish. Game, 63(2):80-94.
- INO, T. 1952. Biological studies on the propagation of japanese abalone. Tokai-ku suisan kenkyoju hokoku 5:1-102.
- MOLINA, M. J. y F. LOPEZ S. 1979. Informe de la temporada de pesca de abulón 1978-1979 en la parte centro y nor-occidental de la península de Baja California. Departamento de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. Centro de Investigación Pesquera de Ensenada.

- MOLINA, M. J. (inédito). Algunos aspectos de la pesquería del abulón en tres zonas de captura en Baja California durante la temporada de pesca 1979-1980. Departamento de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca.
- NEWMAN, G. G. 1967. Reproduction of the South African abalone, *Haliotis midae*. S. Afr., Div. of Sea Fish, Invest. Rep., 64:1-24.
- NIKOLSKY, G. V. 1969. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources. Oliver and Boyd (ed). Edimburg. 323 p.
- POORE, GARY C. B. 1973. Ecology of New Zealand abalones, *Haliotis* species (mollusca:gastropoda). 4. Reproduction. New Zeal. J. Mar. Freshwat. Res., 7 (1, 2):67-84.
- THOMPSON, R. J. 1979. Fecundity and reproductive effort in the mussel (*Mytilus edulis*), the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionoectes opilio*) from population in Nova Scotia and Newfoundland. J. Fish. Res. Board Can. 36:955-964.
- TOMITA, KYOJI. 1967. The maturation of the ovaries of the abalone *Haliotis discus bannai*, at Rebun Island, Hokkaido. Hokkaido ritsu suisan shikenjo hokoku 7:1-7.
- YOUNG, J. S. and J. D. DeMartini. 1970. The reproductive cycle, gonadal histology and gametogenesis of the red abalone, *Haliotis rufescens* (Swaison). Calif. Fish and Game., 56(4):298-309.