

**CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA**

**ABUNDANCIA DE JUVENILES DE ABULON AMARILLO
EN RELACION A FACTORES ABIOTICO Y BIOTICOS
EN LA BAHIA DEL ROSARIO B C**

**T E S I S
MAESTRIA EN CIENCIAS**

Ricardo Searcy Bernal

RESUMEN de la tesis que presenta el Oc. Ricardo Searcy Bernal, para cubrir parcialmente los requisitos para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina.

Resumen aprobado por:


M.C. Anamaria Escofet

ABUNDANCIA DE JUVENILES DE ABULON AMARILLO (*Haliotis corrugata*)
EN RELACION A FACTORES ABIOTICOS Y BIOTICOS EN LA BAHIA DEL
ROSARIO B.C., MEXICO

RESUMEN

Se analiza información de 26 muestras de variables abióticas y bióticas, asociadas a la abundancia de juveniles del abulón amarillo *Haliotis corrugata*, en la Bahía del Rosario, B.C., colectadas de julio de 1985 a enero de 1986 mediante buceo autónomo.

Los predictores considerados (22 en total) incluyen características del sustrato, variables físicas del medio y composición de la flora y fauna bentónicas.

Se utilizaron técnicas estadísticas univariadas (análisis de correlación simple) y multivariadas (análisis de regresión múltiple y análisis discriminante), para tratar de relacionar la abundancia de *H. corrugata* con el resto de variables.

Los métodos multivariados, con modalidades por pasos, resultaron ser más útiles en el presente problema, sugiriendo asociaciones positivas de *H. corrugata* con las variables: relación roca/arena, profundidad, macroalgas no calcáreas, algas coralinas incrustantes, corrientes y refugios; así como asociaciones negativas con los erizos herbívoros *Strongylocentrotus franciscanus* y *Lytechinus pictus*, y la estrella omnívora *Patiria miniata*.

Se esbozan recomendaciones sobre la siembra de juveniles de esta especie de abulón, en base a los resultados obtenidos y otras consideraciones técnicas.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION
SUPERIOR DE ENSENADA

DIVISION OCEANOLOGIA
DEPARTAMENTO ECOLOGIA MARINA

ABUNDANCIA DE JUVENILES DE ABULON AMARILLO (*Haliotis corrugata*)
EN RELACION A FACTORES ABIOTICOS Y BIOTICOS EN LA BAHIA
DEL ROSARIO B.C., MEXICO

TESIS QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS PARA
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS PRESENTA

RICARDO SEARCY BERNAL

ENSENADA B.C., AGOSTO DE 1986

TESIS APROBADA PARA SU DEFENSA POR:



M.C. Anamaria Escofet Giansone, Director del Comité



Dr. Alberto Carvacho Bravo, Miembro del Comité



Dr. José Rubén Lara Lara, Miembro del Comité



M.C. Francisco Suárez Vidal, Miembro del Comité



M.C. Gregory Hammann, Jefe del Departamento de Ecología Marina



Dr. José Rubén Lara Lara, Director Interino de la División de Oceanología

C. Nava B.

M.C. Cuauhtémoc Nava Button, Director Académico Interino

Tesis presentada en Agosto 18, 1986

A MI MADRE Y LA MEMORIA DE MI PADRE

A MI ESPOSA RINA Y MI HIJA IVONNE

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar en primer término, un agradecimiento especial a mi maestra y asesora M.C. Anamaria Escofet, por haberme proporcionado muchos elementos teóricos y prácticos de la Ecología moderna, para la adecuada ubicación de este trabajo. Su interés y crítica amistosa fueron de inestimable valor en todo momento.

Las atinadas observaciones y correcciones de los miembros de mi Comité : Dr. Alberto Carvacho B., Dr. Rubén Lara L. y M.C. Francisco Suárez V., constituyeron un importante estímulo para superar la calidad del trabajo.

Esta tesis forma parte del proyecto " Estudios sobre la ecología y trasplante de juveniles de abulón *Haliotis* spp. en Baja California ", del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) de la U.A.B.C., contando con financiamiento de la Secretaría de Educación Pública (convenio 84-01-0170) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (convenio PCECBNA-021156). Adicionalmente, este último organismo me proporcionó una beca para desarrollar los estudios de posgrado.

El presente trabajo no podría haberse desarrollado sin el esfuerzo conjunto de todo el personal del proyecto del I.I.O. En especial quiero agradecer la colaboración del Ocean. Alfredo Salas G., tanto en la planeación y co-dirección del proyecto, como en la realización del trabajo de campo. Sus comentarios críticos promovieron la correcta orientación de muchas actividades del proyecto.

El P.O. Antonio Venegas P., técnico y becario de licenciatura en el proyecto, desarrolló la mayor parte del trabajo de muestreo con un alto sentido de responsabilidad y profesionalismo. Su colaboración en el análisis de muestras fue también muy importante. No es posible enlistar aquí a todos los becarios y prestadores de servicio social, que apoyaron la realización de este trabajo; sin embargo, quiero destacar la participación del P.O. Angel Cuevas A. en la planeación y ejecución de una buena parte del trabajo de campo y del estudiante Roberto Flores A., quien colaboró con mucho entusiasmo y dedicación en el procesamiento de las muestras de invertebrados.

Quiero agradecer de una forma muy particular a Ma. Elena Corona Z., por la ejecución tan eficiente y profesional de la mecanografía del escrito, así como por el interés y apoyo que me brindó en esa etapa final del trabajo. La mecanografía de las tablas y la elaboración de las figuras, estuvieron a cargo

de Rosario Preciado R. y Ramón Moreno C. del I.I.O. respectivamente, para quienes también expreso mi agradecimiento.

Por último, agradezco de la manera más especial a mi esposa Rina por su cariño, paciencia y comprensión a lo largo de todo el desempeño de este trabajo y, adicionalmente, por haber dado a luz a nuestra hija Ivonne, quien representa el mejor estímulo para nuestra superación personal en todos sentidos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
1.1. Generalidades	1
1.2. El recurso en México	3
1.3. Planteamiento del problema	6
1.4. Antecedentes sobre la ecología del abulón	8
1.5. Objetivos	20
 2. MATERIALES Y METODOS	 21
2.1. Descripción de la zona de estudio	21
2.2. Prospecciones y selección de estaciones	24
2.3. Muestreo	25
2.4. Definición y medición de variables	27
2.5. Análisis de datos	35
2.5.1. Comentarios generales	35
2.5.2. Relación entre abundancia de <i>H. corrugata</i> y variables abióticas y bióticas	36
 3. RESULTADOS	 46
3.1. Composición de la biota	46
3.2. Relación entre <i>H. corrugata</i> y variables abióticas y bióticas	52
 4. DISCUSION	 67
4.1. Distribución de longitudes de <i>H. corrugata</i>	67
4.2. Descripción general de la comunidad bentónica	68
4.3. Estructura de los datos y modelos estadísticos asumidos	70
4.4. Comparación de métodos univariados y multivariados	74
4.5. Interpretación ecológica de los resultados	76
4.5.1. Consideraciones generales	76
4.5.2. Relación entre juveniles de <i>H. corrugata</i> y variables seleccionadas	79
4.5.3. Resumen del efecto de factores abióticos y bióticos	93

TABLA DE CONTENIDO (continuación)

	Página
4.6. Consideraciones sobre la siembra de semilla de abulón	95
5. CONCLUSIONES	98
6. LITERATURA CITADA	99

LISTA DE FIGURAS

Página

1. Capturas de abulón en Baja California durante el período 1964-1985. 4
2. Localización del área y estaciones de estudio. 22
3. Esquemmatización de dos tipos de fondo para ilustrar las escalas utilizadas en la caracterización del sustrato. 31
4. Representación esquemática del análisis discriminante para dos grupos A y B, en base a dos variables X_1 y X_2 . 43
5. Distribución de longitudes de *H. corrugata* colectados en El Rosario, B.C. 48
6. Frecuencia de los valores de la función discriminante para cada grupo de abundancia de *H. corrugata*. 66

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I.	Relación de variables consideradas en este estudio y unidades de medición de las mismas.	28
II.	Fechas y estaciones de muestreo, incluyendo número y longitudes de los juveniles de <i>H. corrugata</i> colectados.	47
III.	Número de especies por grupos taxonómicos en las muestras de julio de 1985.	49
IV.	Abundancia acumulativa, frecuencia relativa e índice de valor biológico de las 25 especies de moluscos y equinodermos que aparecieron en dos o más muestras.	51
V.	VARIABLES asociadas a cada muestra colectada en este estudio.	53
VI.	Promedios de las variables en cada estación de estudio y probabilidad asociada a la prueba de Mann-Whitney (octubre y noviembre de 1985).	54
VII.	Correlaciones significativas entre las variables abióticas y bióticas consideradas en este trabajo.	56
VIII.	Coefficientes de correlación de Pearson, Spearman y parciales, entre la abundancia de juveniles de <i>H. corrugata</i> y variables abióticas y bióticas.	57
IX.	Resultados de los análisis de regresión múltiple entre <i>H. corrugata</i> y variables abióticas y bióticas, con diferente número de pasos (variables).	58
X.	VARIABLES seleccionadas en la regresión múltiple con 8 pasos, coeficientes sin estandarizar y estandarizados, incluyendo el resultado de la prueba de significación respectiva.	59

LISTA DE TABLAS (continuación)

Tabla		Página
XI.	Comparación de coeficientes de correlación parcial entre abundancia de <i>H. corrugata</i> y variables bíblicas y abíblicas, considerando 22 variables independientes y las 8 sugeridas por el análisis de regresión múltiple por pasos.	61
XII.	Resultado global de los análisis discriminantes múltiples por pasos con diferentes F_p de entrada y salida.	63
XIII.	Variables seleccionadas en el análisis discriminante por pasos con $F_p = 0.5$, coeficientes estandarizados y resultado de la prueba de Wilks sobre significación de las contribuciones.	64

1. INTRODUCCION

1.1. Generalidades

Los abulones son moluscos gasterópodos pertenecientes a la familia Haliotidae, que contiene sólo el género Haliotis. Las características anatómicas más sobresalientes son una concha sólida ovalada y convexa con una hilera de perforaciones laterales; un pie y músculo aductor bastante prominentes, así como estructuras sensoriales epipodiales bien desarrolladas (Cox, 1962).

Estos gasterópodos se presentan en la mayoría de las costas rocosas templadas del mundo y de unas 75 especies reconocidas, sólo 23 aproximadamente son de interés comercial por su tamaño. La mayor parte de las especies comerciales (19) se localizan en el Pacífico continental e insular, y de éstas, 8 habitan los litorales de América del Norte (Mottet, 1978).

Como recurso pesquero, el abulón posee características que lo hacen muy susceptible a la sobrepesca. Por ejemplo, las máximas densidades ocurren a profundidades accesibles al buceo comercial (menos de 40 m), presentan un crecimiento muy lento y, en general, se desplazan muy poco. De hecho, todos los

países productores han tenido el problema de la sobrepesca, lo cual ha alentado la implementación de programas de investigación sobre el recurso, que datan desde fines del siglo pasado en Japón. En Estados Unidos, los estudios inician alrededor de 1939, y las contribuciones de otros países como Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica y México son más recientes (Cox, 1962; Mottet, 1978).

Una buena parte de esas investigaciones se han encaminado hacia el manejo de las pesquerías; pero recientemente se ha dado mucho impulso a la acuicultura de estas especies. En Japón, las primeras experiencias en este sentido se realizaron hace 50 años y en la actualidad es el único país que tiene programas nacionales masivos para el cultivo del recurso (Saito, 1984). En Estados Unidos, existen laboratorios produciendo semilla de abulón desde la década de los 60's (Ebert y Houk, 1984).

En términos generales, el cultivo de los halibúidos consta de dos etapas: la obtención de la semilla en laboratorio y la engorda de la misma. En ésta última, se puede optar por la siembra en fondos rocosos naturales, o bien por su crecimiento en encierros flotantes en el mar o estanques construidos en la costa. Generalmente la semilla se siembra cuando tiene entre 5 y 30 mm de longitud (Mottet, 1978).

1.2. El recurso en México.

En nuestro país, el abulón ha sido un recurso pesquero muy importante por lo menos desde principios del siglo, y se localiza únicamente en el litoral occidental de la península de Baja California.

La captura está reservada al sector cooperativo y se realiza mediante buceo semiautónomo, estando representada por 6 especies: *Haliotis corrugata*, *H. fulgens*, *H. cracherodii*, *H. rufescens*, *H. sorenseni* y *H. assimilis*, conocidas comúnmente como abulón amarillo, azul, negro, rojo, chino y rayado respectivamente (Lluch Belda et al., 1973) (una lapa perforada, *Megathura crenulata*, recibe el nombre común de abulón chino aunque no es un halibido). Las dos primeras especies constituyeron entre el 80 y 100% de las capturas de 1972 a 1982, siendo *H. corrugata* el más importante con una contribución del 55 al 75% en diferentes zonas de la península (Rocha, 1985).

Durante los últimos 10 años, se ha observado un drástico desplome de las capturas, de más de 2,000 toneladas en 1975 a menos de 250 toneladas en 1985 (Figura 1). Aún así, el recurso continúa siendo un pilar fundamental de la economía de

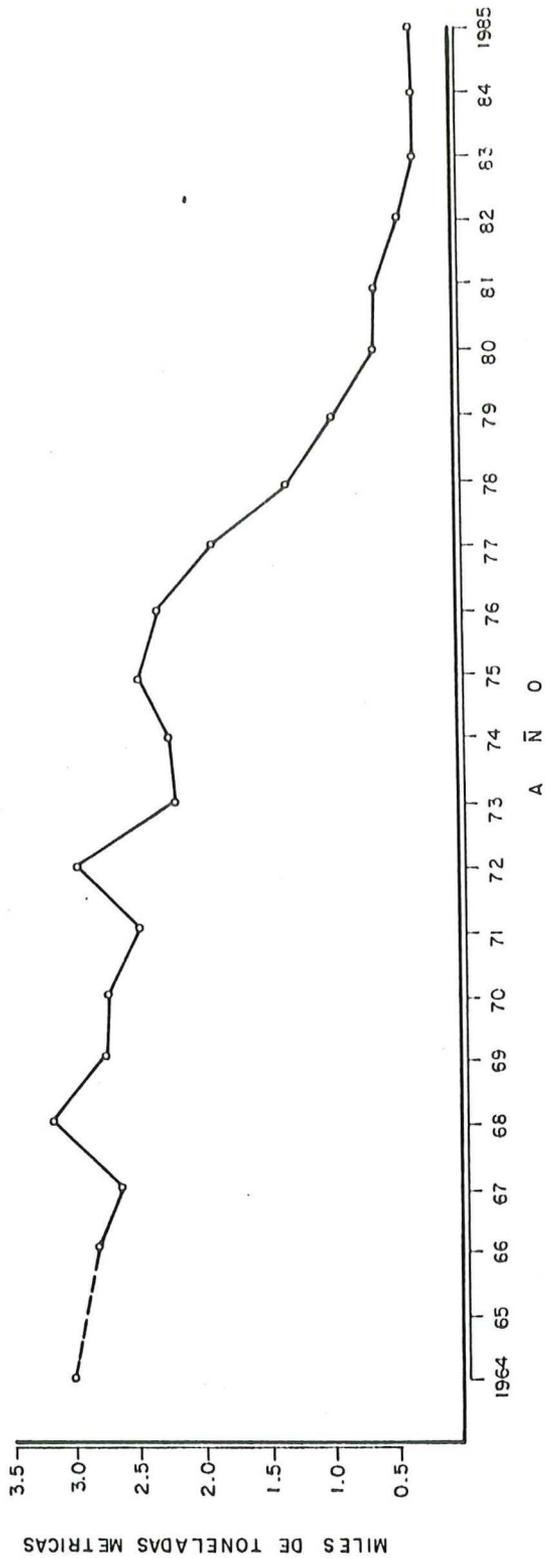


FIG. 1- CAPTURAS DE ABULON EN BAJA CALIFORNIA DURANTE EL PERIODO 1964 - 1985 .

FUENTE : SECRETARIA DE PESCA, ENSENADA, B. C.

las cooperativas pesqueras, ya que es un producto de exportación cuyo precio internacional ha estado aumentando, debido a la escasez mundial del recurso (Morales, 1983; Rocha, 1985).

Para dar una idea del alto valor comercial de este producto, basta señalar que, según datos proporcionados por la Secretaría de Pesca en Ensenada, en 1985 el abulón constituyó únicamente el 14.5% del volumen de capturas de especies reservadas a cooperativas; sin embargo representó el 51.8% del valor de estas capturas.

Las investigaciones biológico-pesqueras en México, a cargo del sector oficial, inician en la década de los 60's y se intensifican en los 70's, proponiéndose una serie de medidas para administrar el recurso, como temporadas de veda, tallas mínimas de captura y regulación del esfuerzo pesquero que, por diversos motivos, no lograron detener el desplome de la pesquería (Lluch Belda *et al.*, 1973; Guzmán del Prób, 1975; Instituto Nacional de Pesca, 1980). Incluso en 1983, la Secretaría de Pesca llegó a plantear la necesidad de vedar totalmente el recurso por 5 años (Morales, 1983), lo cual finalmente no se llevó a cabo ante las protestas del sector cooperativo.

En estas circunstancias, ha tomado cada vez mayor fuerza

la alternativa del cultivo de este gasterópodo, para incrementar la producción en México, siguiendo el ejemplo de otros países como Japón y Estados Unidos.

Actualmente, se encuentran operando dos laboratorios de la Secretaría de Pesca, para producir semilla de abulón, bajo la responsabilidad de la Federación Regional de Cooperativas Pesqueras. Uno de ellos está ubicado en Eréndira, B.C. y el otro en Bahía Tortugas, B.C.S. Las actividades en estos centros acuiculturales se han intensificado en los últimos 3 años, y ya se ha logrado la producción de algunos lotes pequeños de semilla de abulón azul (*H. fulgens*). Un tercer laboratorio de una cooperativa en San Quintín, B.C., ha orientado también sus actividades hacia la producción de semilla de abulón.

1.3. Planteamiento del problema.

Uno de los posibles destinos de la semilla de abulón obtenida en laboratorio, y tal vez el más utilizado en el mundo hasta la fecha, es su siembra en el medio natural. Esta alternativa está siendo considerada por los diferentes laboratorios de producción de semilla en México.

El éxito de la siembra de semilla en el fondo del mar depende en buena medida, del conocimiento ecológico previo. Al respecto, Kikuchi y Uki (1976, p. 18) mencionan textualmente:

"Cuando las técnicas de producción de crías hayan alcanzado un nivel estable, será urgente entrenar a técnicos e investigadores que desarrollen técnicas para la siembra de crías".

Si no se tiene desarrollado este aspecto, aunque se produzcan las crías de abulón, estas servirán únicamente como alimento para unos cuantos peces, y no podrá relacionarse definitivamente con un eficaz incremento en la captura total.

Las técnicas de siembra de crías, a diferencia de las de producción de crías, están altamente influenciadas por las condiciones naturales, por lo que se espera que este campo desarrolle su propia tecnología, de acuerdo a las condiciones de los bancos abuloneros de México".

En México, son prácticamente nulas las investigaciones tendientes a conocer las condiciones ecológicas de los bancos abuloneros. Posiblemente la única excepción sea Guzmán del Rob, *et al.* (1972), que presentan la composición cualitativa de macroalgas colectadas por buzos comerciales de abulón, en

algunos bancos de la península. Sin embargo, los requerimientos alimenticios y de hábitat, para abulones de talla comercial, no son los mismos que para abulones juveniles (Cox, 1962), y de hecho los buzos comerciales mencionan la existencia de "criaderos" de abulón. El presente trabajo pretende contribuir a llenar este vacío de información existente, a través del estudio directo de algunos aspectos ecológicos en "criaderos" de abulón amarillo, esperando que los resultados puedan ser útiles en los programas de siembra que se elaboren en el futuro.

Cabe mencionar que este trabajo forma parte de un proyecto más amplio del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC, que incluye otros temas ecológicos y experimentos sobre cultivo de semilla de abulón rojo, producida en California E.U., contemplándose aquí tanto la siembra en el fondo, como la engorda en artes flotantes y en laboratorio. Avances de este proyecto son proporcionados por Searcy y Salas (1984, 1985, en prensa).

1.4. Antecedentes sobre la ecología del abulón.

El abulón amarillo *H. corrugata*, se distribuye desde Punta Concepción, California (Cox, 1962), hasta Bahía Magdalena, Baja California Sur (Instituto Nacional de Pesca,

1980).

Posiblemente el único estudio de campo, que toca aspectos ecológicos de *H. corrugata*, se debe a Tutschulte (1976), quien investiga la reproducción, crecimiento, alimentación y distribución espacial de la especie en una localidad de California, E.U., cercana al límite norte biogeográfico, en conjunto con *H. fulgens* y *H. sorenseni*. Mottet (1978) menciona, sin embargo, que la biología de los abulones es tan similar que estudios hechos sobre cualquier especie, pueden muy bien tener relevancia para investigaciones sobre abulones de otras partes del mundo.

En esta sección, nos concretamos a hacer mención al ciclo de vida de estos gasterópodos en términos muy generales, para posteriormente particularizar en tres aspectos de especial interés para el presente trabajo: alimentación, competencia y depredación. Siempre que la información disponible lo permite, se hace énfasis sobre *H. corrugata*.

Aspectos del ciclo de vida.

Los halibtidos tienen sexos separados y fertilización externa. Una hembra puede producir varios millones de óvulos maduros por desove. Por lo general, existe sólo una época de desove masivo, aunque hay especies que pueden presentar dos

periodos o incluso desovar a lo largo de todo el año, como *H. rufescens* (Mottet, 1978).

El periodo larval de los abulones es relativamente corto. El asentamiento se ha observado en laboratorio, entre 2 y 11 días después del desove, dependiendo de las especies y condiciones ambientales (Mottet, 1978). En *H. corrugata*, este proceso puede ocurrir de 3.5 a 8 días en función de la temperatura del agua (Leighton, 1974). Las larvas no tienen mecanismos endógenos para la inducción del asentamiento y metamorfosis, requiriendo un estímulo químico del medio, que puede provenir de algas coralinas incrustantes (Morse y Morse, 1984), mucus de otros abulones (Seki y Kan-no, 1981) y otros microorganismos (Morse et al., 1984).

Los abulones asentados, presentan fototactismo negativo y tienden a concentrarse bajo rocas o en grietas del sustrato, lo cual les proporciona protección contra depredadores (Cox, 1962). La mayoría de las especies, no se mueven largas distancias durante su vida. Los desplazamientos pueden deberse, entre otras causas, a la búsqueda de un hábitat más adecuado o a incursiones nocturnas de forrajeo (Cox, 1962; Momma y Sato, 1969; Poore, 1972b; Shepherd, 1973b).

En experimentos de laboratorio con *H. corrugata*, se han observado incursiones alimenticias de juveniles con la

tendencia a regresar al mismo refugio antes del amanecer. Sin embargo los adultos no muestran movimientos considerables en el medio natural (Tutschulte, 1976).

Los abulones presentan un crecimiento lento, requiriendo de 4 a 8 años para alcanzar unos 10 cm, según la especie (Mottet, 1978). Se calcula que la talla comercial del abulón amarillo en México (150 mm), puede obtenerse en 5 a 8 años, dependiendo de la localidad (Doi *et al.*, 1977; Instituto Nacional de Pesca, 1980; Rocha, 1985); aunque según los estudios de Tutschulte (1976) esa longitud se alcanzaría en un periodo mucho mayor.

La longevidad de estos moluscos es considerable; por ejemplo, se estima que *H. corrugata* puede vivir más de 20 años (Tutschulte, 1976; Doi *et al.*, 1977).

Desde su vida temprana, los abulones cambian de dieta por lo menos dos veces y deben sortear diferentes peligros de depredación y otras relaciones interespecíficas. Sobre estos temas se comenta en las siguientes secciones.

Alimentación

Los abulones experimentan una serie de cambios de dieta durante su vida. En la etapa larval pueden alimentarse de

plancton (Cox, 1962), aunque la reserva vitelina es suficiente para cubrir los requerimientos nutricionales en este período (Ebert y Houk, 1984). Después del asentamiento, las diatomeas bentónicas parecen ser el principal alimento (Cox, 1962; Mottet, 1978).

Posteriormente, las algas coralinas incrustantes (en las que comunmente se reclutan) desplazan a las diatomeas bentónicas como el principal alimento, lo cual permite que los pequeños abulones adquieran una coloración rojiza, para mimetizar con las rocas colonizadas por esas algas. Según Cox (1962) en especies japonesas y en el abulón negro (*H. cracherodii*), esto ocurre cuando se forma el primer poro respiratorio, a una longitud de unos 2 mm y 3 o 4 meses de edad (Mottet, 1978). En contraste, Morse y Morse (1984) señalan que en *H. rufescens* este cambio de dieta se presenta desde los 10 días.

Finalmente, los juveniles adoptan la dieta característica de los adultos, a base de macroalgas no calcáreas fundamentalmente. El abulón negro comienza esta dieta a los 10 mm de longitud, según reporta Cox (1962), y aunque este mismo autor señala que los abulones rojos cambian a los 25 mm aproximadamente, se ha demostrado en cultivos de laboratorio que esta última especie inicia la transición entre los 5 y 10 mm, para definir su preferencia por macroalgas no calcáreas a

los 12 mm aproximadamente (Ebert y Houk, 1984).

En esta última fase de alimentación, que prevalece por el resto de la vida de los abulones, cada especie muestra preferencias por ciertos tipos de algas. En Norteamérica y Japón tienden a seleccionar algas café (Leighton, 1966; Mottet, 1978), mientras que las especies de Australia y Nueva Zelanda prefieren las algas rojas no calcáreas (Poore, 1972a), aparentemente en función de su mayor disponibilidad en el Hemisferio Sur (Shepherd, 1973b).

En algunas especies se ha demostrado que las diatomeas bentónicas pueden continuar siendo una parte importante de la dieta en adultos (Leighton y Boolootian, 1963; Paul et al., 1977; Mottet, 1978).

Por otro lado, en análisis de contenidos estomacales de abulones adultos, se han encontrado cantidades moderadas de algas coralinas articuladas (Leighton y Boolootian, 1963; Shepherd, 1973b) y contribuciones menos importantes de coralinas incrustantes (Poore, 1972a; Shepherd, 1973b; Paul et al., 1977).

Investigaciones recientes han demostrado que *H. cracherodii* y *H. fulgens*, pueden alimentarse a base de bacterias asociadas a fuentes hidrotermales y crecer a un ritmo

similar (o incluso mayor) que abulones alimentados con macroalgas (Stein, 1984).

Ahora bien, los abulones pueden consumir también algunos invertebrados pequeños como foraminíferos, briozoarios, hidrozoarios, esponjas, urocordados coloniales, pequeños gasterópodos (<1 mm) y copépodos, aunque en cantidades generalmente poco importantes (Leighton y Boolootian, 1963; Shepherd, 1973b; Mottet, 1978). En una nota reciente, Van Blaricom y Stewart (1986) mencionan haber observado abulones negros adultos, alimentándose de langostillas pelágicas (*Pleurocodes planipes*) en una zona intermareal de California.

En el caso de adultos de *H. corrugata*, se ha mostrado en experimentos de laboratorio que prefieren algas cafées laminariales como *Macrocystis*, *Egregia* y *Eisenia* (Leighton, 1966). En estudios de campo se señala que también tienden a seleccionar una rodofita del género *Placodium* (Tutschulte, 1976). Este último autor señala un 6% de observaciones de abulones amarillos, consumiendo algas coralinas articuladas desprendidas del sustrato.

Los abulones presentan dos tipos de comportamiento alimenticio. Por un lado pueden buscar y pastorear activamente, usualmente durante la noche y, por el otro, adoptan una postura para la captura pasiva de algas a la deriva

que lleguen a ellos, que consiste en levantar la parte anterior del pie (Mottet, 1978). En este segundo caso, un moderado flujo de agua favorece el aporte de material detrítico y estimula la adopción de la característica postura (Leighton y Boolootian, 1963; Shepherd, 1973b). Algunas especies utilizan preferentemente uno de los tipos de comportamiento; mientras otras pueden usar ambos, según la disponibilidad de algas a la deriva (Poore, 1972a, Shepherd, 1973b). Las ventajas energéticas y ecológicas de la captura pasiva de algas desprendidas del sustrato son discutidas por Shepherd (1973b).

Tutschulte (1976), señala que *H. corrugata* y *H. fulgens* presentan incursiones nocturnas de forrajeo activo sólo en etapas juveniles, hasta unos 25 mm de longitud, para posteriormente adoptar la captura pasiva de algas a la deriva.

Competidores'

En los fondos rocosos donde habitan los abulones, existen también otros organismos herbívoros. En particular destacan los erizos que son conocidos como pastoreadores muy voraces y capaces virtualmente de eliminar las macroalgas no calcáreas de zonas extensas (Lawrence, 1975).

Varios autores han sugerido la competencia por alimento entre abulones y erizos, aunque basados en pruebas indirectas.

Por ejemplo Cox (1962) menciona que es común encontrar poblaciones contiguas de ambos organismos, con un grado mínimo de traslape. Asimismo, se han observado desplazamientos de abulones a otras áreas, después de la invasión de erizos (Shepherd, 1973a; Mottet, 1978) y se considera que la sobreexplotación de abulones en algunas áreas, ha contribuido a la proliferación de erizos (Shepherd, 1973a; Tegner y Levin, 1982).

Estudios en laboratorio con invertebrados sublitorales, muestran que *Macrocystis pyrifera* es el alga preferida tanto por los abulones *H. corrugata* y *H. rufescens*, como por los erizos *Strongylocentrotus franciscanus* y *S. purpuratus* (además de otros invertebrados) (Leighton, 1966).

Investigaciones recientes, sugieren que la competencia entre erizos y abulones puede ser a favor de unos u otros, dependiendo de la disponibilidad de alimento. Tegner y Levin (1982), en base a experimentos de laboratorio con *S. franciscanus* y *H. rufescens*, concluyen que a bajas concentraciones de alimento, los erizos inhiben el crecimiento de los abulones; sin embargo esta relación se invierte cuando la disponibilidad de alimento es moderada o alta, resultando en un beneficio para los abulones.

Posiblemente la competencia por espacio entre abulones y

erizos no es muy severa actualmente en California, ya que la intensa explotación comercial de ambos invertebrados ha disminuido sensiblemente las densidades poblacionales, de modo que la disponibilidad de sustrato difícilmente podría considerarse limitante (Tegner y Levin, 1982). Sin embargo, se ha sugerido que los abulones pueden desplazar a los erizos de grietas profundas, que constituyen un mejor refugio, en lugares con buena disponibilidad de alimento (Lowry y Pearse, 1973).

No se ha documentado la competencia del abulón con otros organismos bentónicos.

Depredadores

Excluimos de esta sección el efecto del hombre que, como ya se mencionó, ha mermado alarmantemente las poblaciones naturales de este gasterópodo.

El depredador de abulones más voraz en la costa americana es, sin duda, la nutria marina (*Enhydra lutris*) que puede utilizar rocas para golpear y quebrar conchas (Lowry y Pearse, 1973). Las poblaciones del centro de California, aunque expanden su distribución lentamente, aún no llegan a México, por lo que su trascendencia para el recurso nacional es nula por el momento.

Los peces pueden ser depredadores de abulón muy importantes en diferentes partes del mundo (Mottet, 1978). En California, los principales peces señalados en este sentido son el cabezón *Scorpaenichtys marmoratus*, la vieja *Semicossyphus pulcher* y la morena *Gymnothorax mordax* (Cox, 1962).

Posiblemente los pulpos son los principales invertebrados que consumen abulones, habiéndose documentado esta relación trófica en Europa, Australia y California. Estos moluscos en ocasiones pueden desprender un abulón del sustrato por medios mecánicos, o bien perforar la concha para inyectar un veneno paralizante (Cox, 1962; Mottet, 1978). Tutschulte (1976), menciona que los pulpos (*Octopus spp*) son la principal causa de mortalidad de *H. corrugata* de 2 a 8 años de edad, en su área de estudio.

Dentro de otros invertebrados señalados como depredadores de los halibidos, figuran algunos cangrejos, langostas, estrellas y caracoles carnívoros (Cox, 1962; Shepherd, 1973b; Mottet, 1978; Tegner y Butler, 1985).

Como una de las adaptaciones de los abulones para contrarrestar la depredación, figura el cambio de hábitat conforme crecen, buscando refugios que puedan proteger adecuadamente su tamaño cada vez mayor. Así pasan de habitar bajo rocas pequeñas, a grietas someras, cuevas y cuando

adquieren una longitud suficientemente grande para evitar la depredación, pueden permanecer en la roca expuesta (Shepherd, 1973b).

Sin duda, el forrajeo nocturno representa una ventaja para escapar a la captura por parte de la mayoría de los depredadores, que utilizan la vista para localizar la presa (Mottet, 1978). Por otro lado, cuando se adopta la captura pasiva de algas a la deriva, los abulones pueden permanecer en sus refugios y ser menos vulnerables a la depredación. Sin embargo, ante el ataque de depredadores, la postura de alimentación puede facilitar el desprendimiento del gasterópodo (Cox, 1962; Mottet, 1978).

Una última adaptación que merece comentarse, es la reacción de escape que despliegan los abulones ante la presencia de estrellas de mar carnívoras. La percepción química del depredador hace alejarse a la presa a velocidades más altas que las normales, girando la concha bruscamente para soltarse de pies ambulacrales que se hayan podido adherir (Feder, 1963; Montgomery, 1967).

Existen caracoles y gusanos parásitos, bivalvos y esponjas perforadoras y un camarón comensal, que interactúan con el abulón, aparentemente sin efectos adversos considerables para éste (Cox, 1962).

1.5. Objetivos

Los objetivos de este estudio son:

- a) Describir la relación entre la abundancia de juveniles de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) y algunos factores abióticos y bióticos en la Bahía del Rosario, B.C.
- b) Proponer consideraciones de orden ecológico, sobre la siembra de semilla de abulón en el medio natural.
- c) Comparar el uso de diferentes técnicas estadísticas univariadas y multivariadas en el tratamiento del presente problema.

2. MATERIALES Y METODOS

Durante el periodo de estudio, que comprendió de julio de 1985 a enero de 1986, se efectuaron 31 muestreos en dos estaciones dentro de la Bahía del Rosario.

2.1. Descripción de la zona de estudio

La Bahía del Rosario se encuentra localizada en la parte central de la costa occidental del estado de Baja California, entre los $29^{\circ} 45' 15''$ y $29^{\circ} 56' 45''$ de latitud norte, y $115^{\circ} 49' 15''$ y $115^{\circ} 42' 15''$ de longitud oeste. Punta Baja y Punta San Antonio constituyen los límites de esta bahía, y la Isla San Jerónimo (única en el área) se localiza unos 17 Km al Sur de la costa (Figura 2).

Esta es una zona de fondo predominantemente rocoso con extensos mantos de *Macrocystis pyrifera* y otras algas, así como una considerable abundancia de recursos pesqueros como abulón, langosta, erizo y peces diversos; aunque los dos primeros están severamente reducidos en la actualidad. Los principales campos pesqueros se encuentran en Punta Baja e Isla San Jerónimo, y la playa conocida como Agua Blanca destaca como un embarcadero de importancia. Las dos estaciones (1 y 2) en las que se realizó

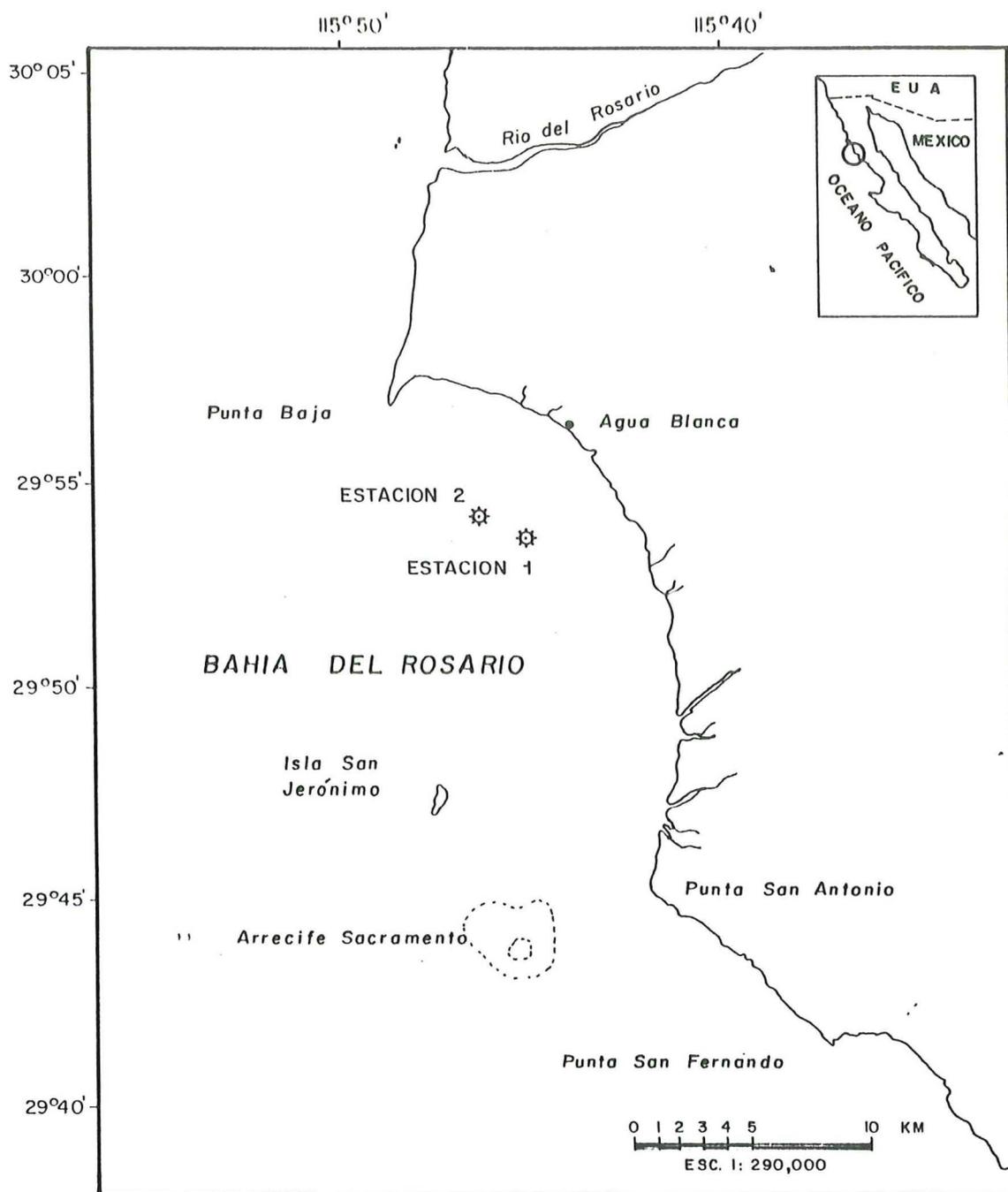


FIG. 2 = LOCALIZACION DEL AREA Y ESTACIONES DE ESTUDIO.

el presente trabajo, se localizan a unos 5 Km de la costa y están separadas entre sí por unos 2 Km (Figura 2). La estación 1 se encuentra a unos 20 m al noreste de un manto pequeño de *M. pyrifera* (0.3-0.5 Ha) mientras que la 2 está rodeada por mantos de mayor extensión, a unos 50 m del más cercano.

Ambas localidades corresponden al panorama típico de fondos rocosos "denudados por erizos" (Lawrence, 1975; Harrold y Reed, 1985), con una comunidad predominantemente de herbívoros, una marcada dominancia de erizos y casi exclusivamente algas coralinas incrustantes dentro de la comunidad vegetal macroscópica.

El sustrato está constituido principalmente por rocas ígneas intrusivas y sedimentarias de forma aplanada o semiesférica, con diámetro menor de 1 m.

La estación 1, con una profundidad promedio de 13 a 14 m, es más somera que la 2 (16-17 m), pero de pendiente general más pronunciada ya que se trata de la ladera de un promontorio (bajo) submarino. La estación 2, por el contrario, presenta un fondo de profundidad casi homogénea y relieve general menos abrupto, con mayor proporción de rocas aplanadas y grava.

2.2. Prospecciones y selección de estaciones

La Bahía del Rosario fue seleccionada entre 9 zonas del norte del estado, en las que se hicieron visitas de reconocimiento de julio a octubre de 1984, ya que sólo aquí se encontraron juveniles de especies sublitorales de abulón (Searcy y Salas, 1984).

Una vez ubicada la zona general de trabajo, se procedió a prospectar diferentes puntos dentro de ella, en busca de estaciones particulares. En esta etapa fue muy valiosa la orientación brindada por buzos comerciales del área.

Los criterios para seleccionar las estaciones fueron dictados por el interés global del proyecto. Además de buscarse un área con densidad de abulón adecuada para los muestreos ecológicos, era deseable la disponibilidad de rocas manipulables para algunos experimentos sobre siembra de abulón rojo.

Después de más de 20 horas de buceos prospectivos en diferentes localidades de la Bahía, se seleccionó la estación 1, iniciándose aquí los trabajos de ecología (y siembra) en julio de 1985, para posteriormente adicionar la estación 2 en octubre del mismo año. En las últimas prospecciones se utilizó

un propulsor submarino.

2.3. Muestreo

Todas las actividades de muestreo se realizaron mediante buceo autónomo, utilizando una embarcación de 6 m. de eslora y motor de 40 H.P.

En cada estación se instaló una boya con anclaje de concreto, que sirvió como referencia para la ubicación de los muestreos.

La rutina de muestreo incluyó: 1) una primera fase de localización y señalamiento de los juveniles de abulón (mediante boyas pequeñas); y 2) una segunda donde, tomando como centro la roca donde se encontraron el o los abulones, se colectaron muestras biológicas y otra información sobre el área.

La primera fase estuvo a cargo de una pareja de buzos; normalmente eran suficientes 20 o 25 minutos de búsqueda para localizar y señalar entre 1 y 3 abulones. Esta actividad consistía básicamente en voltear y revisar cuidadosamente rocas de tamaño moderado. Tomando como centro la boya de referencia

dentro del área denudada, se tomaban rumbos distintos en cada ocasión para orientar las rutas de búsqueda. La mayoría de las muestras correspondió al fondo denudado, aunque algunas se ubicaron en los márgenes de los mantos.

La segunda fase, a cargo de otra pareja de buzos generalmente, consistía en la colocación de un cuadrante de 1 m² y otro de 16 m² alrededor de la roca con el o los abulones, la medición de variables abióticas y bióticas, así como la colecta de muestras biológicas de los cuadrantes.

Los juveniles de abulón encontrados eran medidos con precisión de 0.1 mm; el límite superior de longitud considerado fue de unos 50 mm.

Los cuadrantes, de cuerda de nylon con esquinas metálicas y plomos alrededor, eran colocados por ambos buzos, y posteriormente uno de ellos continuaba con la medición y anotación de las variables que se mencionan en el siguiente apartado; mientras el otro se dedicaba a la colecta de muestras biológicas en bolsas de plástico.

En el cuadrante de 1 m² se realizaba una colecta cuantitativa sobre macrofauna y macroflora bentónica, excluyendo la componente incrustante. En el de 16 m², únicamente se colectaba cualitativamente. La mayoría de las

rocas donde se encontró el abulón eran finalmente recogidas y trasladadas a Ensenada para el estudio posterior de la comunidad incrustantes. Sobre las rocas demasiado grandes para ser removidas, se hicieron colectas *in situ* de los organismos incrustantes. Todas las muestras biológicas se fijaron en formaldehído al 7% preparado con agua de mar.

Los organismos colectados fueron contados e identificados al menor taxon posible, utilizando material bibliográfico de referencia como Smith y Carlton (1975), Morris *et al.* (1980), Keen y Coan (1974), McLean (1978), North (1976) y Abbott y Hollenberg (1976), entre otros.

En este trabajo se analiza únicamente la información referente a los cuadrantes de 1 m², donde se encontró *H. corrugata*, sin incluir la componente incrustante. Por otro lado, sólo la abundancia de invertebrados es manejada a nivel de especie. La información sobre flora se reduce a la estimación de abundancia por ciertos grupos de especies o categorías, según se detalla adelante.

2.4. Definición y medición de variables

En la Tabla I se señalan las variables consideradas en

TABLA I

RELACION DE VARIABLES CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO Y -
UNIDADES DE MEDICION DE LAS MISMAS.

TIPO	VARIABLE	ABREVIACION	MEDICION
TEMPORALES	MES DE MUESTREO	ME	NUMERO * DE MES
SUSTRATO	RELACION ROCA/ARENA	RA	ESCALA 0-4
	PENDIENTE	PE	ESCALA 0-4
	RELIEVE	RL	ESCALA 0-4
	REFUGIOS	RE	ESCALA 0-4
	ROCAS VOLTEABLES	RV	ESCALA 0-4
FISICAS	PROFUNDIDAD	ZM	METROS
	TEMPERATURA	TC	GRADOS CENTIGRADOS
	VISIBILIDAD	VI	ESCALA 0-4
	CORRIENTES	CO	ESCALA 0-4
FLORA	CORALINAS INCRUSTANTES	IN	ESCALA 0-4
	CORALINAS ARTICULADAS	CA	ESCALA 0-4
	OTRAS MACROALGAS	MA	ESCALA 0-4
	ALGAS A LA DERIVA	AD	ESCALA 0-4
FAUNA	<u>Haliotis corrugata</u>	Hc	NUMERO/m ²
	ESPECIES SELECCIONADAS (abreviaciones según nombre científico)		

* Enero se representó como el mes 13 para seguir el orden progresivo.

este estudio, que incluyen tanto variables medidas objetivamente (mes de muestreo, profundidad, temperatura y densidad de invertebrados), como variables medidas subjetivamente (relación roca/arena, pendiente, relieve, refugios, rocas volteables visibilidad, corrientes, abundancia de grupos funcionales de algas, y algas a la deriva).

VARIABLES MEDIDAS OBJETIVAMENTE

Con el objeto de tomar en cuenta posibles efectos temporales independientes del resto de variables estimadas, se consideró el número de mes de muestreo (ME) como una variable. De esta forma a julio le correspondió el número 7, a diciembre el número 12; mientras que a enero se le asignó un 13 para seguir un orden progresivo.

La profundidad (ZM) y temperatura (TC) se registraron mediante instrumentos de buceo convencionales con precisión de 1 pie y 1° F, haciéndose después las conversiones al sistema métrico.

La abundancia de invertebrados, incluyendo los juveniles de *H. corrugata*, se estimó como el número de organismos dentro del cuadrante de 1 m².

Variables medidas subjetivamente

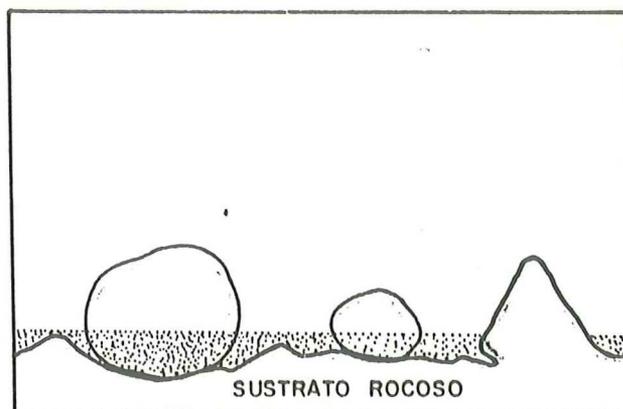
Las variables restantes fueron medidas mediante escalas subjetivas de 0 a 4.

Para la definición y homogenización de criterios respecto a esas escalas, se efectuaron 5 ensayos de estandarización y comparación de puntajes de 4 observadores, durante julio y agosto de 1984 (Searcy y Salas, 1984). Adicionalmente entre abril y mayo de 1985, se practicaron 8 muestreos piloto.

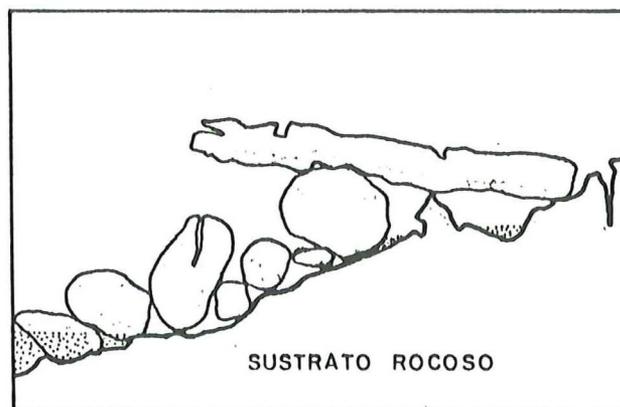
Como otro cuidado para asegurar la consistencia de las estimaciones, éstas estuvieron a cargo de una misma persona el 90% de las ocasiones. En caso de dudas se uniformizaron criterios sobre los puntajes a bordo de la embarcación, inmediatamente después del muestreo.

Las definiciones de las variables y el significado de la escala en cada caso, se mencionan a continuación.

Las primeras cinco variables se refieren a características del sustrato; la figura 3 ilustra el uso de las escalas. Estas constituyen una medida de la heterogeneidad espacial.



RA = 2 PE = 0 RL = 2
 RE = 0 RV = 2



RA = 4 PE = 2 RL = 4
 RE = 4 RV = 4

FIG. 3 - ESQUEMATIZACION DE DOS TIPOS DE FONDOS PARA ILUSTRAR LAS ESCALAS UTILIZADAS EN LA CARACTERIZACION DEL SUSTRATO (ABREVIACIONES SEGUN TABLA I).

Relación roca/arena (RA). Se refiere a la proporción del sustrato constituido por roca sólida, en relación a la cobertura por arena o grava. Un puntaje de 4 corresponde a un 100% de roca, un 0 a un 100% de arena, y los puntos intermedios se definen proporcionalmente, correspondiendo el 1, 2 y 3 a un 25, 50 y 75% de roca respectivamente.

Pendiente (PE). Es la inclinación del sustrato observada dentro del cuadrante de 1 m². Un 0 se asigna a la horizontal ($<10^\circ$) y un 4 a la vertical ($>80^\circ$). El 1 corresponde a unos $10-30^\circ$, el 2 a unos $30-60^\circ$ y el 3 a inclinación de 60° a 80° aproximadamente.

Relieve (RL). Se refiere a la complejidad topográfica. Los fondos totalmente lisos reciben un 0 y los muy rugosos un 4 (Figura 3).

Refugios (RE). Es una estimación de la abundancia de espacios protegidos, potencialmente utilizables por abulones juveniles, pudiendo ser de diverso tipo como rocas volteables o no volteables sobre el sustrato rocoso, grietas en el sustrato, etc. El 0 corresponde a fondos rocosos lisos sin grietas ni rocas sobre él, o bien a fondos arenosos con rocas enterradas sin áreas protegidas disponibles. El 4 se asigna a fondos con una gran abundancia de espacios como los descritos (Figura 3).

Rocas volteables (RV). Estima la proporción de rocas de dimensión moderada en la composición del sustrato. Las dimensiones máximas consideradas dependen de la forma de la roca (para rocas planas unos 0.2 a 0.3 m²). El 0, 1, 2, 3 y 4 corresponden al 0, 25, 50, 75 y 100% de cobertura del fondo por rocas de este tipo, aproximadamente.

Visibilidad (VI). Se refiere a esta característica en el fondo. La relación entre puntajes y distancias aproximadas de campo visual es como sigue: 0=<1m; 1=1 a 3 m; 2=4 a 6 m; 3=7 a 9 m; 4=>9 m.

Corrientes (CO). Con este término amplio, se designa el movimiento de agua en el fondo, debido fundamentalmente a efectos del oleaje.

El 0 se refiere a un movimiento nulo. Cuando se asigna un 1, el movimiento es poco perceptible sin afectar ninguna actividad de muestreo; el 2 representa condiciones en las que se puede desarrollar el trabajo normalmente, pero debiendo invertir algún esfuerzo en mantener la posición adecuada para las actividades. El movimiento del agua correspondiente a un 3 es tal, que el trabajo es solo realizable en forma intermitente, debiéndose suspender momentáneamente cuando pasan olas grandes. Un 4 corresponde a condiciones que imposibilitan el buceo requerido.

Abundancia de grupos de algas. Las diferentes especies de algas fijas al sustrato, se incluyeron en tres grupos funcionales: coralinas incrustantes (IN), coralinas articuladas (CA) y otras macroalgas (normalmente laminariales) (cfr. Ayling, 1981). En el caso de las coralinas incrustantes, la escala corresponde a una estimación de cobertura (0 = 0%, 1 = 25%, 2 = 50%, 3 = 75%, 4 = 100%). Para las coralinas articuladas y macroalgas de otro tipo se consideraron las siguientes equivalencias (0 = ausencia total, 1 = poco abundante, 2 = abundancia regular, 3 = abundancia alta, 4 = abundancia muy alta). Dadas las condiciones de denudación del área de trabajo, un 4 correspondió a más del 50% de ocupación del sustrato.

Algas a la deriva (AD). Es una estimación estática de la cantidad de macroalgas desprendidas (o fragmentos de ellas). Un puntaje de 4 corresponde a una cobertura del sustrato por láminas o fragmentos superior al 50%, o bien, a casos en que un estipe suelto de *M. pyrifera* con su fronda alcanzara a cubrir cualquier porcentaje de área en el cuadrante (por considerarse su disponibilidad potencial como alimento del abulón). El 0 corresponde a ausencia total de algas desprendidas, y los puntajes intermedios se asignan de igual manera que en el caso de macroalgas no calcáreas y coralinas articuladas.

2.5. Análisis de datos

2.5.1. Comentarios generales.

Todo el procesamiento de datos se realizó en la computadora PRIME 400 del CICESE. Para el análisis de fauna se utilizó el paquete LIPREC (elaborado por Daniel Loya S, CICESE) y en el resto de análisis estadísticos, el paquete SPSS (Nie ~~et~~ al., 1975).

Ante la imposibilidad de analizar todos los grupos taxonómicos en el tiempo disponible, se realizaron tres procesos de selección. Las primeras 4 muestras (julio 1985) se analizaron totalmente para seleccionar los phyla que aportaron el mayor número de especies, eliminando aquellas cuya colecta cuantitativa se consideró de precisión dudosa. Una vez definido el subconjunto de especies a considerar, se calculó la abundancia relativa, frecuencia de aparición e índice de valor biológico (IVB) (Sanders, 1960) con el total de muestras, para con la información combinada de los tres criterios seleccionar un número más reducido de especies representativas. En el cálculo del IVB, se utilizó el criterio de una abundancia acumulativa del 95%, que en la muestra de menor dominancia correspondió a 12 especies. Dado que se analizan 26 muestras, el puntaje máximo obtenible es de 312.

Las muestras de octubre y noviembre se utilizaron para hacer una comparación entre estaciones ($n_1=7; n_2=5$), mediante una prueba de Mann-Whitney (Sokal y Rohlf, 1969), ya que el número tan pequeño de muestras no permitió un análisis multivariado.

Todas las variables se transformaron logarítmicamente ($x'=\ln(x+1)$), con la intención de aproximar los supuestos de los métodos usados (normalidad univariada o multivariada, homogeneidad de varianzas o matrices de dispersión, relaciones lineales entre variables, etc) (Clifford y Stephenson, 1975; Walker et al., 1979); aunque no se realizaron pruebas formales que permitan juzgar la bondad de la transformación.

2.5.2. Relación entre abundancia de *H. corrugata* y variables abióticas y bióticas.

Como una primera aproximación al problema, se calcularon las matrices de correlación de Pearson (paramétrica) y Spearman (no paramétrica) entre todas las variables (Sokal y Rohlf, 1969).

Con el objeto de analizar la correlación entre abundancia

de *H. corrugata* y cada variable independiente, controlando las 21 restantes, se aplicó el análisis de correlación parcial. Esta técnica permite remover el efecto de las variables controladas de una manera estadística, asumiendo una estructura lineal. De esta forma pueden descubrirse correlaciones espurias (debidas a otra (s)) o incluso resaltar alguna correlación no evidente en el análisis simple, debido al efecto confuso de interrelaciones presentes (Nie et al., 1975; Morrison, 1976).

Para determinar la importancia relativa de las diferentes variables independientes sobre la abundancia de *H. corrugata*, desde un punto de vista multivariado, se utilizaron dos técnicas para comparar enfoques distintos: análisis de regresión múltiple y análisis discriminante múltiple; en ambos casos siguiendo procedimientos por pasos.

Análisis de regresión múltiple

El modelo general utilizado es:

$$Y_i = a + b_1 X_{i1} + b_2 X_{i2} + \dots + b_j X_{ij} + \dots + b_k X_{ik} + e_i \quad (1)$$

donde Y_i es la abundancia del abulón en la muestra i ; a y b_j :

son los estimadores por mínimos cuadrados de la regresión y e_i es un término de error. El número máximo de predictores es en este caso de 22 ($1 < k < 22$) (Draper y Smith, 1966).

Una prueba global de la significación estadística de la regresión, es proporcionada por el estadígrafo

$$F = \frac{SS_{\text{reg}} / k}{SS_{\text{res}} / (n - k - 1)} = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / (n - k - 1)} \quad (2)$$

donde SS_{reg} es la suma de cuadrados explicada por la ecuación de regresión; SS_{res} es la suma de cuadrados no explicada o residual; k es el número de predictores; n es el tamaño de muestra y R^2 el coeficiente de determinación (cuadrado del coeficiente de correlación múltiple R). Esta relación sigue aproximadamente una distribución F con k y $n - k - 1$ grados de libertad (Draper y Smith, 1966).

La hipótesis nula que se prueba es $H_0: R = 0$, que es equivalente a $H_0: b_1 = b_2 = \dots = b_k = 0$ (Nie et al., 1975).

El método de regresión por pasos utilizado es el de selección progresiva (= forward selection), que consiste en la entrada de las variables independientes, una a una, en el orden de su respectiva contribución a la suma de cuadros explicados,

medida a través de su coeficiente de correlación parcial. El proceso de selección se detiene al alcanzarse criterios preestablecidos, como puede ser el número de variables (pasos) a considerar.

Una prueba de la significación de la contribución de cada variable X_j , seleccionada en un paso determinado, es aportada por la relación:

$$F_j = \frac{SS_j / 1}{SS_{res} / (n - k - 1)} \quad (3)$$

donde SS_j es la suma de cuadrados correspondiente a la adición de la variable X_j , y SS_{res} , n y k tienen el mismo significado que en (2). Los grados de libertad de cada F_j son 1 y $n - k - 1$ (Draper y Smith, 1966; Nie et al., 1975).

En este trabajo se calcularon regresiones múltiples con diferente número de pasos, para determinar y seleccionar el máximo número de variables que proporcionaba una regresión significativa, de acuerdo con (2). Sólo el número de pasos fue introducido en el programa de SPSS, sin modificar las otras especificaciones internas del mismo.

Una vez seleccionado ese subgrupo de variables, se repitió el análisis de correlación parcial incluyendo éstas únicamente,

comparándose con el inicial (que comprendió todas las variables).

Análisis discriminante múltiple

Un enfoque distinto al problema de relacionar la abundancia de *H. corrugata* con otras variables, consiste en hacer grupos de muestras con diferentes abundancias, y comparar los conjuntos de variables asociadas a cada uno de ellos. En este trabajo un grupo A ($n_a = 20$), consistió en las muestras con 1 abulón/m², y el grupo B ($n_b = 6$) de aquellas con 2 o más abulones/m².

Como un primer paso en el análisis, se debe practicar una prueba de homogeneidad de centroides, en el hiperespacio de k variables, a través de un análisis de varianza multivariado (MANOVA), ya que un análisis discriminante válido requiere de una diferencia significativa entre los centroides poblacionales (Pimentel, 1979).

Esta prueba se basa en el estadígrafo lambda de Wilks (Λ) que es definido por:

$$\Lambda = \frac{|W|}{|T|} \quad (4)$$

donde W es la matriz de productos cruzados dentro de grupos y T es la matriz total de productos cruzados (existen otros métodos más eficientes para su cálculo). Este estadígrafo se puede aproximar a una distribución χ^2 , para calcular significación estadística, según la relación:

$$\chi^2 = - \left(n - \frac{k+g}{2} - 1 \right) \ln \Lambda \quad (5)$$

donde n es el tamaño de muestra total, k es el número de variables discriminantes (originales) que se utilizan y g el número de grupos (en este caso $g = 2$). La prueba se realiza con k grados de libertad en el caso particular de dos grupos (Cooley y Lohnes, 1971).

El análisis anterior no provee una estimación de la distancia entre centroides, ni se puede determinar de qué forma sinérgica se combinaron las variables para conducir a un MANOVA significativo. Esto, en parte, es la función del análisis discriminante (Pimentel, 1979), cuyo principal objetivo es encontrar combinaciones lineales entre las variables originales, que maximicen la diferencia entre los grupos predefinidos, reduciendo el análisis a un subespacio de dimensión mucho menor que k , facilitando la interpretación (Cooley y Lohnes, 1971; Walker *et al.*, 1979).

Estas combinaciones o funciones discriminantes son de la forma

$$D_i = d_{i1} X_1 + d_{i2} X_2 + \dots + d_{ij} X_j + \dots + d_{ik} X_k \quad (6)$$

donde D_i es el puntaje en la función discriminante i y d_j es un coeficiente que estima la importancia de la variable X_j . Es más interpretable el uso de los coeficientes estandarizados, que resultan del análisis con las variables originales en forma estandarizada (Z_j) (Nie et al., 1975).

Para el caso de dos grupos, sólo se puede determinar una función discriminante, cuya interpretación geométrica con dos variables discriminantes, se señala en la Figura 4. En este caso, el vector \mathbf{d} que contiene los d_j , se obtiene mediante la ecuación matricial

$$\mathbf{d} = \mathbf{D}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2) \quad (7)$$

donde \mathbf{D} es la estimación agregada de la matriz de dispersión poblacional Σ ; $\bar{\mathbf{x}}_1$ y $\bar{\mathbf{x}}_2$ son los centroides muestrales de los grupos. Utilizando este vector de coeficientes es también posible clasificar observaciones (muestras) de poblaciones desconocidas, dentro de uno u otro grupo (Morrison, 1976).

De una manera análoga, se pueden clasificar las muestras

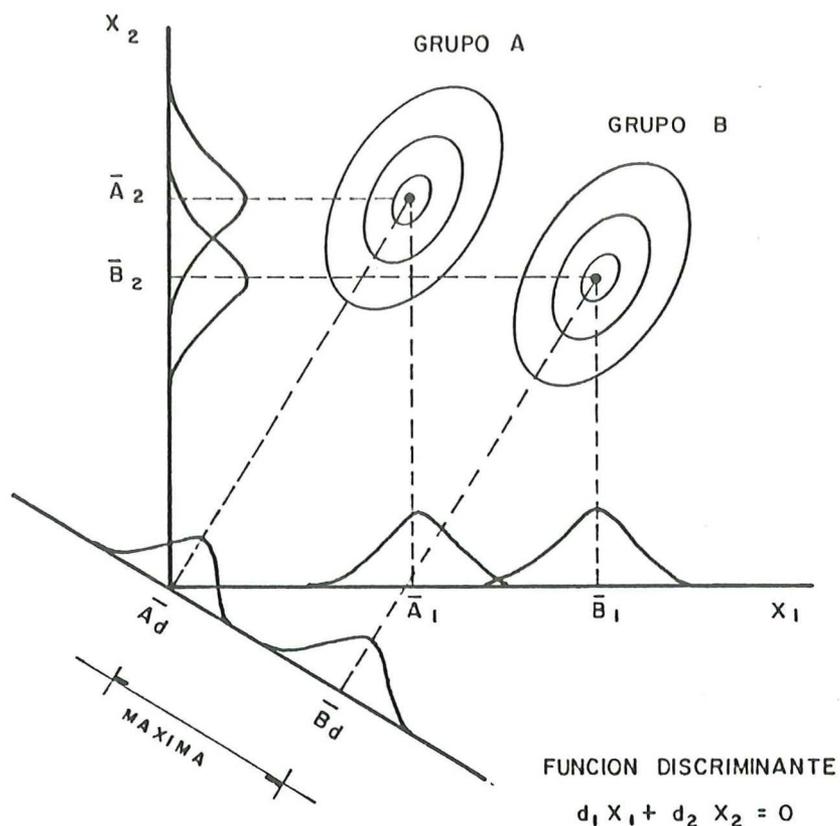


FIG. 4 - REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL ANALISIS DISCRIMINANTE PARA DOS GRUPOS A y B, EN BASE A DOS VARIABLES X_1 y X_2 . LA FUNCION DISCRIMINANTE ES UN NUEVO EJE CON LA PENDIENTE QUE MAXIMIZA LA SEPARACION ENTRE LOS GRUPOS. LOS ELIPSES DEFINEN REGIONES DE IGUAL DENSIDAD PROBABILISTICA. (MODIFICADO DE GREEN Y VASCOTTO, 1978).

originales usadas para derivar la función, y mediante la comparación entre la agrupación predicha y la real, se puede medir empíricamente el éxito de la discriminación, observando el porcentaje de clasificaciones correctas. Otra medida de la importancia de la función discriminante, es el coeficiente de correlación canónica que estima la relación existente entre la función y los grupos (Nie et al., 1975).

Esta técnica también se puede realizar mediante un procedimiento por pasos, en el cual se selecciona primero la variable que produce la mayor separación entre los grupos. La siguiente variable seleccionada es aquella que, en conjunto con la primera, maximiza esa separación y así sucesivamente, hasta que se alcanza algún criterio de terminación preestablecido (Walker et al., 1979). Por ejemplo, se puede fijar el valor mínimo aceptable de la F parcial asociada a la adición de cada nueva variable. Mientras menor sea este valor, más variables entrarán en el análisis, y si $F_p = 0.0$ serán consideradas todas las existentes (Nie et al., 1975).

En cada paso, se puede medir la separación global entre grupos, en base a las variables en la ecuación hasta ese punto, a través de la lambda de Wilks (Λ) y su aproximación a una χ^2 para juzgar significación estadística (Nie et al., 1975).

En el presente trabajo, se realizaron análisis

discriminantes por pasos con diferentes F parciales mínimas, para lograr la inclusión de distintos números de variables. El criterio de F parcial que produjo una diferencia significativa inicial entre centroides, con el mayor número de variables, fue seleccionado para las inferencias posteriores. La inclusión de variables se basó en la maximización de la F multivariada entre grupos (método de Wilks en SPSS).

En el procedimiento de clasificación se utilizaron las matrices de dispersión de cada grupo, en lugar de la matriz agregada dentro de grupos, para evitar la presuposición de homogeneidad de dispersiones, que no puede ser probada aquí debido al tamaño de muestra tan pequeño del grupo B.

3. RESULTADOS

En sólo 26 de las 31 muestras obtenidas se encontró *H. corrugata*. Las 5 restantes correspondieron a *H. sorenseni* y su análisis se excluye del presente trabajo.

En la Tabla II se señalan las fechas y estaciones de muestreo, así como el número y longitud de los juveniles de *H. corrugata* encontrados en cada caso. La Figura 5 presenta la distribución de esas longitudes para el total de organismos y para dos agrupaciones correspondientes a distintos periodos.

3.1. Composición de la biota.

La composición faunística de las 4 muestras de julio de 1985, por grupos taxonómicos, se refiere en la Tabla III, observándose la importancia de moluscos y equinodermos, que en conjunto aportan un promedio de 73.1% del número de especies registradas. Por este motivo, se decidió considerar sólo estos phyla en el procesamiento posterior. Sin embargo, se consideró conveniente eliminar algunos subgrupos que no se pudieron coleccionar con la precisión deseable. Tal es el caso de los bivalvos, gasterópodos tubícolas y ofiúridos. Aún excluyendo estos grupos, la contribución promedio de moluscos y equinodermos, dentro del total de especies es de un 61.0% (al

TABLA II

FECHAS Y ESTACIONES DE MUESTREO, INCLUYENDO NUMERO Y -
LONGITUDES DE LOS JUVENILES DE H. corrugata COLECTADOS.

NO. MUESTRA	FECHA	ESTACION	No. ABULONES POR M ²	LONGITUD (mm)
1	6-JUL-85	1	2	16.5, 15.0
2	9-JUL-85	1	1	27.4
3	10-JUL-85	1	1	21.0
4	10-JUL-85	1	2	26.0, 28.0
5	22-AGO-85	1	1	28.8
6	22-AGO-85	1	1	29.0
7	23-AGO-85	1	1	22.3
8	23-AGO-85	1	2	28.0, 17.0
9	9-SEP-85	1	1	23.0
10	9-SEP-85	1	1	14.0
11	10-SEP-85	1	1	23.0
12	10-SEP-85	1	1	21.0
13	19-OCT-85	2	1	42.0
14	19-OCT-85	2	1	28.8
15	20-OCT-85	2	1	32.0
16	20-OCT-85	1	4	31.0, 41.0 42.0, 52.0
17	21-OCT-85	1	1	28.0
18	21-OCT-85	1	1	32.0
19	21-OCT-85	1	1	39.0
20	22-NOV-85	2	1	29.2
21	22-NOV-85	2	1	29.2
22	24-NOV-85	1	2	28.0, 32.0
23	24-NOV-85	1	1	32.0
24	24-NOV-85	1	1	31.0
25	26-ENE-86	2	1	48.3
26	26-ENE-86	2	2	26.4, 38.2

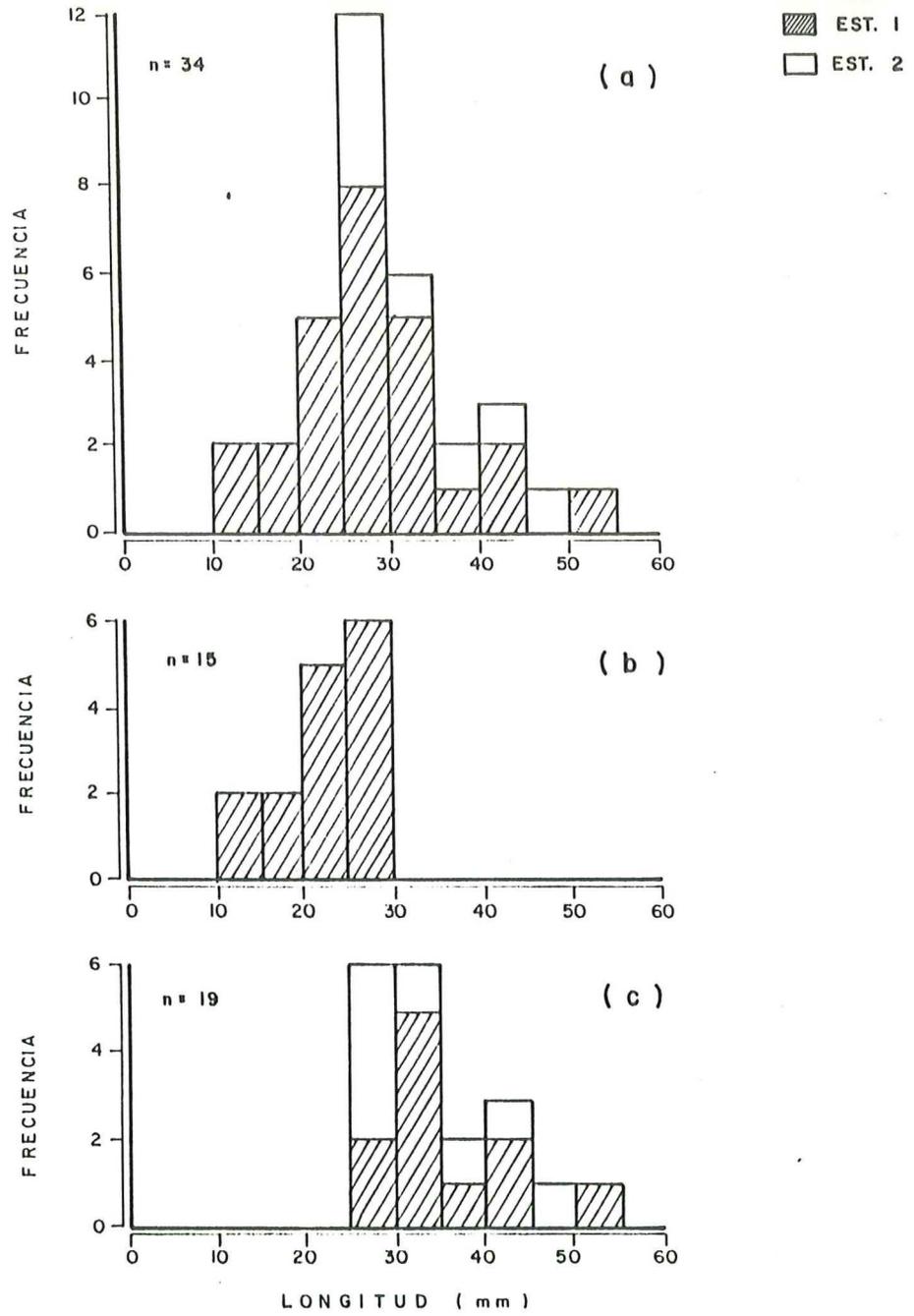


FIG. 5 - DISTRIBUCION DE LONGITUDES DE *H. corrugata* COLECTADOS EN EL ROSARIO, B. C. a) JULIO 1985 - ENERO 1986 ; b) JULIO - SEPTIEMBRE 1985; c) OCTUBRE 1985 - ENERO 1986 .

TABLA III

NUMERO DE ESPECIES POR GRUPOS TAXONOMICOS EN LAS MUESTRAS DE JULIO DE 1985.

GRUPOS	MUESTRAS			
	1	2	3	4
A. MOLUSCOS				
a. Caracoles	3	8	5	2
b. Lapas	1	1	1	2
c. Opistobranquios	2	0	0	0
d. Tubícolas	NC ¹	NC	2	1
e. Bivalvos	NC	NC	4	3
f. Quitones	1	3	2	NC
B. EQUINODERMOS				
a. Erizos	2	2	2	2
b. Estrellas	2	1	3	2
c. Holotúridos	2	1	4	2
d. Ofiúridos	NC	1	NC	NC
C. CELEENTERADOS	2	1	1	1
D. ANELIDOS	7	NC	1	NC
E. BRIOZOARIOS ²	0	0	1	0
F. ESPONJAS ²	2	NC	2	1
G. CRUSTACEOS	NC	2	2	NC
H. UROCORDADOS	1	1	1	0
I. OTROS	NC	NC	1	NC
TOTAL	25	21	32	16
% (A+B)	52.0	80.9	71.9	87.5
% (A+B) corregido ³	52.0	76.2	53.1	62.5

1 Organismos no colectados posiblemente por efectos del muestreo.

2 No se incluyen especies incrustantes.

3 Excluyendo bivalvos gasterópodos tubícolas y ofiúridos.

menos en las 4 muestras de julio).

A lo largo del período de estudio se identificaron 35 especies de los taxa mencionados, que ocurrieron dentro los cuadrantes de 1 m², de las cuales 10 aparecieron sólo en una ocasión.

La información relevante sobre la abundancia, frecuencia de ocurrencia en las muestras e índice de valor biológico (IVB), aparece en la Tabla IV. Las primeras 8 especies fueron seleccionadas para el análisis posterior, las cuales acumulan más del 83% de la abundancia, aparecen al menos en una tercera parte de las muestras y tienen puntajes altos de IVB. Las primeras 5 especies según los 3 criterios son equinodermos. Destacan en particular los erizos que ocupan los 3 primeros lugares. *S. purpuratus* fue sin duda la especie más abundante; sin embargo *S. franciscanus* apareció con mayor frecuencia y abundancia relativas altas, lo cual lo clasifica como el primer lugar según el IVB. El erizo menos importante numéricamente es *Lyttechinus pictus*. Un holotúrido (posiblemente *Cucumaria miniata*), ocupa el 4o. lugar en abundancia, pero el 5o. en IVB, siendo superado por la estrella *P. miniata*. Los 3 gasterópodos herbívoros clasificados en el 6o., 7o. y 8o. lugar según los diferentes criterios, parecen tener una importancia similar (Tabla IV).

TABLA IV

ABUNDANCIA ACUMULATIVA, FRECUENCIA RELATIVA E INDICE DE VALOR BIOLÓGICO DE LAS 25 ESPECIES DE MOLUSCOS Y EQUINODERMOS QUE APARECIERON EN DOS O MAS MUESTRAS.

No.	ESPECIE	No.	% AB. ACUM.	% FREC.	I.V.B.
1	<u>Strongylocentrotus purpuratus</u>	151	32.13	73.08	220
2	<u>Strongylocentrotus franciscanus</u>	80	49.15	80.77	231
3	<u>Lytechinus pictus</u>	63	62.55	65.38	182
4	<u>Cucumaria miniata</u> (?)	26	68.09	46.15	114
5	<u>Patiria miniata</u>	21	72.55	53.85	135
6	<u>Astraea gibberosa</u>	19	76.60	30.77	80
7	<u>Crepidula onyx</u>	17	80.21	30.77	87
8	<u>Astraea undosa</u>	14	83.19	34.62	86
9	<u>Parastichopus parvimensis</u>	11	85.53	23.08	58
10	<u>Eupentacta quinquesemita</u>	6	86.81	15.38	40
11	<u>Psolus quitinoides</u> (?)	6	88.09	19.23	46
12	<u>Tegula regina</u>	5	89.15	11.54	27
13	<u>Kelletia kelleti</u>	5	90.21	11.54	31
14	<u>Pachytione rubra</u>	4	91.06	11.54	28
15	<u>Megathura crenulata</u>	4	91.91	7.69	19
16	<u>Chaetopleura gemma</u>	3	92.55	7.69	17
17	<u>Tegula aureotincta</u>	3	93.19	7.69	19
18	<u>Lepidozona sp.</u> (?)	3	93.83	7.69	16
19	<u>Calliostoma tricolor</u>	3	94.47	11.54	27
20	<u>Cypraea spadicea</u>	3	95.11	7.69	18
21	<u>Maxwellia santarosana</u>	3	95.75	11.54	28
22	<u>Trivia solandri</u>	2	96.17	7.69	19
23	<u>Macron aethiops</u>	2	96.60	7.69	21
24	<u>Conus californicus</u>	2	97.02	7.69	18
25	<u>Pisaster giganteus</u>	2	97.45	7.69	17

(?) Identificación dudosa.

Dentro del grupo de algas coralinas incrustantes, dominaron *Lithothamnium californicum* y *Lithophyllum lichenare*; las algas coralinas articuladas más importantes fueron *Bosiella orbigniana* y *Calliarthon tuberculosum*; mientras que dentro de las macroalgas no calcáreas destacan *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria farlowii* y *Pterygophora californica*, con una predominancia de la primera. En este último grupo fue rara la contribución de rodofitas o clorofitas. La mayor proporción de algas a la deriva estuvo compuesta por láminas o fragmentos de estipes con frondas de *M. pyrifera*.

3.2. Relación entre *H. corrugata* y variables abióticas y bióticas.

En la Tabla V es presentada la matriz original de datos. Las últimas 9 variables se refieren a *H. corrugata* y las 8 especies seleccionadas. Las abreviaciones de éstas corresponden a las iniciales del nombre científico (ej.: *H. corrugata* = Hc).

La probabilidad asociada a cada prueba de Mann-Whitney entre estaciones de muestreo se señala en la Tabla VI, donde se incluyen también las medias aritméticas por variable. Es evidente la mayor profundidad de la estación 2, y tres

TABLA V

VARIABLES ASOCIADAS A CADA MUESTRA (No) COLECTADA EN ESTE ESTUDIO.
 VER ABREVIACIONES EN LA TABLA I. LAS ULTIMAS 8 COLUMNAS CORRESPON-
 DEN A LAS PRIMERAS ESPECIES DE LA TABLA IV.

No.	ME	RA	PE	RL	RE	RV	ZM	TC	VI	CO	IN	CA	MA	AD	Hc	Sf	Sp	Lp	Pm	Cm	Au	Co	Ag
1	7	3	0	2	3	2	13.7	14.4	2	1	4	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	2	0
2	7	3	0	2	2	2	13.1	13.3	2	1	3	0	1	0	1	4	2	0	0	0	0	1	0
3	7	3	1	2	2	2	13.1	13.3	2	1	3	1	0	2	1	1	1	0	1	4	0	0	0
4	7	4	2	2	3	2	13.1	13.3	2	1	4	0	0	0	2	1	6	0	0	0	0	0	0
5	8	3	1	1	3	2	15.2	12.2	3	1	3	1	0	0	1	2	8	1	0	0	0	0	1
6	8	3	1	3	3	3	15.2	12.2	3	1	3	1	1	0	1	7	23	0	0	0	1	1	0
7	8	3	1	2	3	3	13.7	12.2	3	2	2	1	1	1	1	6	5	1	1	3	0	1	4
8	8	4	1	2	3	3	13.7	12.2	3	2	3	0	1	4	2	6	4	2	0	1	0	1	0
9	9	3	1	2	2	2	12.2	14.4	2	1	3	0	1	0	1	1	2	0	0	0	1	0	0
10	9	4	1	3	4	4	14.6	14.4	2	1	2	1	0	0	1	4	11	2	2	2	0	1	0
11	9	3	1	2	2	2	14.6	14.4	2	2	2	0	1	4	1	7	9	0	0	0	0	0	0
12	9	3	1	1	2	3	14.6	14.4	2	1	2	0	1	1	1	1	0	3	0	0	2	0	1
13	10	3	0	2	3	3	16.5	14.4	2	1	4	0	0	1	1	1	3	4	2	0	3	3	3
14	10	3	1	1	1	1	16.5	14.4	2	1	3	0	1	1	1	4	7	3	0	1	0	0	0
15	10	2	1	2	1	2	16.5	14.4	2	1	4	0	0	1	1	0	0	4	0	1	0	0	2
16	10	3	1	1	2	2	16.8	14.4	2	2	2	0	2	4	4	0	0	2	1	0	4	0	0
17	10	3	1	2	2	3	9.1	13.9	3	2	2	0	2	2	1	0	0	4	0	0	1	0	0
18	10	3	3	3	4	4	13.7	13.9	3	2	2	0	1	2	1	2	0	0	0	4	0	0	0
19	10	3	1	3	3	3	13.7	13.9	3	2	3	0	1	2	1	1	0	3	3	0	0	0	0
20	11	3	1	2	3	3	16.8	13.3	3	0	2	0	1	4	1	8	0	13	1	1	2	0	2
21	11	3	1	2	3	2	17.1	13.3	2	1	3	1	0	3	1	8	9	2	3	1	0	0	0
22	11	3	1	2	2	2	13.7	13.3	3	2	3	1	1	0	2	3	20	0	0	0	0	0	0
23	11	3	1	2	2	2	13.7	12.2	3	2	3	1	1	0	1	0	23	5	0	0	0	0	0
24	11	3	1	2	1	1	14.6	13.3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	0
25	13	3	1	1	1	2	16.8	15.0	2	2	3	1	1	0	1	11	7	6	2	1	0	3	4
26	13	3	1	3	2	3	16.8	15.0	2	2	3	1	0	0	2	0	8	7	1	6	0	0	2

TABLA VI

PROMEDIOS DE LAS VARIABLES EN CADA ESTACION DE --
 ESTUDIO Y PROBABILIDAD ASOCIADA A LA PRUEBA DE --
 MANN-WHITNEY. (OCTUBRE Y NOVIEMBRE DE 1985).

VARIABLE	ESTACION	ESTACION	P
	1 (n=7)	2 (n=5)	
RELACION ROCA/ARENA	3.00	2.80	N
PENDIENTE	1.29	0.80	0.417
RELIEVE	2.14	1.80	0.465
REFUGIOS	2.29	2.20	1.000
ROCAS VOLTEABLES	2.43	2.20	0.808
PROFUNDIDAD	13.61	16.68	0.028
TEMPERATURA	13.56	13.96	0.372
VISIBILIDAD	2.71	2.20	0.167
CORRIENTES	2.00	0.80	N
CORALINAS INCRUSTANTES	2.57	3.20	0.223
CORALINAS ARTICULADAS	0.43	0.20	0.570
OTRAS MACROALGAS	1.29	0.40	0.051
ALGAS A LA DERIVA	1.57	2.00	0.745
<u>H. corrugata</u>	1.57	1.00	N
<u>S. franciscanus</u>	1.00	4.20	0.168
<u>S. purpuratus</u>	6.29	3.80	0.871
<u>L. pictus</u>	2.14	5.20	0.194
<u>P. miniata</u>	0.71	1.20	0.570
<u>C. miniata</u> (?)	0.71	0.80	0.291
<u>A. undosa</u>	1.14	1.00	0.935
<u>C. onyx</u>	0.14	0.60	0.871
<u>A. gibberosa</u>	0.00	1.40	0.104

N = El cálculo no se pudo realizar por la existencia de dispersiones nulas (ver texto).

variables no pudieron ser comparadas por contener dispersiones nulas.

Tanto las matrices de correlación de Pearson como de Spearman arrojaron muy pocos coeficientes significativos (Tabla VII). En particular, ninguna correlación entre la abundancia de *H. corrugata* y las demás variables resultó significativa, al igual que en el análisis de correlación parcial (Tabla VIII).

La Tabla IX resume el resultado del análisis de regresión múltiple con diferente número de pasos. Se observa que aunque el coeficiente de determinación (R^2) disminuye con el número de pasos, aumenta la significación estadística de la regresión. Con 8 pasos se obtiene un procedimiento óptimo, ya que fue el máximo número de variables que produjo una regresión significativa, conservando el valor más alto de R^2 sujeto a esta restricción.

Las 8 variables seleccionadas en el procedimiento anterior, con sus coeficientes de regresión y la prueba de significación respectiva, se señalan en la Tabla X, en el orden en que fueron elegidas por el programa. Solo 4 de los 8 coeficientes son significativos al nivel de 0.05. El signo e importancia de cada variable puede observarse en la columna de coeficientes estandarizados. La contribución más alta y de

TABLA VII

CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS VARIABLES --
ABIOTICAS Y BIOTICAS CONSIDERADAS EN ESTE TRABAJO.

VARIABLES	PEARSON r	SPEARMAN r _s
MES vs PROFUNDIDAD	0.394 *	0.551 **
MES vs <u>L. pictus</u>	0.670 ***	0.659 ***
ROCA/ARENA vs REFUGIOS	0.510 **	0.495 **
PENDIENTE vs <u>C. onyx</u>	- 0.568 **	- 0.540 **
RELIEVE vs REFUGIOS	0.487 *	0.493 *
RELIEVE vs R. VOLTEABLES	0.520 **	0.566 **
REFUGIOS vs R. VOLTEABLES	0.721 ***	0.657 ***
REFUGIOS vs VISIBILIDAD	0.408 *	0.404 *
R. VOLTEABLES vs INCRUSTANTES	- 0.406 *	- 0.427 *
R. VOLTEABLES vs VISIBILIDAD	0.411 *	0.433 *
PROFUNDIDAD vs <u>P. miniata</u>	0.416 *	0.452 *
PROFUNDIDAD vs <u>L. pictus</u>	0.374 ns	0.533 **
PROFUNDIDAD vs <u>A. gibberosa</u>	0.434 *	0.479 *
TEMPERATURA vs VISIBILIDAD	- 0.664 ***	- 0.655 ***
INCRUSTANTES vs MACROALGAS	- 0.570 **	- 0.580 **
INCRUSTANTES vs ALGAS DERIVA	- 0.444 *	- 0.440 *
CORALINAS vs ALGAS DERIVA	- 0.390 *	- 0.393 *
CORALINAS vs <u>S. purpuratus</u>	0.615 ***	0.625 ***
CORALINAS vs <u>P. miniata</u>	0.412 *	0.426 *
MACROALGAS vs CORRIENTES	0.367 ns	0.500 **
MACROALGAS vs <u>A. undosa</u>	0.349 ns	0.395 *
ALGAS DERIVA vs <u>S. purpuratus</u>	- 0.508 **	- 0.494 **
<u>S. purpuratus</u> vs <u>A. undosa</u>	- 0.426 *	- 0.412 *
<u>L. pictus</u> vs <u>A. gibberosa</u>	0.545 **	0.559 **

ns= no significativo * = P < 0.05 ** = P < 0.01 *** = P < 0.001

TABLA VIII

COEFICIENTES DE CORRELACION DE PEARSON (r), SPEARMAN - (r_s) Y PARCIALES (r_p) ENTRE LA ABUNDANCIA DE JUVENILES DE H. corrugata Y VARIABLES ABIOTICAS Y BIOTICAS.

NINGUN COEFICIENTE ES SIGNIFICATIVO.

VARIABLES	r	r_s	r_p
MES	- 0.013	- 0.064	- 0.489
RELACION ROCA/ARENA	0.203	0.349	0.544
PENDIENTE	0.003	0.036	- 0.081
RELIEVE	- 0.199	- 0.034	0.107
REFUGIOS	0.036	0.063	0.305
ROCAS VOLTEABLES	- 0.074	- 0.078	- 0.149
PROFUNDIDAD	0.147	- 0.007	0.626
TEMPERATURA	0.132	0.085	0.441
VISIBILIDAD	- 0.128	- 0.072	0.037
CORRIENTES	0.253	0.247	0.263
CORALINAS INCRUSTANTES	0.006	0.218	0.462
CORALINAS ARTICULADAS	- 0.162	- 0.113	0.493
OTRAS MACROALGAS	0.127	- 0.048	0.553
ALGAS A LA DERIVA	0.132	- 0.066	0.438
<u>S. franciscanus</u>	- 0.308	- 0.262	0.059
<u>S. purpuratus</u>	- 0.072	0.062	- 0.293
<u>L. pictus</u>	- 0.065	- 0.140	0.339
<u>P. miniata</u>	- 0.039	- 0.121	- 0.506
<u>C. miniata</u> (?)	- 0.116	- 0.108	- 0.140
<u>A. undosa</u>	0.234	- 0.064	0.181
<u>C. onyx</u>	- 0.086	- 0.022	- 0.434
<u>A. gibberosa</u>	- 0.179	- 0.178	0.198

TABLA IX

RESULTADO DE LOS ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE ----
ENTRE H. corrugata Y VARIABLES ABIOTICAS Y BIOTICAS,
CON DIFERENTE NUMERO DE PASOS (VARIABLES)

No. de pasos (variables)	r^2	F	P
22 (todas)	0.728	0.365	0.932
15	0.630	1.134	0.431
10	0.582	2.088	0.096
9	0.575	2.398	0.061
8	0.549	2.591	0.047
7	0.521	2.796	0.037

TABLA X

VARIABLES SELECCIONADAS EN LA REGRESION MULTIPLE CON 8 PASOS, COEFICIENTES SIN ESTANDARIZAR (b) Y ESTANDARIZADOS (b'), INCLUYENDO EL RESULTADO DE LA PRUEBA DE SIGNIFICACION RESPECTIVA.

VARIABLES	b	b'	F	P
<u>S. franciscanus</u>	- 0.248	- 0.860	14.78	0.001
PROFUNDIDAD	1.435	0.792	11.03	0.004
ROCA/ARENA	1.527	0.631	10.96	0.004
MACROALGAS	0.308	0.502	4.98	0.039
<u>L. pictus</u>	- 0.112	- 0.391	4.24	0.055
PENDIENTE	- 0.180	- 0.224	1.50	0.237
<u>A. undosa</u>	- 0.107	- 0.252	1.37	0.258
ALGAS A LA DERIVA	0.072	0.193	1.08	0.313
CONSTANTE	- 4.926			

signo negativo es de *S. franciscanus*, seguido por coeficientes menores positivos de las variables profundidad, relación roca/arena y macroalgas. El erizo *L. pictus*, con contribución negativa, se encuentra con probabilidad muy cercana a la zona de rechazo ($P = 0.055$) y para fines prácticos se podría considerar significativa.

En la Tabla XI, se compara el análisis de correlación parcial realizado con las 22 variables y con las 8 sugeridas por el análisis de regresión por pasos. Por un lado es evidente la discrepancia de ambos resultados, y adicionalmente, se observa que las probabilidades asociadas a r_2 , son idénticas a las de la Tabla X.

El análisis de regresión múltiple por pasos y el de correlación parcial apoyado en éste, sugieren que dentro de los 5 predictores significativos, se pueden diferenciar dos grupos (Tabla X y XI). El primero, de variables con coeficientes muy significativos ($P < 0.005$), está formado por *S. franciscanus*, relación roca/arena y profundidad; la primera con contribución negativa y las otras dos con signo positivo. El segundo grupo, integrado por macroalgas (coeficiente positivo) y *L. pictus* (coeficiente negativo), se caracteriza por significaciones bastante menores ($0.03 < P \leq 0.05$). El mismo comportamiento, tal vez más evidente, se puede observar en las relaciones F y en los coeficientes estandarizados de regresión (Tabla X).

TABLA XI

COMPARACION DE COEFICIENTES DE CORRELACION PARCIAL ENTRE ABUNDANCIA DE H. corrugata Y VARIABLES BIOTICAS Y ABIOTICAS, CONSIDERANDO 22 VARIABLES INDEPENDIENTES (r_1) Y LAS 8 SUGERIDAS POR EL ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE POR PASOS (r_2)

VARIABLE	r_1	r_2
<u>S. franciscanus</u>	0.059 ns	- 0.682 ***
PROFUNDIDAD	0.626 ns	0.627 **
ROCA/ARENA	0.544 ns	0.626 **
MACROALGAS	0.553 ns	0.476 *
<u>L. pictus</u>	- 0.339 ns	- 0.447 (*)
PENDIENTE	- 0.081 ns	- 0.285 ns
<u>A. undosa</u>	0.180 ns	- 0.273 ns
ALGAS A LA DERIVA	0.438 ns	- 0.244 ns

ns= no significativa (*) $P=0.05$ * $P<0.05$ ** $P<0.01$ *** $P<0.001$

Nótese además que las 3 variables no significativas están bastante alejadas de la región de rechazo de la hipótesis nula ($P > 0.20$).

Los resultados de los análisis discriminantes con distintos F_p y, por lo tanto, diferentes números de variables, se sumarizan en la Tabla XII.

La inclusión de todas las variables no permite separar significativamente los centroides, aunque el porcentaje de clasificaciones correctas y la correlación canónica son máximos. Reduciendo el número de variables aumenta la significación de esa prueba y con una $F_p = 0.5$ se obtiene el número máximo de 7 variables, que produce una diferencia significativa entre centroides. Este caso fue entonces el seleccionado; y los coeficientes estandarizados de la función discriminante, así como la prueba de separación entre grupos después de la adición de cada variable, son presentados en la Tabla XIII, en el orden en que fueron incorporados por el programa.

La variable que entró primero al análisis (relación roca/arena) no fue suficiente por sí sola para discriminar significativamente los grupos; la adición de todas las demás variables resultó en una diferencia significativa, con la excepción del paso en que *P. miniata* fue incluida.

TABLA XII

RESULTADO GLOBAL DE LOS ANALISIS DISCRIMINANTES MULTIPLES POR PASOS -
 CON DIFERENTES F_p DE ENTRADA Y SALIDA.

F_p	No. variables seleccionadas	Correlación canónica	Λ	P	% clasificación
0.0 (Directo)	22	0.878	0.229	0.635	100.00
0.3	18	0.853	0.272	0.186	100.00
0.4	8	0.715	0.488	0.074	84.62
0.5	7	0.707	0.500	0.048	88.46
1.0	6	0.693	0.520	0.033	88.46

TABLA XIII

VARIABLES SELECCIONADAS EN EL ANALISIS DISCRIMINANTE POR PASOS CON $F_p = 0.5$, COEFICIENTES ESTANDARIZADOS (d) Y RESULTADO DE LA PRUEBA DE WILKS (λ) SOBRE SIGNIFICACION DE LAS CONTRIBUCIONES.

VARIABLE	d	λ	P
ROCA/ARENA	1.037	0.877	0.079
<u>S. franciscanus</u>	- 0.641	0.764	0.045
CORALINAS INCRUSTANTES	0.565	0.702	0.047
<u>P. miniata</u>	- 0.810	0.664	0.062
PROFUNDIDAD	0.917	0.569	0.034
CORRIENTE	0.547	0.520	0.034
REFUGIOS	0.356	0.500	0.050

La Figura 6 muestra gráficamente la separación de los grupos en la función discriminante. El área de traslape equivale a 3 muestras (11.54%).

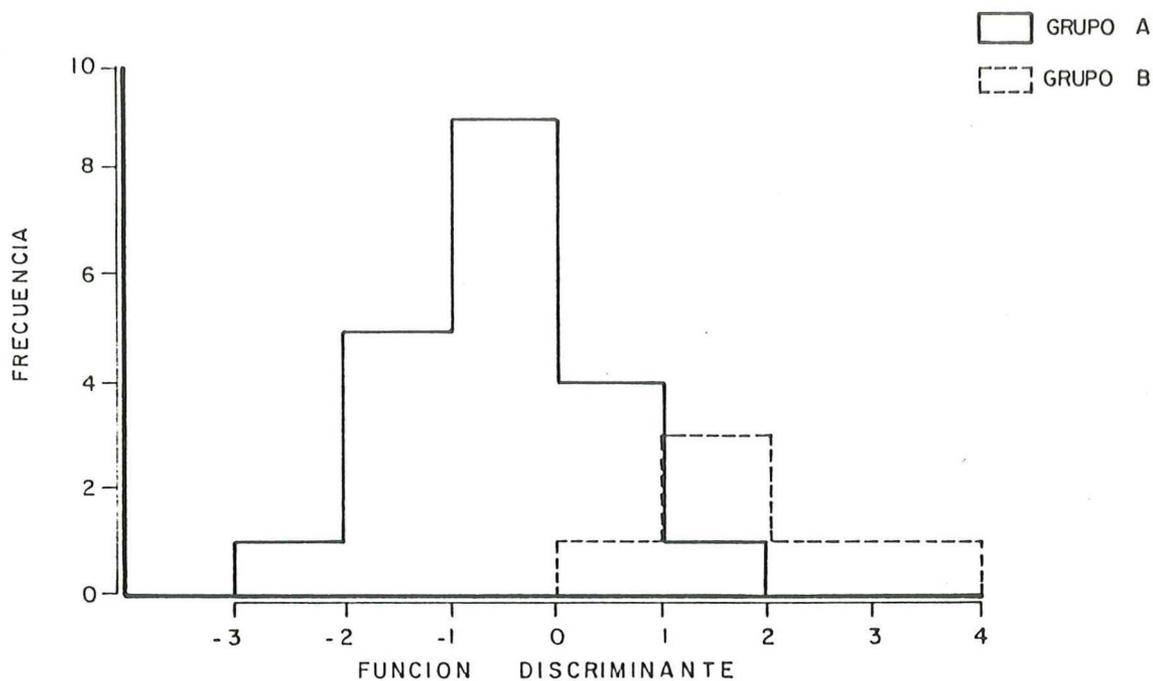


FIG. 6 - FRECUENCIA DE LOS VALORES DE LA FUNCION DISCRIMINANTE PARA CADA GRUPO DE ABUNDANCIA DE H. corrugata (LOS LIMITES DE TRASLAPE HAN SIDO DESFASADOS PARA FACILITAR LA VISUALIZACION).

4. DISCUSION

4.1. Distribución de longitudes de *H. corrugata*

Aunque este aspecto no forma parte del enfoque central de este trabajo, merecen la pena algunos comentarios.

Es interesante observar la mayor longitud de los abulones colectados durante la segunda parte del periodo de estudio (octubre-enero), en relación a la primera (julio-septiembre) (Figura 4). Es posible que el crecimiento de los juveniles contribuya a la explicación de este comportamiento.

Analizando únicamente la información de la estación 1, ya que sólo aquí se muestreó durante todo el periodo, observamos un desfase en las modas de longitud de unos 5 mm, correspondiendo a un intervalo promedio de 122 días. (Figuras 4b y 4c). En base a estos pocos datos, se puede calcular una burda estimación de crecimiento equivalente a unos 15.2 mm/año. Tutschulte (1976), determina una tasa promedio de crecimiento anual para esta especie (<70 mm) en California, E.U.A., de entre 10.7 y 22.6 mm/año, usando diferentes métodos; de modo que la cifra sugerida aquí no parece irreal.

En base a la información anterior, se sugiere que los abulones considerados en este trabajo, representan edades entre

1 y 3 años. Los organismos más desarrollados de este rango, podrían ya estar entrando en su fase reproductiva (Tutschulte, 1976).

4.2. Descripción general de la comunidad bentónica.

La estructura de la comunidad presentada en la Tabla III, sugiere la existencia de dos modos tróficos bien desarrollados, en estas áreas.

En primer lugar figura el herbivorismo como dominante, teniendo como protagonistas principales a erizos, gasterópodos y quitones. En segundo término, parecer ser que la filtroalimentación es otra base importante de redes tróficas, con la participación de esponjas, urocordados, bivalvos, celenterados y poliquetos, entre otros. Los detritívoros y alimentadores de depósito son menos abundantes (ofitridos, holotúridos, etc.), al igual que consumidores secundarios como pulpos, algunas estrellas y caracoles carnívoros, y opistobranquios.

Este tipo de estructura de la comunidad se observó a lo largo del período de estudio en ambas estaciones. Es interesante notar aquí que además de la diferente profundidad entre estaciones, la estructura de la comunidad de erizos varió, aunque en forma no significativa. En la estación 1

dominó *S. purpuratus*, y en la 2, *S. franciscanus* y *L. pictus*; por lo menos durante octubre y noviembre de 1985 (Tabla VI).

Llama la atención el hecho de que estas áreas desnudas de macroalgas, estén dominadas por herbívoros que supuestamente se alimentan de ellas, lo cual es una situación reportada en otros casos de herbivorismo (Kitching y Ebling, 1967). Esta contradicción se puede explicar por el aporte de algas a la deriva de mantos adyacentes (Harrold y Reed, 1985), o por el reclutamiento de algas no coralinas en diferentes épocas del año, acompañadas de un rápido e intenso pastoreo que hace que se conserve el panorama de amplia cobertura por algas coralinas incrustantes (Dayton et al., 1984). Adicionalmente, los erizos *S. franciscanus* (Harrold y Reed, 1985) y *S. purpuratus* (Leighton, 1968), pueden consumir cantidades moderadas de algas coralinas articuladas. Shepherd (1973b) observa esto último en 3 especies de abulones australianos.

Las 8 especies seleccionadas para los análisis posteriores parecen representar adecuadamente la comunidad faunística bentónica en términos numéricos. Sin embargo, esto no implica necesariamente una alta importancia ecológica para *H. corrugata*, lo cual sería deseable dado el enfoque de este trabajo. Posiblemente se incluyan los principales competidores por alimento; pero algunos depredadores potenciales por

ejemplo, *Pisaster giganteus* y *Kelletia kelletii* (señalados por Tegner y Butler, 1985), no aparecieron con suficiente frecuencia como para justificar su inclusión en los análisis estadísticos. El papel de los depredadores tope, como algunos asteroideos, puede ser fundamental en la estructuración de las comunidades litorales. Su importancia es mayor que la que pudiera sugerir la densidad poblacional (Paine, 1966).

Aunque *P. giganteus* sólo apareció en dos muestras de 1 m², su incidencia en los cuadrantes de 16 m² fue de 12. Es posible que esta situación se deba parcialmente al efecto de reacciones de escape de *Haliotis* en presencia de *Pisaster* (Montgomery, 1967; observaciones personales).

4.3. Estructura de los datos y modelos estadísticos asumidos.

Para juzgar la validez de los resultados de los análisis estadísticos, es conveniente hacer una reflexión sobre la adecuación de los datos a los requisitos de los métodos.

En primer lugar, la mayoría de las variables están medidas en escalas discretas, y los métodos estadísticos usados asumen generalmente variables continuas. Green (1979), menciona ventajas de este tipo de datos, ya que pueden ser colectados con menos esfuerzo (lo cual en actividades de buceo es una consideración fundamental), y la disminución de precisión, en

comparación con datos cuantitativos, es cuestionable. Field (1970) y Field *et al.* (1982), afirman que las variables codificadas (escalas arbitrarias) tienden a acercarse a la normalidad (otra presuposición básica de los métodos estadísticos paramétricos).

Es una práctica común aplicar métodos basados en variables continuas sobre variables discretas, y posiblemente las consecuencias no son graves. Sin embargo, recientemente se han estado desarrollando técnicas estadísticas para uso específico con este tipo de variables (Goldstein y Dillon, 1978; Hendrickson, 1979), que no son aún de uso generalizado ni se incluyen en los paquetes estadísticos disponibles.

Otra suposición de tipo general, es la de la aleatoriedad en los muestreos (Sokal y Rohlf, 1969; Pimentel, 1979), que en este caso se cumple sólo si consideramos el universo como las áreas dominadas por rocas volteables dentro de las estaciones de estudios. Seguramente se pudieron haber encontrado juveniles de abulón en otro tipo de microhábitats (como debajo de rocas muy grandes, cuevas, grietas, etc.); sin embargo, las restricciones propias del trabajo subacuático hicieron inconveniente o imposible la prospección de éstos. Por otro lado, las características abióticas y bióticas registradas, probablemente no reflejen las características de ese universo, ya que están sesgadas hacia microhábitats preferidos por el

abulón.

Los análisis de correlación paramétrica simple, presuponen la distribución normal bivariada en las pruebas de significación (Sokal y Rohlf, 1969). Aunque esta hipótesis no se sometió a prueba, la concordancia entre los análisis de correlación paramétrico y no paramétrico, sugieren que no se trata de un problema relevante (Tablas VII y VIII).

Por otro lado, tanto el análisis de regresión como el discriminante múltiple, asumen una estructura lineal de los datos. La transformación logarítmica (como la utilizada en este trabajo), resuelve algunos casos de relaciones no lineales (Cassie y Michael, 1968; Sokal y Rohlf, 1969; Pimentel, 1979). Se considera que violaciones a este requisito afectan más severamente a la regresión múltiple que al análisis discriminante (Green y Vascotto, 1978).

Existen también alternativas univariadas y multivariadas que consideran modelos no lineales, aunque su uso no es aún extendido (Draper y Smith, 1966; Green y Vascotto, 1978).

Otro requisito en el análisis de varianza multivariado (MANOVA) y el análisis discriminante, es el ajuste de la matriz de datos a la distribución normal multivariada (Multinormalidad), aunque su violación no es considerada como

muy seria (Green y Vascotto, 1978; Pimentel, 1979). Mardia (1974) demuestra que algunas pruebas multivariadas son bastante robustas a la no normalidad.

Cabe mencionar aquí que la distribución normal multivariada es un modelo lineal y, por lo tanto, si esta presuposición se demuestra, no se necesita especificar la linealidad como requisito separado (Cassie y Michael, 1968).

Algunos autores postulan que la transformación logarítmica tiende a normalizar variables sesgadas (Buzas, 1967; Polgar, 1975; Walker *et al.*, 1979; Shin, 1982). Sin embargo, no se acostumbra probar el efecto de la transformación a través de pruebas de ajuste a la distribución normal multivariada, antes y después de la transformación. En los últimos años se han elaborado alternativas para este fin (Mardia, 1974; Rincón-Gallardo *et al.*, 1979; Seber, 1984); pero aún no se difunde su uso en análisis biológicos.

Por último, una suposición muy importante en el análisis discriminante, es la homogeneidad de matrices de dispersión (Pimentel, 1979). Aunque se intentó la prueba de esta hipótesis por el método de Box (Cooley y Lohnes, 1971) aportado por SPSS, el tamaño pequeño de muestra del grupo B ($N = 6$) no permitió la operación numérica. De cualquier forma, se optó por usar la información de las matrices de dispersión separadas

para evitar el sesgo en la clasificación, en caso de existir violaciones a este requisito (Nie *et al.*, 1975).

Otra alternativa de manejo de datos sin la restricción de tanta hipótesis, se puede encontrar en la estadística no paramétrica. Sin embargo, en el caso multivariado, este campo no está aún muy desarrollado, aunque existen algunos avances (Mantel, 1970; Green y Vascotto, 1979).

En síntesis, en este trabajo se buscó el acercamiento de los datos a los requisitos de los métodos estadísticos, sólo a través de la transformación logarítmica, que es la más utilizada (Field *et al.*, 1982); pero sin verificar su efectividad (al igual que en todos los trabajos consultados).

De cualquier forma, si los modelos asumidos no se cumplen, lo único que sucede es que las conclusiones derivadas sólo pueden ser consideradas a nivel de hipótesis, y no como evidencias contundentes sobre una situación real. Sin embargo, tanto la formulación de hipótesis como la prueba de ellas representan avances en el desarrollo científico (Cohen y Nagel, 1979).

4.4. Comparación de métodos univariados y multivariados.

Es interesante observar que los análisis de correlación

simple, e incluso el de correlación parcial con todas las variables, no indican asociaciones significativas entre H. corrugata y las demás variables.

Incluso ni la regresión múltiple ni el análisis discriminante arrojaron resultados significativos, cuando fueron usadas muchas variables (Tablas IX y XII). Esto sugiere la existencia de interrelaciones fuertes entre variables (multicolinealidad), que confunden y enmascaran las relaciones existentes entre ellas.

Los procedimientos por pasos son aquí de crucial importancia, ya que se seleccionan las variables en el orden de su contribución, quedando fuera del análisis otras que posiblemente se relacionan más con los predictores anteriores que con la variable dependiente (Walker *et al.*, 1979). Incluso estos procedimientos permiten acercar los datos a las exigencias del modelo lineal, ya que las variables elegidas son las que mejor se relacionan linealmente (Pimentel, 1979).

Green y Vascotto (1978) no recomiendan el procedimiento por pasos en el análisis discriminante, aduciendo la importancia de considerar todas las variables en la construcción de las funciones discriminantes. Sin embargo, en presencia de alta multicolinealidad, este procedimiento se hace necesario para reducir el conjunto de variables no

significativas a un subconjunto significativo.

4.5. Interpretación ecológica de los resultados.

4.5.1. Consideraciones generales.

Ya que el análisis de regresión múltiple por pasos y la correlación parcial permiten pruebas de significación para cada variable, fue posible la detección de un primer grupo de predictores muy significativos (*S. franciscanus*, relación roca/arena y profundidad) y de un segundo grupo menos importante pero con contribución significativa (macroalgas no calcáreas y *L. pictus*) (Tabla X, XI).

En el análisis discriminante múltiple es necesario recordar que la función extraída sólo puede tener una interpretación global, en términos de significación, ya que aquí se prueba el efecto de la variable adicionada en cada paso, en conjunto con las presentes anteriormente.

Por otro lado, en la regresión múltiple el efecto de cada variable es medido ajustando las intercorrelaciones con otros predictores, a diferencia del análisis discriminante. Así, la importancia de una variable, según este último método, podría deberse parcialmente a su asociación con otras.

Sin embargo, las magnitudes y signos de los coeficientes miden la relevancia de las variables en la función discriminante. Como se puede apreciar en la Figura 5, el grupo de abundancia mayor de *H. corrugata*, recibe puntajes más altos en esa función, de modo que las variables con coeficientes positivos, contribuyen a una mayor abundancia de abulón y viceversa.

Es interesante observar que las dos variables con mayores coeficientes positivos: relación roca/arena y profundidad, son las mismas sugeridas en el análisis de regresión. Los siguientes coeficientes de orden de importancia son *S. franciscanus* y *P. miniata*, ambos con signo negativo, existiendo también concordancia con la regresión en el caso del erizo. Las otras 3 variables de la Tabla XIII (coralinas incrustantes, corriente y refugios), afectan positivamente a la función discriminante, aunque con menor peso.

Lo anterior fundamenta la consideración de las variables *S. franciscanus*, relación roca/arena y profundidad como las de mayor relevancia para la abundancia de *H. corrugata*. Posiblemente en un lugar similar de importancia figura *P. miniata*, que tiene un coeficiente de valor absoluto mayor que *S. franciscanus* en el análisis discriminante. En segundo lugar aparecen las macroalgas no coralinas y *L. pictus*, con coeficientes significativos en la regresión y, por último, se

consideran las algas coralinas incrustantes, corrientes y refugios como factores menos importantes. Se observa que los factores de heterogeneidad espacial más importantes fueron la relación roca/arena y la abundancia de refugios. Esta última variable a su vez tiene correlaciones altas con la relación roca/arena, el relieve y la cantidad de rocas volteables (Tabla VII). El uso de estas variables, aunque sea mediante escalas subjetivas, permitió cubrir un rango más amplio de factores de heterogeneidad. Se considera que esto es preferible a medir cuantitativamente solo uno o dos factores, como por ejemplo el relieve según el método de la cadena u otras alternativas (Dahl, 1973).

Por otro lado, el utilizar variables agregadas para la caracterización de la flora fue la mejor alternativa, ya que el método arroja resultados interpretables con un menor esfuerzo de muestreo y análisis, en comparación con la estimación de abundancia por especie (lo cual quizás hubiera sido imposible en el caso de las coralinas incrustantes).

En el siguiente punto, las posibles interacciones entre estas variables y la abundancia de *H. corrugata*, son discutidas en el orden sugerido.

4.5.2. Relación entre juveniles de H. corrugata y variables seleccionadas.

a. Strongylocentrotus franciscanus

El signo y magnitud de esta relación, hacen pensar en la posible existencia de una fuerte competencia interespecífica.

Varios autores han sugerido lo anterior y, aunque inicialmente se consideraba a los erizos como dominantes, experimentos de laboratorio con abulón rojo indican que esto sólo ocurre cuando la disponibilidad de alimento es baja, invirtiéndose el sentido de la dominancia si el alimento es abundante (Tegner y Levin, 1982). Si este comportamiento se puede extrapolar a H. corrugata, y considerando la aparentemente baja disponibilidad de alimento en las áreas desnudas (Harrold y Reed, 1985), es posible sugerir que, en el caso estudiado, la competencia desfavorece al abulón. Sin embargo, es posible que también existan efectos benéficos del erizo sobre los juveniles de abulón.

Tegner y Levin (1982) mencionan que la cubierta de espinas de erizos grandes parece proveer refugio a abulones rojos pequeños contra la depredación. No hemos observado esta relación para H. corrugata en el campo; sin embargo la

semilla de *H. rufescens* utilizada en siembras experimentales, si se refugia frecuentemente bajo erizos. Adicionalmente, esos autores señalan que los erizos tienden a mantener la alta cobertura de algas coralinas incrustantes en las rocas, lo que a su vez favorece el reclutamiento de *Haliotis* (Morse y Morse, 1984).

Por último, es conocida la capacidad de las espinas de erizos para retener fragmentos de algas a la deriva que, como se mencionó, pueden ser el más importante aporte de alimento para herbívoros en estas áreas desnudas. Este comportamiento se ha documentado para *S. purpuratus* (Ebert, 1968; Douglas, 1976), *Lytechinus anamesus* (Douglas, 1976) y *S. franciscanus* (Dayton et al., 1984) entre otras especies. Es evidente que esto podría repercutir en un beneficio para los abulones y otros herbívoros. Adicionalmente Dayton et al. (1984), mencionan que esa captura de fragmentos de algas por erizos (y otros herbívoros incluyendo *H. rufescens*), favorece la propagación de estas macroalgas con el consecuente aporte de alimento para herbívoros.

En este caso, si existen aportes negativos y positivos de los erizos sobre *H. corrugata*, parece evidente que los primeros superan a los segundos.

Por otro lado, es posible que estemos observando sólo el

limbo descendente de una respuesta más compleja, de tal forma que a densidades de *S. franciscanus* muy altas o muy bajas correspondan menores densidades de *H. corrugata*, existiendo un rango óptimo intermedio.

Sin embargo, también existe la posibilidad de que tal asociación negativa se deba a una selección de microhábitats afectada por otros factores (preferencia de sustrato, p. ej.).

b. Relación roca/arena.

En primera instancia, se puede pensar en un efecto directo del sustrato rocoso, en función del espacio vital para el abulón, favoreciendo sus desplazamientos y aliviando la competencia por espacio con otros organismos. No se dispone de información para profundizar en este punto.

La existencia de una mayor área rocosa, debe aumentar la posibilidad de asentamiento de organismos que requieren sustrato duro para ello. En el caso de los haliótididos, esta situación se puede ver favorecida si además existe una colonización previa por algas coralinas incrustantes (Morse y Morse, 1984). Sin embargo, el hecho que no exista una correlación significativa entre esta variable y la abundancia de esas rodofitas, sugiere la existencia de otras

explicaciones.

Una posibilidad es que una mayor superficie rocosa disponible, favorezca también el reclutamiento de macroalgas no calcáreas que pudieran servir de alimento provisional, porque es evidente que en estas áreas denudadas la supervivencia de este tipo de vegetales es sumamente reducida.

En relación con el punto anterior, una mayor proporción de arena, puede incidir en la abrasión del sustrato y la eliminación de reclutas de macroalgas antes de poder ser consumidos por los herbívoros, de una manera similar a la observada en el sur de California (Dayton, et al., 1984). Cox (1962) menciona que la arena por sí misma no parece ser un factor adverso para los abulones, que en ocasiones se pueden encontrar parcialmente enterrados en ella. Sin embargo, Sainsbury (1982) reporta casos de mortalidades masivas de estos gasterópodos en Nueva Zelanda, por asolvamiento de fondos rocosos con arena.

Por otro lado, no se puede excluir la hipótesis de que otros microorganismos bentónicos asociados al sustrato duro, sean también una fuente alimenticia para los juveniles de *H. corrugata*. Es bien conocido que diferentes diatomeas constituyen el primer alimento de las larvas postmetamórficas, aunque se considera que después ocurren cambios de dieta (Cox,

1962). Stein (1984), menciona que *H. cracherodii* y *H. fulgens* pueden alimentarse de bacterias asociadas a fuentes hidrotermales y crecer a un ritmo similar que con dieta normal de macroalgas. En experimentos en progreso (Searcy y Salas, 1985), hemos observado que bolsas de malla plástica con *H. rufescens* (15 - 40 mm), se mantienen limpias de diatomeas bentónicas, en contraste con controles sin abulones, sugiriendo que pueden alimentarse de ellas como lo hacen en estadios postmetamórficos. Esto sucede a pesar de que se agregan cantidades suficientes de *Macrocystis pyrifera* a las bolsas.

La relación roca/arena no es una variable comunmente considerada en estudios ecológicos sobre fondos duros. En este trabajo, sin embargo, se destaca su importancia como un factor sumamente importante.

c) Profundidad

Las profundidades de muestreo en este trabajo (9 - 16.8 m) concuerdan con las óptimas reportadas para la especie en California. Cox (1962) menciona un rango de 0 a 54 m, con máximos de abundancia entre 6 y 24 m; mientras Tutschulte (1976), considera profundidades óptimas de 8 a 20 m.

La relación positiva entre la abundancia de juveniles de *H. corrugata* y la profundidad, que se sugiere en este trabajo,

podría sólo reflejar el limbo ascendente de una típica respuesta a un gradiente ambiental. Es decir, que después de llegar a un valor óptimo, la relación se hiciera negativa.

Es difícil, con la poca información recabada, sugerir qué otros factores asociados con la profundidad, (además de los ya considerados en el modelo de regresión, cuyo efecto es controlado estadísticamente), podrían contribuir al comportamiento observado. Uno de ellos es la intensidad luminosa que generalmente disminuye con la profundidad (Jerlov, 1970).

Los abulones juveniles presentan fototactismo negativo (Cox, 1962), por lo que se encuentran normalmente bajo rocas o en hábitats cripticos. Las incursiones alimentarias (cuando ocurren), se inician normalmente después del atardecer, aparentemente como una adaptación contra la depredación (Sheperd, 1973b; Tutschulte, 1976). Por otro lado, Ebert y Houk (1984) reportan que el crecimiento, tasa de alimentación, eficiencia de conversión y maduración sexual, de *H. rufescens* en condiciones de obscuridad son mucho mayores que en ejemplares mantenidos con fotoperíodo normal.

Es posible que a mayor profundidad, donde la intensidad luminosa debe ser menor, la depredación (al menos por peces) sea menos severa y que además las incursiones alimenticias de

los juveniles puedan iniciarse antes y terminar después, en comparación con zonas menos profundas. Esta combinación de situaciones podría repercutir benéficamente en la supervivencia de la especie, o bien ser un factor importante para la selección de microhábitat.

En caso de que la hipótesis anterior fuera válida, el límite inferior de distribución de los juveniles podría estar determinado parcialmente por profundidades en las cuales la poca penetración de luz produzca cambios adversos en la comunidad vegetal, y/o por temperaturas demasiadas frías asociadas, como sugiere Tutschulte (1976).

d) *Patiria miniata*

Este asteroideo ha sido considerado como un organismo herbívoro (Schroeter et al., 1983; Dayton et al., 1984; Breitburg, 1985) u omnívoro, incluyendo algunos briozoarios y urocordados coloniales en su dieta (Morris et al., 1980).

Recientemente se han aportado evidencias de que también puede depredar sobre organismos móviles. Schroeter et al. (1983) sugieren esto para *Lytechinus anamesus* y Tegner y Dayton (1981) mencionan haber observado a estrellas de esta especie alimentándose de *Strongylocentrotus* spp. No se ha documentado esta relación respecto a gasterópodos.

En base a lo anterior, se sugiere que el efecto negativo de *P. miniata* sobre *H. corrugata*, se puede deber principalmente a la competencia por alimento, quedando abierta la eventualidad de una relación predador-presa.

También pudiera existir una selección diferencial de microhábitat entre ambas especies, ocasionando la asociación negativa observada; pero no se dispone de elementos para discutir al respecto.

e) Macroalgas no calcáreas.

La importancia de esta variable es evidente, si consideramos los hábitos alimenticios de *H. corrugata* (Leighton, 1966).

Ahora bien, su influencia en la alimentación del abulón puede ser directa, a través del pastoreo sobre algas fijas al sustrato, o por medio del aporte de material vegetal a la deriva.

Es interesante notar que la relación de *H. corrugata* con macroalgas es significativa; mientras que con algas a la deriva no lo es. El análisis de los coeficientes estandarizados de regresión sugiere que la primera variable, tiene una importancia dos veces mayor que la segunda (Tabla X).

Tutschulte (1976), menciona que los juveniles de *H. corrugata* (1 y 2 años de edad) tienden a hacer incursiones nocturnas en busca de alimento; mientras que los adultos adoptan la captura pasiva de algas a la deriva como modo principal de alimentación. Esto sugiere que el pastoreo sobre algas fijas sea más importante en los juveniles, en apoyo a la discusión anterior.

Sin embargo, es posible que la abundancia de algas a la deriva sea subestimada por el método, ya que se hicieron observaciones estáticas, mientras que lo correcto sería medir su aporte en función del tiempo (Tutschulte, 1976). Por otro lado, el papel de las macroalgas fijas al sustrato también podría ser subestimado, ya que se excluyen los reclutas que fueron pastoreados en estadios tempranos por los herbívoros (incluyendo el abulón), antes de ser visibles y cuantificables.

No se tiene la información cuantitativa, hasta el momento, sobre la composición de este grupo de macroalgas; sin embargo como se mencionó, *Macrocystis pyrifera* y otras laminariales cafées ocupan un lugar dominante.

f) *Lytechinus pictus*

Esta especie está íntimamente relacionada con *L. anamesus*, e incluso algunos autores las consideran variedades

de la misma (Morris, et al., 1980).

Es posible que la competencia por alimento explique en buena parte, la relación negativa entre *L. pictus* y *H. corrugata*.

En la literatura se documenta el pastoreo de *L. anamesus* sobre estadios tempranos de algas, como un factor que reduce el reclutamiento exitoso de éstas (Schroeter, et al., 1983).

Leighton (1966) señala diferencias en los patrones de preferencias alimenticias entre estas especies. Lo más sobresaliente es que *L. pictus* prefiere *Gigartina armata* sobre *Macrocystis pyrifera*; mientras *H. corrugata* selecciona esta laminaral café en primer lugar y prácticamente desprecia *Gigartina*. Este comportamiento, sugiere que la competencia no sea tan severa como en el caso de *S. franciscanus* y además, hace pensar en que una selección diferencial de microhábitat, con base alimenticia, podría explicar parcialmente la asociación negativa entre *H. corrugata* y *L. pictus*.

g) Algas coralinas incrustantes

Las investigaciones realizadas sobre diferentes especies de halibtidos, muestran que la inducción de la metamorfosis y asentamiento por algas coralinas incrustantes es bastante

potente, y que se debe a la presencia de sustancias relacionadas con el ácido gama-amino butírico (GABA), en la superficie de estas algas. Este efecto no es único sobre abulones, sino que se ha observado en otros invertebrados como quitones, poliquetos y lapas (Morse y Morse, 1984).

Por otro lado, estas mismas algas tienden a inhibir el reclutamiento de otros organismos bentónicos (por ejemplo algunos briozoarios, poliquetos y diatomeas filamentosas) (Breitburg, 1984, 1985).

De esta forma, las coralinas incrustantes parecen jugar un papel importante en la composición de la comunidad que se recluta al sustrato, aparentemente con un balance positivo para *H. corrugata* en el caso aquí presentado.

Sin embargo, se debe recordar que sustancias que inducen al asentamiento de abulones también se encuentran en diferentes microorganismos bentónicos (Morse, et al., 1984), e incluso el mucus del abulón puede funcionar de esta manera (Seki y Kan-no, 1981). Tutschulte (1976) encuentra un mayor reclutamiento de *H. corrugata* y *H. fulgens*, en cuadrantes donde se aumentó experimentalmente la densidad de estas especies.

En otro contexto, aunque parece poco probable que estas algas calcáreas sirvan de alimento a juveniles de *H.*

corrugata, la hipótesis no se puede excluir.

Leighton (1968) observa que la adición de rocas con corralinas incrustantes a abulones rojos alimentados con *M. pyrifer*, no produce ningún efecto benéfico para los gasterópodos.

Por otro lado, Cox (1962) menciona que las algas corralinas son la principal fuente de alimento en abulones de 2 a 10 mm y Shepherd (1973b), encuentra cantidad moderadas de algas corralinas articuladas (6-23%) y bajas de corralinas incrustantes (< 1%) en contenidos estomacales de abulones australianos. Paul et al. (1977) observaron adultos de *H. kamschatkana* alimentándose directamente de algas corralinas incrustantes. Algunas lapas están adaptadas para pastorear sobre este tipo de algas, prefiriéndolas sobre otras (Steneck, 1982).

Es posible que en condiciones de baja disponibilidad del alimento preferido, como en las áreas desnudas estudiadas, los abulones puedan extraer parte de su energía de las algas corralinas incrustantes, que dominan abrumadoramente el sustrato. Investigaciones en desarrollo en nuestros laboratorios, pretenden explorar esta cuestión.

Es interesante notar que esta relación ecológica también parece reportar beneficios para las algas incrustantes. Morse

y Morse (1984), mencionan que el movimiento de las conchas de los abulones reclutados, puede ayudar a mantener libre de epifitas a las algas incrustantes, colaborando de esta manera con otros mecanismos fisiológicos de las propias algas y representando una posible adaptación coevolutiva.

h) Corrientes

Shepherd (1973b), señala que existe una relación entre la velocidad del movimiento de agua y la ingestión de alimento en abulones australianos. La alimentación es máxima en velocidades moderadas y disminuye hacia ambos extremos. Este autor explica el comportamiento señalado en función del transporte de algas a la deriva, que es insuficiente a velocidades bajas; mientras que si son demasiado altas se dificulta la captura de fragmentos algales por los abulones.

No se tienen elementos para juzgar si esto ocurre en nuestro caso, aunque en principio la correlación parcial no significativa entre algas a la deriva y abundancia de *H. corrugata*, desalienta este razonamiento. Es posible entonces que la relación positiva con la corriente se deba a otros factores.

También existe la posibilidad de que nos encontramos ante una relación espuria, fuertemente influenciada por el azar, ya

que la estimación de corrientes en un momento dado, probablemente no refleja la situación prevaleciente en el hábitat muestreado, en períodos más prolongados.

i) Refugios

Esta variable, aunque importante en la discriminación de grupos de mayor y menor abundancia de *H. corrugata*, fue la última seleccionada en la función correspondiente (Tabla XIII), contrariamente a lo esperado. Posiblemente esto se deba a que en estos fondos, donde predominan rocas pequeñas y medianas, existe una alta disponibilidad de refugios, de tal forma que la supervivencia de reclutas o selección posterior de hábitat, no sean considerablemente afectados por este factor.

El efecto de la disponibilidad de refugios es, en primera instancia, la protección contra depredadores (Cox, 1962; Shepherd, 1973b), aunque pudieran existir influencias indirectas. Por ejemplo, Shepherd (com. pers.), sostiene que la presencia de irregularidades topográficas en el fondo, origina la formación de pequeños remolinos que favorecen la acumulación y asentamiento de larvas de abulón.

.....
Scoresby A. Shepherd. Department of Fisheries. 25 Grenfell St. Adelaide, Australia 5000.

Se debe mencionar aquí, que esta variable presenta correlaciones positivas significativas con las variables relación roca/arena, rocas volteables y relieve (Tabla VII), las cuales podrían estar influenciando indirectamente la relación entre *H. corrugata* y refugios. Estos factores, en conjunto, miden la heterogeneidad espacial del sustrato, que recientemente está siendo considerada como un elemento muy importante en la estructuración y organización de las comunidades marinas (Rafaelli, 1979; Menge *et al.*, 1983).

4.5.3. Resumen del efecto de factores abióticos y bióticos.

En síntesis, se propone la importancia de 9 variables (5 bióticos y 4 abióticos) sobre juveniles de *H. corrugata*. Los dos procesos del ciclo de vida de este abulón sobre los que se considera la acción de estos factores son el reclutamiento y su supervivencia temprana, en primer instancia, y el desarrollo posterior de los juveniles. En este último aspecto, puede intervenir una selección activa de microhábitat, para buscar condiciones ecológicas favorables.

Factores que puedan afectar el éxito del reclutamiento son la presencia de algas incrustantes, que inducen la metamorfosis, y la disponibilidad de sustrato rocoso para la

fijación de diatomeas bentónicas que son el primer alimento de los reclutas.

Las condiciones ecológicas favorables para el éxito del desarrollo de los juveniles parecen estar dadas por una combinación de factores abióticos y bióticos. Por un lado son favorables el sustrato rocoso con disponibilidad de refugios contra la depredación, en fondos profundos y con corrientes de regular intensidad, siendo también fundamental la presencia de alimento (macroalgas fijas y a la deriva, con una mayor importancia de las primeras). La presencia de *S. franciscanus*, *L. pictus* y *P. miniata*, aunque en algunos casos podría reportar beneficios, es inconveniente en un balance global, posiblemente por el efecto principal de la competencia por alimento. Sin embargo esta asociación negativa pudiera ser influenciada por una preferencia diferencial de microhábitats en el reparto de recursos.

Es posible que eventualmente las condiciones que favorecieron el reclutamiento, no sean las mismas que para el desarrollo de los juveniles, y esta situación influya en los desplazamientos para seleccionar hábitat que sugiere Tutschulte (1976). Por ejemplo, es interesante notar aquí, la correlación negativa muy significativa ($P < 0.01$) entre algas incrustantes y macroalgas no calcáreas (Tabla VII).

4.6. Consideraciones ecológicas sobre la siembra de semilla de abulón

En base a la información manejada en este trabajo, se pueden proponer algunas hipótesis preliminares sobre las características deseables de zonas para sembrar semillas de abulón amarillo, asumiendo que el comportamiento ecológico de los juveniles cultivados es similar a los naturales.

Se sugiere la utilización de fondos sublitorales predominantemente rocosos; con disponibilidad de refugios, macroalgas no calcáreas y coralinas incrustantes; así como poca abundancia de herbívoros (*S. franciscanus* principalmente). Los márgenes de los mantos de *Macrocystis pyrifera*, reúnen frecuentemente estas características.

De preferencia, deben existir refugios de diferentes dimensiones, para tratar de proveer protección a los abulones durante su crecimiento (o bien adicionar refugios artificiales).

Localidades con baja abundancia de depredadores de abulones pueden ser más apropiadas para la siembra, aunque si esos depredadores afectan en mayor grado a las poblaciones de

competidores como el erizo, la situación se tornaría más compleja, al introducirse un factor benéfico de la depredación a través de la reducción de la competencia.

Se requieren estudios en otras localidades con poblaciones de *H. corrugata* para poder ampliar las ideas anteriores.

Ahora bien, esta especie es más difícil de cultivar en laboratorio que otras como *H. rufescens* y *H. fulgens*, y hasta recientemente está empezando a ser producida semilla de la misma con fines comerciales (McMullen, com. pers.). En México, hasta el momento, los esfuerzos se han concentrado en la obtención de semilla de *H. fulgens* y menos intensamente en *H. rufescens*, de modo que merecen la pena algunos comentarios sobre la posibilidad de extrapolar la información ecológica aquí generada a otras especies.

Juveniles de *H. sorenseni* y *H. rufescens* han sido encontrados en las estaciones de estudio, aunque con muy poca frecuencia. Esto sugiere que las condiciones ecológicas de las zonas son adecuadas, por lo menos para la supervivencia de esas especies, aunque posiblemente no sean las óptimas.

.....
 John D. McMullen. AB LAB. c/o NCEL. Port Hueneme,
 California, E.U. 93043

Siembras experimentales de *H. rufescens* realizadas por el proyecto del Instituto de Investigaciones Oceanológicas en ambas estaciones, reportan bajas tasas de recuperación después de algunos meses. Esto puede deberse al movimiento de la semilla buscando otros microhábitats, o bien a pérdidas por depredación (Searcy y Salas, 1985).

En el caso de *H. fulgens* es difícil aventurar hipótesis sobre las condiciones de siembra en base a los resultados sobre *H. corrugata*, ya que se trata de una especie de aguas más someras y con diferentes preferencias alimenticias (Leighton, 1966; Tutschulte, 1976).

Sería necesario desarrollar estudios ecológicos en bancos de juveniles de otras especies de abulón, para poder proponer hipótesis sobre las condiciones apropiadas para su siembra con bases más sólidas.

5. CONCLUSIONES

- 5.1. La abundancia de juveniles de *H. corrugata* en la zona de estudio, se asocia positivamente con las siguientes variables: relación roca/arena, profundidad, macroalgas no calcáreas, algas coralinas incrustantes, corrientes y refugios. Existe una asociación negativa con la abundancia de *Strongylocentrotus franciscanus*, *Patiria miniata* y *Lytechinus pictus*.
- 5.2. Posiblemente las condiciones ecológicas que surgen del punto anterior, sean recomendables para la siembra de semilla de *H. corrugata*. Sin embargo, la extrapolación de esta información a otras especies puede no ser válida, por lo que se requieren estudios posteriores.
- 5.3. Las técnicas estadísticas multivariadas que se usaron en este trabajo (regresión múltiple y análisis discriminante) proporcionan criterios complementarios para el tratamiento de problemas como el presente. Asimismo, permiten una mejor interpretación de los datos que técnicas univariadas como el análisis de correlación simple, sobre todo si se utilizan las modalidades por pasos.

6. LITERATURA CITADA

- Abbot, I.A. & C.J. Hollenberg. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press. Stanford, California. 827 pp.
- Ayling, A.M. 1981. The role of biological disturbance in temperate subtidal encrusting communities. Ecology 62:830-847.
- Breitburg, D.L. 1984. Residual effects of grazing: inhibition of competitor recruitment by encrusting coralline algae. Ecology. 65:1136-1143.
- Breitburg, D.L. 1985. Development of a subtidal epibenthic community: factors affecting species composition and the mechanisms of succession. Oecologia (Berlin) 65:173-184.
- Buzas, M.A. 1967. An application of canonical analysis as a method for comparing faunal areas. J. Animal Ecol. 36:563-577.
- Cassie, R.M. & A.D. Michael. 1968. Fauna and sediments of an intertidal mud flat: A multivariate analysis. J. exp. mar. Biol. Ecol. 2:1-23.
- Clifford, H.T. y W. Stephenson. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press, N.York, 229 pp.
- Cohen, M.R. y E. Nagel. 1968. Introducción a la lógica y al método científico. Amorrortov editores, Buenos Aires, 284 pp.
- Cooley, W.W. & P.R. Lohnes. 1971. Multivariate data analysis. John Wiley and Sons, N.York, 364 pp.
- Cox, W. 1962. California abalones, family Haliotidae. Calif. Dept. Fish and Game. Fish. Bull. 118, 130 p.
- Dahl, A.L. 1973. Surface area in ecological Analysis: Quantification of Benthic Coral-Reef Algae. Mar. Biol. 13:239-249.
- Dayton, P.K., Currie, V., Gerrodette, T., Keller, B.D., Rosenthal, R. & D.V. Tresca. 1984. Patch dynamics and stability of some California kelp communities. Ecol. Monogr. 54:253-289.
- Doi, T., Guzmán del Probo, S.A., Marin, V., Ortiz Quintanilla,

- M., Camacho, A. y T. Muñoz. 1977. Análisis de la población y diagnóstico de la pesquería de abulón amarillo *Haliotis corrugata* en el área de Punta Abreojos e Isla de Cedros B. C. Serie Científica No. 18, I.N.P., México D.F., 17 pp.
- Douglas, C.A. 1976. Availability of drift materials and the covering response of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *Pacif. Sci.* 30:83-89.
- Draper, N.R. & H. Smith. 1966. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, N.York, 407 pp.
- Ebert, E.E. & J.L. Houk. 1984. Elements and innovations in the cultivation of red abalone *Haliotis rufescens*. *Aquaculture* 39:375-392.
- Ebert, T. A. 1968. Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion. *Ecology* 49:1075-1091.
- Feder, H.M. 1963. Gastropod defensive responses and their effectiveness in reducing predation by starfishes. *Ecology* 44:505-512.
- Field, J.G. 1970. The use of numerical methods to determine benthic distribution patterns from dredgings in False Bay. *Trans. R. Soc. S. Afr.* 39:183-200.
- Field, J.G., Clarke K.R. & R.M. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8:37-52.
- Goldstein, M. & W.R. Dillon. 1978. Discrete discriminant analysis. John Wiley and Sons. N. York, 186 pp.
- Green, R.H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. John Wiley and Sons, N.York, 257 pp.
- Green, R.H. & G.L. Vascotto. 1978. A method for the analysis of environmental factors controlling patterns of species composition in aquatic communities. *Water. Res.* 12:583-590.
- Guzmán del Prob, S.A. 1975. Síntesis de información estadística sobre abulón y langosta en Baja California. INP/SI : 131, México D.F., 32 pp.
- Guzmán del Prob, S.A., De la Campa, S. y J. Pineda. 1972. Flora macroscópica asociada a los bancos de abulón (*Haliotis*

- spp.) en algunas areas de la costa occidental de Baja California. p. 257-263 en Memorias del IV Congreso de Oceanografía, México D.F.
- Harrold, C., & D.C. Reed. 1985. Food availability, sea urchin grazing, and kelp forest community structure. Ecology 66:1160-1169.
- Hendrickson, J.A. 1979. Examples of discrete multivariate methods in Ecology. p. 55-63 en Orloci, L., Rao, C.R. y W.M. Stitler. (eds.). Multivariate methods in ecological work. International Co-operative Publ. House, Fairland, Maryland.
- Instituto Nacional de Pesca, 1980. Análisis de la pesquería de abulón en Baja California y fundamentos biológicos para un nuevo régimen de explotación del recurso. Documento Técnico. Secretaría de Pesca, México D.F.
- Jerlov, N.G. 1970. Light. General Introduction p. 96-110 en Kinne, O. [ed]. Marine Ecology Vol. I., Part I. Wiley Interscience, N. York.
- Keen, A.M. & E. Coan. 1974. Marine molluscan genera of western North America: An illustrated key. Stanford University Press, Stanford California, 208 pp.
- Kikuchi, S. y N. Uki. 1976. Informe técnico sobre el cultivo y pesquería de abulón en México. Instituto Nacional de Pesca INP/SI: 196, 21 pp.
- Kitching, J.A. & F.J. Ebling. 1967. Ecological studies at Lough Ine. Adv. Ecol. Res. 4:198-291.
- Lawrence, J.M. 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. Ocean. mar. Biol. Ann. Rev. 13:213-286.
- Leighton, D.L. 1966. Studies of food preferences in algivorous invertebrates of Southern California kelp beds. Pacif. Sci. 20:104-113.
- Leighton, D.L. 1968. A comparative study of food selection and nutrition in the abalone *Haliotis rufescens* Swaison, and the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). Doctoral dissertation. University of California, San Diego, 197 pp.
- Leighton, D.L. 1974. The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of Southern California abalones. Fish. Bull. 72:1137-1145.

- Leighton, D.L. & R.A. Boolootian. 1963. Diet and growth in the black abalone *Haliotis cracherodii*. Ecology 44:227-238.
- Lluch Belda, D., Guzmán del Prob, S.A., Marín Aceves, V. y M. Ortiz Quintanilla. 1973. La pesquería de abulón en Baja California. Un análisis de su desarrollo y perspectivas futuras. Informe Técnico INP/SI: 16, México D.F., 8 pp.
- Lowry, L.F. & J.S. Pearse. 1973. Abalones and sea urchins in an area inhabited by sea otters. Mar. Biol. 23:213-219.
- Mantel, N. 1970. A technique of nonparametric multivariate analysis. Biometrics 26:547-558.
- Mardia, K.V. 1974. Applications of some measures of multivariate skewness and kurtosis in testing normality and robustness studies. Sankhya B, 36:115-128.
- McLean, J.H. 1978. Marine shells of southern California. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 24, 104 pp.
- Menge, B.A., Ashkenan, L.R. & A. Matson. 1983. Use of artificial holes in studying community development in cryptic marine habitats in a tropical rocky intertidal region. Mar. Biol. 77:129-142.
- Momma, H. & R. Sato. 1969. The locomotion behavior of the disc abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, and the siebold's abalone, *Haliotis sieboldi* Reeve, in the fishing grounds. Tohoku J. of Agric. Res 20:150-157.
- Montgomery, D.H. 1967. Responses of two haliotid gastropods (Mollusca), *Haliotis assimilis* and *Haliotis rufescens* to the forcipulate asteroids (Echinodermata) *Pycnopodia helianthoides* and *Pisaster ochraceus*. Veliger 9:350-368.
- Morales, J.J. 1983. El abulón: requiem por una pesquería. Tec. Pesq. 186:13-19.
- Morris, R.H., Abbott, D.P. & E.C. Haderlie. 1980. Intertidal invertebrates of California. Stanford Univ. Press, Stanford Calif., 690 pp.
- Morrison, D.F. 1976. Multivariate statistical methods. McGraw-Hill Book Co., N.York, 415 pp.
- Morse, A.N.C. & D. E. Morse. 1984. Recruitment and metamorphosis of *Haliotis* larvae induced by molecules uniquely available at the surfaces of crustose red algae.

- J. exp. mar. Biol. Ecol. 75:191-215.
- Morse, A.N.C., Froy, C.A. & D.E. Morse. 1984. Molecules from cyanobacteria and red algae that induce larval settlement and metamorphosis in the mollusc *Haliotis rufescens*. Mar. Biol. 81:293-298.
- Mottet, M.G. 1978. A review of the fishery biology of abalones. State of Washington Department of Fisheries. Technical Report No. 37. 81 pp.
- Nie, N.H., Hull, C.H., Jenkins J.G., Steinbrenner, K. & D.H. Bent. 1975. Statistical package for the social sciences. McGraw-Hill Book Co., N.York, 675 pp.
- North, W.J. 1976. Underwater California. Univ. of California Press, Berkeley, 276 pp.
- Paine, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. Am. Nat. 100:65-75.
- Paul, A.J., Paul, J.M., Hood, D.W. & R.A. Neve. 1977. Observations on food preferences, daily ration requirements and growth of *Haliotis kantschaticana* Jonas in captivity. Veliger 19:303-309.
- Pimentel, R.A. 1979. Morphometrics: The multivariate analysis of biological data. Kendal/Hunt Publ. Co., Dubique Iowa, 276 pp.
- Polgar, T.T. 1975. Characterization of benthic community responses to environmental variations by multiple discriminant analysis. p.267-293 in Saila, S.B. (ed.). Fisheries and energy production. Lexington Books, Massachussets.
- Poore, C.B.G. 1972a. Ecology of New Zealand abalones, *Haliotis* species (Mollusca: Gastropoda) 1. Feeding. N.Z. J. mar. Freshwat. Res. 6:11-22.
- Poore, G.C.B. 1972b. Ecology of New Zealand abalones, *Haliotis* species (Mollusca: Gastropoda). 2. Seasonal and diurnal movement. N.Z.J. mar. Freshwat. Res. 6:246-258.
- Rafaelli, D. 1979. The grazer-algae interaction in the intertidal zone on New Zealand rocky shores. J. exp. mar. Biol. Ecol. 38:81-100.
- Rincón-Gallardo, S., Quesenberg, C.P. & O'Reilly, F.J. 1979. Conditional probability integral transformations and goodness of fit tests for multivariate normal distributions.

- Ann. Stat. 7:1052-1057.
- Rocha, E. 1985. Diagnóstico de la pesquería de abulón *Haliotis* spp. en Baja California de los años 1972-73 a 1981-82, por medio de modelos globales de rendimiento. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada B.C., 191 pp.
- Sainsbury, K.J. 1982. Population dynamics and fishery management of the paua *Haliotis iris*. 1. Population structure, growth, reproduction and mortality. N.Z.J. mar. Freshwater Res. 6:147-161.
- Saito, K. 1984. Ocean ranching of abalones and scallops in northern Japan. Aquaculture 39:361-373.
- Sanders, H.L. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft bottom community. Limnol. Oceanogr. 5:138-153.
- Schroeter, S.C., Dixon, J. & J. Kastendick. 1983. Effects of the starfish *Patiria miniata* on the distribution of the sea urchin *Lytechinus anamesus* in a Southern California kelp bed. Oecologia (Berlin) 56:141-147.
- Searcy, R. y A. Salas. 1984. Informe anual del proyecto Ecología y transplante de abulón en Baja California. Instituto de Investigaciones Oceanológicas U.A.B.C., Ensenada B.C., 47 pp.
- Searcy, R. y A. Salas. 1985. Informe anual del proyecto Ecología y transplante de abulón en Baja California. Instituto de Investigaciones Oceanológicas U.A.B.C., Ensenada B.C., 34 pp.
- Searcy, R. y A. Salas. en prensa. Estudios sobre ecología y siembra de abulón en Baja California: presentación y resultados preliminares. Trans. X CIBCASIO Meeting, 22-23 agosto 1985, San Diego, Calif.
- Seber, G.A.F. 1984. Multivariate Observations. Wiley Series. N. York 686 pp.
- Seki, T. & H. Kan-no. 1981. Induced settlement of the Japanese abalone, *Haliotis discus hannai*, veliger by the mucous trail of juvenile and adult abalones. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. 43:29-36.
- Shepherd, S.A. 1973a. Competition between sea urchins and abalones. Aust. Fish. 32:4-7.

- Shepherd, S.A. 1973b. Studies on southern Australian abalones (genus *Haliotis*). I. Ecology of five sympatric species. Aust. J. mar. Freshwat. Res. 24:217-57.
- Shin, P.K.S. 1982. Multiple discriminant analysis of macrobenthic infaunal assemblages. J. exp. mar. Biol. Ecol. 59:39-50.
- Smith, R.I. & J.T. Carlton. 1975. Light's Manual: Intertidal invertebrates of the Central California coast. Univ. of California Press, Berkeley Calif., 717 pp.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1969. Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 776 pp.
- Stein, J.L. 1984. Subtidal gastropods consume sulfur-oxidizing bacteria: evidence from coastal hydrothermal vents. Science 223:696-698.
- Steneck, R.S. 1982. A limpet-coraline alga association: adaptations and defenses between a selective herbivore and its prey. Ecology 63:507-522.
- Tegner, M.J. & P.K. Dayton. 1981. Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in a kelp forest. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5:255-268.
- Tegner, M.J. & L.A. Levin. 1982. Do sea urchin and abalones compete in California kelp forest communities. p. 265-271. ed: Lawrence. J.M. (ed). International Echinoderms Conference, Tampa Bay.
- Tegner, M.J. & R.A. Butler. 1985. The survival and mortality of seeded and native red abalones, *Haliotis rufescens*, on the Palos Verdes peninsula. Calif. Fish and Game. 71:150-163.
- Tutschulte, T.C. 1976. The comparative ecology of three sympatric abalones. Doctoral Dissertation. University of California, San Diego, 335 pp.
- Van Blaricom, G.R. & B.S. Stewart. 1986. Consumption of pelagic red crabs by black abalone at San Nicolas and San Miguel Islands, California. Veliger. 28:328-329.
- Walker, H.A., Saila, S.B. & E.L. Anderson. 1979. Exploring data structure of New York Bight benthic data, using post-collection stratification of samples and linear discriminant analysis of species composition comparisons.

Estuar. coast. mar. Sci. 9:101-120.