



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS



**ABUNDANCIA Y ESTRUCTURA COMUNITARIA DE PECES
DE ARRECIFE ROCOSO EN LA ZONA DE ISLA
CERRALVO, B.C.S., MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA:

BIÓL. SANTIAGO VÍCTOR JIMÉNEZ GUTIÉRREZ

ÍNDICE

GLOSARIO	i
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 JUSTIFICACIÓN	7
1.3 OBJETIVOS	9
2. ÁREA DE ESTUDIO	10
3. MATERIAL Y MÉTODOS	12
3.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA	12
3.2 CÁLCULO DE LAS ÁREAS	12
3.3 VARIABLES AMBIENTALES	13
3.4 MÉTODO DE MUESTREO	13
3.5 DISEÑO DE MUESTREO	15
3.6 TRATAMIENTO DE DATOS	18
3.6.1 <i>Descriptor ecológicos</i>	18
3.7 CÁLCULO DE LA ABUNDANCIA Y LA DENSIDAD	22
4. RESULTADOS	25
4.1 ÁREAS	25
4.1.1 <i>Superficie y relieve submarino</i>	25
4.1.2 <i>Unidad de muestra</i>	28
4.2 COMPOSICIÓN DE ESPECIES	29
4.3 ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE PECES	34
4.4 ABUNDANCIA	46
4.5 DENSIDAD	58
5. DISCUSIÓN	66
6. CONCLUSIONES	81
7. RECOMENDACIONES	83
8. BIBLIOGRAFÍA	84

GLOSARIO

Abundancia.- Número de organismos en un lugar determinado.

Arrecife.- Desde un punto de vista ecológico es cualquier estructura rocosa sumergida que provee de un sustrato duro para el crecimiento de vida marina (Thomson et al., 1979).

Asociación.- Descripción de un segmento del ecosistema. Grupos de especies de una comunidad que responden de manera similar a factores bióticos y abióticos, los cuales influyen en la distribución, abundancia y en las interacciones de las especies (Ludwig y Reynolds, 1988).

Comunidad.- Conjunto de poblaciones uniespecíficas que interactúan en un ambiente que les es propio (Margalef, 1967).

Conspicuo.- Visible.

Críptico.- Oculto.

Diversidad.- Valor que proporciona una idea de la riqueza de especies y la equitatividad.

Dominancia.- Grado de representación en una comunidad. Las especies dominantes son aquellas que caracterizan una comunidad.

Endémico.- Especie cuya distribución está restringida a un área (Margalef, 1967).

Equitatividad.- Parámetro ecológico que considera la manera en que está distribuida la abundancia de cada una de las especies.

Estructura comunitaria.- Es el orden de importancia particular en el que se encuentra alguna unidad ecológica en un área determinada.

Heterogeneidad ambiental.- Referido a la presencia de una gran variedad de ambientes.

Ictiofauna.- Fauna correspondiente al grupo de peces.

I.V.B.- Índice de Valor Biológico, propuesto por Sanders (1960) que determina los valores de importancia de las especies de una comunidad definida.

Peces de arrecife.- Aquellos que su vida está íntimamente asociada con el substrato rocoso con fines de alimentación, refugio y/o reproducción (Thomson et al., 1979).

Peces de ornato.- Peces, en general de colores llamativos, cuyo destino es su comercialización a los acuarios públicos o privados.

Reclutamiento.- Cantidad de individuos que cada año se agregan a un área, puede ocurrir en cualquier momento de la vida de los animales, pero normalmente se da en la fase joven (Margalef, 1967).

Riqueza de especies.- Número de especies presentes en una muestra.

Transecto.- Línea recta de una determinada longitud y anchura que sirve de referencia para delimitar un área (English et al., 1997).

RESUMEN

En general, los trabajos realizados sobre peces de arrecife en el Golfo de California se han basado fundamentalmente en la descripción faunística o en la estructura de las comunidades, más no en la estimación de la abundancia. Para el presente estudio se eligieron tres zonas de muestreo situadas en los extremos Norte y Sur de la Isla Cerralvo y en Punta Perico, al Sur de Bahía de La Paz. Se analizaron los datos de la abundancia de peces de arrecife tomados mediante censos visuales submarinos realizados con equipo de buceo autónomo (SCUBA), desde marzo de 1998 a febrero de 1999. Se calcularon las áreas de muestreo para cada una de las tres zonas y se describieron someramente las características fisiográficas del fondo marino. Se contabilizaron 66,886 individuos, pertenecientes a 89 especies de peces de 33 familias. Se calcularon los índices ecológicos de diversidad, equitatividad y la riqueza de especies. La estructura de la asociación de peces fue conservativa, tanto a lo largo del año como entre las zonas de muestreo, con dos muy dominantes, seguidas por un grupo de cinco que varían dependiendo del mes y la localidad; el resto de ellas alcanza en conjunto un máximo del 15 % del IVB. A partir de las abundancias globales contabilizadas se pudieron identificar claramente dos épocas: fría y cálida. El análisis de variables múltiples, en función de las abundancias, mostró que las tres localidades pueden ser separadas. Se calculó la abundancia para cada especie y lugar; la mayor parte de las seleccionadas mostró una abundancia mayor durante la época fría.

ABSTRACT

In general the studies made about rocky reef fishes in the Gulf of California have been based on faunistic descriptions or on the community structure, but not on the estimation of abundance. Three sampling areas were chosen for this study, located in the North and South of Cerralvo Island and in Punta Perico, to the South of Bahia de La Paz. Abundance data, gathered by scuba diving from March 1998 to February 1999 was analyzed. The areas of the three sampling sites were calculated, and the physiographic characteristics of the bottom were lightly described. In all, 66,886 fishes were counted, belonging to 89 species from 33 families. Diversity, equitability and richness indexes were calculated. The structure of fish assemblages were conservative along the year and between the sampling areas. Two species were highly dominant, followed by a group of five species that varied depending on the month and area; the remaining species reached as much as 15% of the IVB index. From the total abundances censused two different seasons were clearly identified: cold and warm. The multivariate analysis as a function of abundance showed that the three areas could be separated. Abundances were calculated for each species, area, and season; most of the selected species showed higher calculated abundances in the cold season.

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Listado sistemático de la ictiofauna de arrecife rocoso de la zona de Isla Cerralvo, B.C.S., México, entre marzo de 1998 y febrero de 1999, según Nelson (1994).	30
Tabla II. Especies encontradas en los censos por localidad de muestreo. CN = Cerralvo Norte; CS = Cerralvo Sur; PP = Punta Perico.	35
Tabla III. Análisis de variancia de una vía, considerando meses, profundidad y localidades de muestreo, aplicados al total de resultados del índice de diversidad de Shannon ($\alpha = 0.05$).	39
Tabla IV. Resultados de la prueba de Tukey aplicada a las localidades ($\alpha = 0.05$).	39
Tabla V. Valores del análisis de variancia aplicado a cada una de las tres localidades por separado considerando la profundidad y el mes de muestreo ($\alpha = 0.05$).	39
Tabla VI. Especies seleccionadas para los análisis de correspondencias, que cumplen las condiciones de tener una frecuencia de aparición superior al 6% y una abundancia censada total inferior al 4%.	45
Tabla VII. Abundancia calculada en la localidad de Cerralvo Norte para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.	52
Tabla VIII. Abundancia calculada en la localidad de Cerralvo Sur para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.	54
Tabla IX. Abundancia calculada en la localidad de Punta Perico para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.	56
Tabla X. Densidad calculada, en número de individuos por hectárea, de cada especie en la localidad de Cerralvo Norte, para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.	60
Tabla XI. Densidad calculada, en número de individuos por hectárea, de cada especie en la localidad de Cerralvo Sur, para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.	62

Tabla XII. Densidad calculada, en número de individuos por hectárea, de cada especie en la localidad de Punta Perico, para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.	11
Figura 2. Esquema que muestra al buceador contando los peces dentro de un área específica a lo largo del transecto (modificado de English et al., 1997).	17
Figura 3. Diagrama de la secuencia de muestreo realizada cada mes en cada una de las tres localidades.	18
Figura 4. Mapa de los tipos de fondo entre 0 y 10 m de profundidad pertenecientes a la localidad de Cerralvo Norte	26
Figura 5. Mapa de los tipos de fondo entre 0 y 10 m de profundidad pertenecientes a la localidad de Cerralvo Sur.	26
Figura 6. Mapa de los tipos de fondo entre 0 y 10 m de profundidad pertenecientes a la localidad de Punta Perico	27
Figura 7. Diversidad (H') de Shannon obtenida para las distintas longitudes recorridas en los transectos experimentales. Se indican los valores promedio, máximos y mínimos para cada distancia.	28
Figura 8. Curva ajustada a los valores de riqueza obtenidos en los transectos experimentales. Se indican los valores promedio, máximos y mínimos para cada distancia.	29
Figura 9. Riqueza total por mes en cada una de las localidades. CN = Cerralvo Norte, CS = Cerralvo Sur, PP = Punta Perico.	34
Figura 10. Diversidad de Shannon (H') promedio por mes en la localidad de Cerralvo Norte. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.	38
Figura 11. Diversidad de Shannon (H') promedio por mes en la localidad de Cerralvo Sur. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.	38
Figura 12. Diversidad de Shannon (H') promedio por mes en la localidad de Punta Perico. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.	38
Figura 13. Equitatividad promedio por mes en la localidad de Cerralvo Norte. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.	40

Figura 14. Equitatividad promedio por mes en la localidad de Cerralvo Sur. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.	40
Figura 15. Equitatividad promedio por mes en la localidad de Punta Perico. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.	40
Figura 16. Resultado del IVB, tanto total como por mes, para la localidad de Cerralvo Norte.	42
Figura 17. Resultado del IVB, tanto total como por mes, para la localidad de Cerralvo Sur.	43
Figura 18. Resultado del IVB, tanto total como por mes, para la localidad de Punta Perico.	43
Figura 19. Relación entre la frecuencia de aparición y la abundancia de las especies censadas en las tres localidades de muestreo. Se seleccionaron para el análisis de correspondencias aquellas especies cuya abundancia fue inferior al 4% y su frecuencia de aparición superior al 6 % (líneas de división).	44
Figura 20. Resultado del análisis de correspondencias. CN = Cerralvo Norte, CS = Cerralvo Sur, PP = Punta Perico.	46
Figura 21. Número de peces censados y temperatura durante los meses muestreados. CN = Cerralvo Norte, CS = Cerralvo Sur, PP = Punta Perico. Temp = temperatura en "C.	47
Figura 22. Diagramas de frecuencia resultantes tras la adjudicación de los intervalos para la especie <i>Abudefduf troschelii</i> .	48
Figura 23. Diagramas de frecuencia resultantes tras la adjudicación de los intervalos para la especie <i>Cirrhitichthys oxycephalus</i> .	49

1. INTRODUCCIÓN

La definición de arrecife depende de la perspectiva o disciplina en la que se trabaje. Desde el punto de vista ecológico un arrecife es cualquier estructura rocosa sumergida que provee de un substrato duro para el desarrollo de la vida marina (Thomson et al., 1979). Desde este punto de vista existen varios tipos de arrecifes: coralinos, rocosos y artificiales.

En el Golfo de California los arrecifes rocosos son los mejor desarrollados, se extienden principalmente a lo largo de su costa occidental y de sus más de 100 islas e islotes. No existen arrecifes coralinos en el Golfo de California, con la excepción hecha del arrecife de Cabo Pulmo que, a pesar de no ceñirse a la definición de arrecife coralino, funciona como tal (Brusca y Thomson, 1975).

Varios son los factores que influyen en la distribución de las especies en los arrecifes; de entre aquéllos destaca la importancia de la disponibilidad de recursos (espacio, refugio y alimento), la topografía del substrato, el grado de exposición de un lugar con respecto a corrientes y oleaje, transparencia del agua, y algunos patrones de comportamiento propios de las especies (Villareal, 1988; Allen y Robertson, 1995). Concretamente los peces de arrecife son aquellos que tienen su vida íntimamente asociada con el substrato rocoso con fines de alimentación, refugio y/o reproducción (Thomson et al., 1979). En el Golfo de California se han registrado 271 especies de peces en este ambiente (Thomson et al., 1979)

Dentro del Golfo de California se pueden distinguir tres grandes áreas biogeográficas (Thomson et al., 1979): norte (desde Bahía San Francisquito hasta el sur de Isla Tiburón), centro (el límite sur es una línea imaginaria que comienza en Bahía de La Paz y llega hasta Guaymas) y sur (desde Bahía de La

Paz hasta Cabo San Lucas en el litoral occidental y desde Guaymas a Mazatlán en su parte oriental). La parte norte del Golfo se caracteriza por poseer amplias variaciones de temperatura superficial, 12-33 °C, grandes mareas y alta turbidez; dominan las especies de peces de afinidad templada. En la parte central del Golfo la temperatura rara vez está por debajo de los 16 °C, las mareas son grandes como en el norte y las aguas son transparentes; los peces más abundantes de estas aguas son los de afinidad tropical y son poco frecuentes los de afinidad templada. En el sur del Golfo las temperaturas oscilan entre los 20 y los 30 °C, las mareas son mínimas y la transparencia de las aguas es la más elevada de todo el Golfo de California. En la franja de costa que abarca desde Bahía de la Paz a Cabo San Lucas se encuentra la mayor riqueza de peces de arrecife de todo el Golfo y posiblemente de todo el Pacífico Oriental (Thomson *et al.*, 1979).

La importancia biogeográfica del Golfo de California es evidente ya que es considerada por algunos autores como una provincia zoogeográfica por sí misma. Debido a que la ictiofauna de ambientes costeros representa un área relativamente aislada del resto del Pacífico Oriental Tropical, con un 25 a un 30% de endemismos; fue nombrada como la provincia de Cortez (Briggs, 1974) equivalente a la sinus-californiana de Castro-Aguirre (1983).

Para la evaluación y estudio de los peces de arrecife se emplean distintos métodos de muestreo; los agresivos con el medio (captura mediante artes de pesca o envenenamiento) y otros no agresivos (principalmente censos visuales). En este trabajo se optó por el segundo tipo de técnicas, ya que son las más ampliamente utilizadas tanto en arrecifes naturales como artificiales (Relini *et al.*, 1994), y se revela como la mejor técnica para la realización de estudios de la ictiofauna de arrecifes (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). La principal ventaja de esta técnica es que permite la estimación de la riqueza y abundancia de la ictiofauna, con relativamente poco gasto de tiempo en el campo y sin las

desventajas inherentes a la perturbación causada por métodos como el marcado-recaptura, o métodos destructivos como ictiocidas o explosivos (Sale y Sharp, 1983; Brock, 1982). A pesar de ello se debe tener en cuenta que las técnicas de censos visuales no son exactas al 100 % (Sale y Douglas, 1981) y están restringidas a ambientes poco profundos, ya que lo contrario entrañaría problemas de descompresión para el buceador. Otra desventaja de esta técnica es que las especies crípticas y nocturnas no se encuentran representadas (Gladfelter et al., 1980).

Los peces de arrecife tienen gran importancia tanto desde el punto de vista ecológico, ya que forman parte de una comunidad altamente diversa y compleja, como desde el punto de vista económico. Si se asume que dos de las principales fuentes de ingresos económicos en Baja California Sur son la pesca y el turismo, los arrecifes pueden producir fuentes de ingreso económicos a la industria de ornato y a la turística, ya que actúan como reclamo para la cada día más importante industria del buceo recreativo y deportivo. Esto mismo se refleja en Isla Cerralvo y Punta Perico, aunque no están tan presionadas en el aspecto turístico como la zona de Espíritu Santo, existe un incremento constante en la zona tanto de la pesca artesanal y deportiva, como en el número de puntos de buceo, además estas zonas, debido a sus características arrecifales, podrían convertirse en zonas objetivo para la pesca de peces de ornato. A pesar de ello no existen estudios que cuantifiquen la abundancia de este tipo de peces en ninguna zona del Golfo de California, y por lo tanto en el área de estudio. Por este motivo son necesarios trabajos en los que se realicen estimaciones de la abundancia de peces en un determinado arrecife, y con ello poder ordenar las actividades que afectan a los recursos vivos marinos, y plantear formas de manejo sostenible de las zonas arrecifales del Golfo de California.

1.1 ANTECEDENTES

La mayor parte de los trabajos sobre comunidades de peces de arrecife provienen del Caribe, Australia y el Mar Rojo (Galzin, 1987a). En comparación con estas zonas los trabajos sobre peces de arrecife en la zona del Golfo de California son escasos.

En el Golfo de California los trabajos se han centrado en la biogeografía de los peces de arrecife; guías de identificación o listados de especies: para el Pacífico Tropical Oriental, para el Golfo de California, Baja California Sur y Bahía de La Paz, mientras que para la zona de estudio existe una lista de peces de Isla Cerralvo.

En otros estudios se ha analizado la variación espacio/temporal de la estructura de las asociaciones de peces de arrecife Galzin (1987a,b) en la Polinesia Francesa; y Allevizon et al. (1985) en Bahamas. Otros trabajos han estudiado la relación entre la estructura del hábitat y la abundancia y diversidad de peces, los resultados han variado dependiendo del lugar donde se realizaron, por ejemplo Luckurst y Luckhurst (1978) concluyeron que había una estrecha relación entre ambos elementos, mientras que Roberts y Ormond (1987) en un estudio realizado en el Mar Rojo, concluyeron que la diversidad biológica del substrato influía más que la complejidad estructural de este. Ogden y Ebersole (1981), Sale y Douglas (1984), en arrecifes coralinos australianos, concluyeron que la estructura de la asociación de peces estuvo sólo relacionada con el tamaño del arrecife.

También se han realizado trabajos en arrecifes rocosos y artificiales, de estos la mayoría se han llevado a cabo en aguas templadas o frías. En el Mediterráneo, Relini et al. (1994) estudió la variación espacio-temporal en arrecifes artificiales; Reñones et al. (1997) concluyeron que la complejidad del substrato era el elemento más importante en la composición y abundancia de

las asociaciones de peces. En el sur de Australia; Burchmore et al. (1985) y Anderson et al. (1989) compararon las asociaciones de peces de arrecifes artificiales y arrecifes rocosos naturales. En Nueva Zelanda Choat y Ayling (1987) estudiaron la relación entre la estructura de la comunidad y la del hábitat. Por último en la zona de California DeMartini et al. (1989) compararon la densidad de peces, en arrecifes artificiales y en zonas de Kelp.

En el Golfo de California son escasos los estudios enfocados al análisis de la estructura de la comunidad de peces de arrecife; Villarreal (1988) realizó un exhaustivo estudio de la ictiofauna conspicua del arrecife de Cabo Pulmo. En la zona de Bahía de La Paz, Pérez-España et al. (1996) analizaron la variación espacio/temporal en la zona del complejo insular Espíritu Santo; Galván-Piña (1998) analizó la variación en la estructura de la comunidad de peces utilizando como método de muestreo una red agallera; Arreola (1998) en distintos islotes del complejo insular Espíritu Santo, concluyó que la diversidad de peces de arrecife dependía de la exposición y la fisiografía del arrecife. Por último Aburto (1999) concluyó que la segregación de especies en distintos hábitats fue poco pronunciada, aunque la abundancia relativa de las mismas fue diferente.

Otros trabajos se han enfocado al estudio del comportamiento alimenticio de una o varias especies de peces de arrecife (Hobson, 1968; Reynolds y Reynolds, 1977; Montgomery et al., 1980; Bermúdez et al., 1993; Pérez-España, 1994; Baynes, 1999). Sobre biología reproductiva de peces de arrecife, destaca el de Arellano-Martínez (1997) quien estudió a *Holacanthus passer* y *Pomacanthus zonipectus*.

Por lo que se refiere a la técnica de censado utilizada en este estudio, existen numerosos trabajos sobre censos submarinos centrados en peces de arrecife, que han demostrado su validez y utilidad. Desde la propuesta inicial de Brock (1954) se han producido numerosas modificaciones al método ya sea en

la unidad empleada (longitud o tiempo) como en otras que se han desarrollado para cuantificar los peces en los arrecifes de todo el mundo. De entre estos trabajos, donde se analizan las ventajas y desventajas de esta metodología, destacan los realizados por Sale y Douglas (1981) en el que indicaron la importancia de realizar repeticiones, Brock (1982) comparó la riqueza obtenida mediante censos visuales y la utilización de rotenona en el mismo área; Sale y Sharp (1983) experimentaron con distintas anchuras de transecto; Harmelin-Vivien et al. (1985) realizaron una completa revisión de los métodos y problemas a la hora de evaluar la abundancia de peces de arrecife; Bohnsack y Bannerot (1986) propusieron un método estacionario para censar peces de arrecife; Sanderson y Solonsky (1986) compararon la precisión del censo visual rápido (RVT) y el transecto con una anchura determinada, y concluyeron que este último era mucho más preciso; Thresher y Gunn (1986) compararon distintos tipos de transecto para estimar abundancias de peces de la familia Carangidae; por último Lincoln-Smith (1988) analizó la influencia de la velocidad de nado del buceador en la estimación de la abundancia de peces de arrecife. Como conclusión general la mayor parte de estos trabajos recomiendan la utilización de una unidad fija de transecto.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad en todas las zonas arrecifales del mundo existen muchas especies marinas que se explotan con fines de exhibición; principalmente peces llamativos conocidos como “peces de ornato”, cuya principal finalidad es abastecer a los mercados extranjeros, donde son vendidos a los acuarios públicos o privados (Pérez-España,1994). En los últimos años se ha producido un gran aumento en el número de acuarios marinos particulares en todo el mundo, lo que tiene como consecuencia un aumento de la demanda de peces de ornato.

En algunas zonas del mundo, como Hawaii, donde se emplean técnicas selectivas de captura y el manejo es el adecuado, el recurso es capaz de mantener a un bajo número de pequeños empresarios, y el impacto sobre las especies objetivo es bajo. El caso contrario se produce en Filipinas donde, a causa de los métodos destructivos empleados para la captura del recurso, muchos arrecifes se encuentran en muy mal estado (Lieske y Myers, 1996).

El valor de los peces de arrecife como recurso para actividades tales como: turismo, fotografía submarina y educación, ha sobrepasado en muchos casos el valor económico que tendría como recurso alimenticio (Lieske y Myers, 1996) y en otros casos, superan aún su valor comercial con fines de ornato.

Los arrecifes rocosos de la zona de isla Cerralvo albergan gran cantidad de especies de interés comercial para este tipo de industria. En este momento, en México y, por lo tanto en el estado de Baja California Sur, no existen permisos para extraer peces de ornato, a pesar de la continua demanda por parte de los empresarios para que se concedan. Las autoridades han justificado la negación de estos permisos basándose en la carencia de conocimientos tanto de la biología básica de la mayor parte de las especies, como de la estructura

comunitaria de los arrecifes, lo que les impide otorgar cuotas de captura con bases fundamentadas.

A pesar de las presiones que existen en la actualidad para que se concedan los permisos para la pesca de peces de ornato por parte de algunos empresarios, no existe hasta el presente en nuestro conocimiento, ningún trabajo que haya tratado de estimar las abundancias de las poblaciones de peces de arrecife en ninguna zona del Golfo de California, algo que resulta imprescindible a la hora de realizar valoraciones del estado en que se encuentra una zona arrecifal concreta.

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la abundancia y la variación espacio-temporal de las especies conspicuas de peces de arrecife rocoso en las zonas de Isla Cerralvo y Punta Perico, B.C.S., México.

OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar las características fisiográficas y morfológicas de los arrecifes rocosos en estudio.

Cuantificar las abundancias y densidades de las especies de arrecifes rocosos en estudio.

Caracterizar la estructura del arrecife rocoso mediante índices ecológicos.

Identificar las especies biológicamente más importantes.

Analizar las diferencias entre localidades, estratos y épocas del año.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La Isla Cerralvo (Figura 1), tiene un origen volcánico, se localiza en el Golfo de California, y está separada 13 km de la Península de Baja California por el Canal de Cerralvo (Boudillon-Moreno et al., 1991). La altura máxima es de 754 m en la parte norte y 825 m en la sur (Muñoz, 1946, en Galván-Magaña et al., 1996). Se encuentra entre las coordenadas 24° 08' y 24° 23' latitud norte y los 109° 48' y 109° 55' longitud oeste. La forma de la isla es alargada orientada en el eje NW-SE y cubre una superficie de 160 km², lo que la sitúa en cuarto lugar en tamaño de las del Golfo de California y, como otras islas, posee algunos endemismos en fauna y vegetación (Boudillon-Moreno et al., 1991). Presenta una orografía agreste, de costas con fuertes pendientes y una línea de playa pequeña y, en su mayor parte, rocosa (Nava-Sánchez, 1994). La única zona donde se pueden hallar playas bien constituidas es en el sur de la isla. Las zonas de muestreo se localizaron en Cerralvo Norte (entre 24° 19' 30" y 24° 22' 3" de latitud norte y 109° 56' 22" y 109° 55' 59" de longitud oeste) y Cerralvo Sur (entre 24° 8' 13" y 24° 8' 48" de latitud norte y, 109° 48' 1" y 109° 51' 58" de longitud oeste).

Punta Perico (entre 23° 59' 27" y 24° 1' 55" de latitud norte, y 109° 49' 26" y 109° 48' 31" de longitud oeste) tiene las mismas características de arrecife rocoso bien constituido como los de Isla Cerralvo; esta localidad abarca desde la zona conocida como Cueva del León hasta el comienzo de la Ensenada de Muertos. Está compuesta de rocas metamórficas y areniscas; las costas son erosionales, con abundancia de escarpes y plataformas estrechas al pie de tierras altas (Nava-Sánchez, 1994).

Las zonas de estudio fueron escogidas por los siguientes motivos:

Existen arrecifes rocosos bien desarrollados en las profundidades propuestas para el muestreo.

Se tiene la posibilidad de comparar una zona insular y otra continental. Existen muestreos exploratorios realizados con anterioridad en la zona. Las tres localidades de estudio tienen "a priori" características distintas; la zona de Cerralvo Norte está más afectada por los vientos en invierno mientras que Cerralvo Sur lo está en verano. Consideraciones logísticas, ya que se puede trabajar en las tres áreas sin cambiar de campamento base.

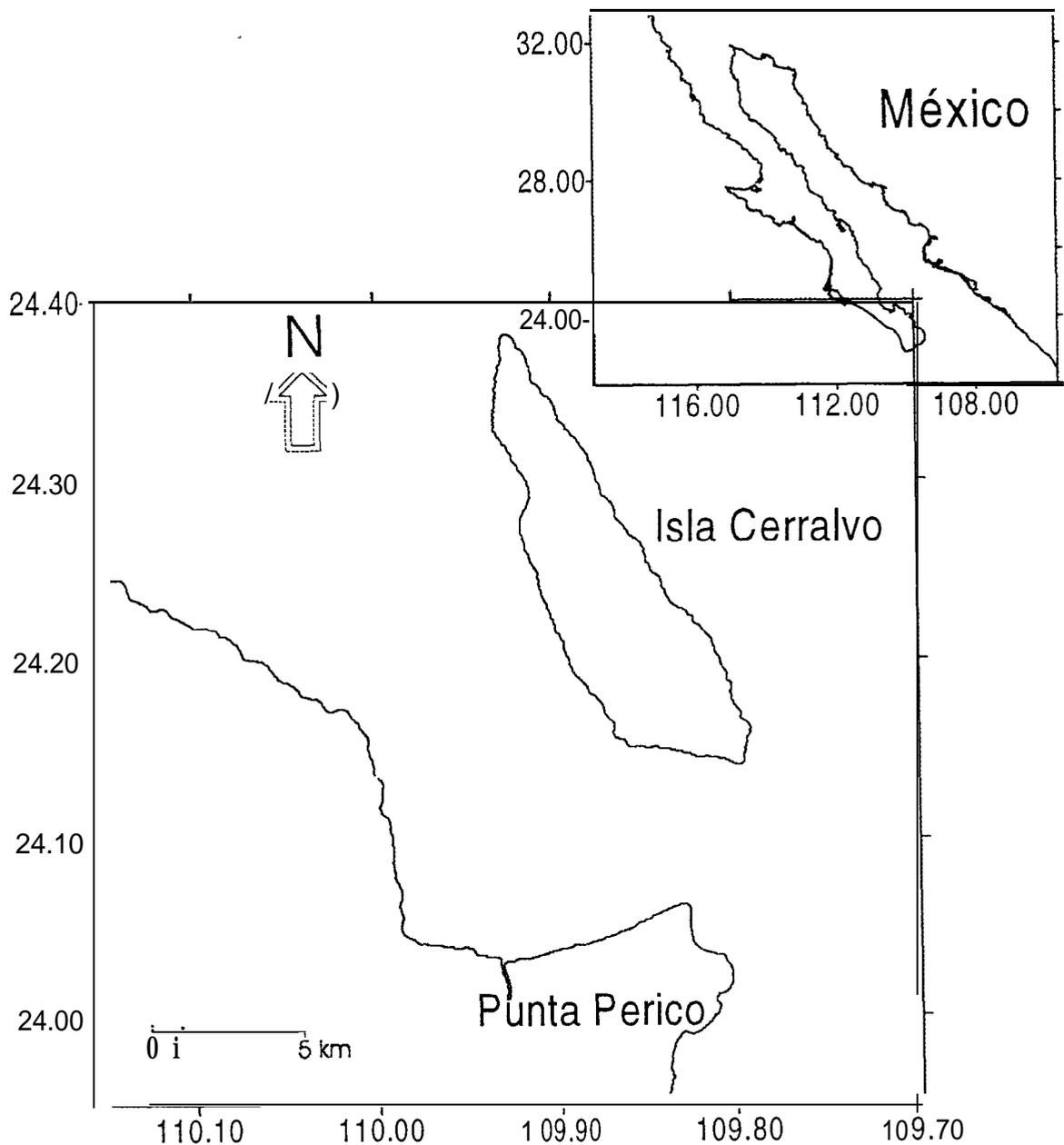


Figura 1. Área de estudio

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA

Las cartografías y batimetrías existentes son de una escala poco adecuada para los objetivos de este trabajo, ya que no diferencian con exactitud los límites de las isobatas de 5 y 10 m de profundidad, algo que se hace imprescindible a la hora de calcular la densidad de peces existentes en el área.

Se delimitaron cada una de las tres localidades entre el nivel cero de la orilla hasta los 10 m de profundidad; de igual manera se delimitaron las zonas rocosas de las que no lo eran de la siguiente forma: desde tierra se tomaron puntos cada 50 m con un Geoposicionador (marca Magellan, modelo NAV dlx-10), con el objeto de obtener una cartografía adecuada de la línea de costa. Para la toma de puntos del área submarina se utilizó la misma metodología, siguiendo la isobata de 10 m desde una lancha dotada con una ecosonda, marcando con un GPS puntos cada 50 m aproximadamente; se observaron los tipos de fondos existentes mediante una cubeta con base de cristal, y se clasificaron en: rocoso, rocoso-arenoso y arenoso.

Una vez tomados los datos en el campo se capturaron en el programa Surfer, donde se tradujeron gráficamente las posiciones geográficas de tierra, mar, y las correspondientes al tipo de fondo. De esta manera se obtuvo un área cerrada mediante la cual se pudo calcular la superficie de las localidades de estudio.

3.2 CÁLCULO DE LAS ÁREAS

Para el cálculo del área se utilizaron dos métodos: gravimétrico y con planímetro. Mediante el primero se obtuvo el área recortando la zona

demarcada en el mapa, se utilizó papel de tipo “albanene”, se eligió este papel debido a que posee una superficie uniforme, de esta manera se minimiza el error en el pesado. El peso obtenido del área dibujada de cada localidad se comparó con el peso de un área conocida a la misma escala; el área de cada localidad.

El segundo método consistió en comparar la longitud recorrida por un planímetro a lo largo de la zona delimitada, con un cuadrado de área conocida a la misma escala que el resto del mapa. No se encontraron diferencias al comparar las áreas obtenidas con ambos métodos.

3.3 VARIABLES AMBIENTALES

Se tomaron datos de la temperatura superficial del mar con un termómetro de cubeta, cada mes y en cada una de las localidades de muestreo.

3.4 MÉTODO DE MUESTREO

Para la toma de datos del número de especies de peces de arrecife y su abundancia se utilizó el método de censos visuales submarinos. Se deben asumir algunas limitaciones en este tipo de metodología, como la no observación de las especies crípticas, o la subestimación de las abundancias de algunas especies (Sale y Sharp, 1983; Brock, 1982); aunque ello se ve compensado por ser un tipo de muestreo no destructivo, siendo ampliamente utilizado para la evaluación de poblaciones de peces en zonas de arrecife (Sale y Douglas, 1981).

De las técnicas empleadas para la realización de censos visuales submarinos en peces (por tiempos, recorriendo una longitud conocida o realizándolo de forma estacionaria) se eligió el censo visual submarino en el

que se recorre una distancia conocida, debido a que es un método mucho más cuantitativo que el realizado por tiempos y se ve menos influenciado por aspectos tales como la corriente o la velocidad de nado del buceador.

Existe una gran variedad en la longitud de los transectos utilizados en las zonas de arrecife; aunque en los últimos tiempos uno de los más ampliamente utilizados es el de 50 m.

Con el objeto de comprobar si la distancia de 50 m seleccionada era la adecuada para la zona en la que se desarrollaba el estudio, se realizaron, de forma previa al inicio de los muestreos, una serie de censos submarinos experimentales con distintas longitudes de transecto (10 m, 20 m, 30 m, 40 m y 50 m).

Con los datos obtenidos en los censos experimentales se realizaron las pruebas siguientes:

Se representaron los datos de diversidad de Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1963) frente a las distintas longitudes de transecto realizadas, con el objetivo de conocer a qué distancia de transecto se estabilizaba el valor de diversidad.

Los datos de riqueza obtenidos en cada una de las distancias recorridas se ajustaron a la ecuación de una curva asintótica

$$r = a \times (1 - e^{-b \times l})$$

donde a y b = parámetros de la ecuación

r = riqueza de especies observada

l = longitud recorrida para una riqueza observada

a = número de especies máximo

b = constante de decremento de la función

La finalidad de este ejercicio fue conocer a qué distancia del transecto se estabiliza el número de especies que fueron contadas numéricamente.

3.5 DISEÑO DE MUESTREO

A partir de los datos proporcionados por los muestreos exploratorios realizados en los años 1996 y 1997, se eligieron las zonas norte y sur de isla Cerralvo, debido a que tienen características fisiográficas similares, aunque con régimen de vientos y corrientes distintos. La zona norte se ve más afectada por los vientos durante el invierno, mientras que el en el sur es la época de verano cuando se ve más influenciada por los vientos. La zona de Punta Perico tiene formaciones de arrecife rocoso similares a las de Isla Cerralvo y debido a su facilidad de acceso se encuentra muy presionada por la pesca deportiva y el buceo recreativo.

Previamente al inicio de las campañas de muestreo, se realizó un entrenamiento exhaustivo, consistente, en primer lugar, en el estudio y memorización, con ayuda de guías fotográficas (Thomson et al., 1979; Gostshall, 1982; Allen y Robertson, 1994) de las formas y patrones de coloración de las especies de peces de arrecife, esta fase se prolongó durante cinco meses. Posteriormente, y sin dejar de revisar constantemente la bibliografía, se efectuaron diversos ensayos con biólogos experimentados en esta forma de trabajo, se compararon los resultados, no realizándose ningún muestreo hasta que estos fueron satisfactorios. Los ensayos tuvieron como objetivo fundamental la identificación bajo el agua de las especies de peces, ya que, debido a la experiencia previa del muestreador, en este caso el autor de este trabajo de tesis, no fue necesario el entrenamiento para la estimación de las abundancias. Es importante señalar que, durante todo el año que duró el muestreo no se dejó nunca de revisar bibliografía, con el objeto de no disminuir

el nivel en la capacidad de identificación adquirida durante la etapa anteriormente descrita.

Los censos se realizaron cada mes, siempre por la misma persona, mediante equipo de buceo autónomo SCUBA, entre marzo de 1998 y febrero de 1999. El lugar y la posición en el cual se realizaron los muestreos fue seleccionado aleatoriamente en lugares donde existiera un fondo de roca o roca-arena.

Los censos se realizaron, en horario diurno, como mínimo dos horas después del amanecer y dos horas antes del anochecer, con la finalidad de que no hubiera interferencias con peces de hábitos nocturnos.

En general las condiciones ambientales fueron estables durante todo el año con dos excepciones, los meses de marzo y diciembre en la localidad de Cerralvo Norte, debido a los vientos del norte predominantes en la época fría y al tipo de embarcación utilizada, una lancha con motor fuera de borda, que impidieron que se cruzara el Canal de Cerralvo y por lo tanto la posibilidad de que se hicieran los censos correspondientes.

Los transectos se realizaron desde un punto fijo a partir del cual se efectuaba el recorrido con un aleteo constante, anotando todas las especies de peces y las abundancias observadas. La anchura del transecto fue de 5 m y se estimó visualmente (figura 2). El área muestreada en cada transecto fue de 250 m².

Cada mes en cada una de las tres localidades se seleccionaban aleatoriamente dos sitios de muestreo; en cada uno de los sitios se realizaban dos repeticiones paralelas a la costa a 10 m de profundidad y otras dos a 5 m de profundidad, con el objeto de detectar si existían variaciones en la

abundancia; siempre se realizaba el primer transecto a la mayor profundidad por motivos de seguridad (Heine, 1999). En total, en cada localidad se realizaban 8 repeticiones por mes, con dos sitios de muestreo en cada una de ellas, por lo que el total realizado en las tres localidades ascendía a 24 transectos de 50 m (Figura 3).

La realización de las repeticiones tiene como objetivo fijar el error estadístico de los datos.

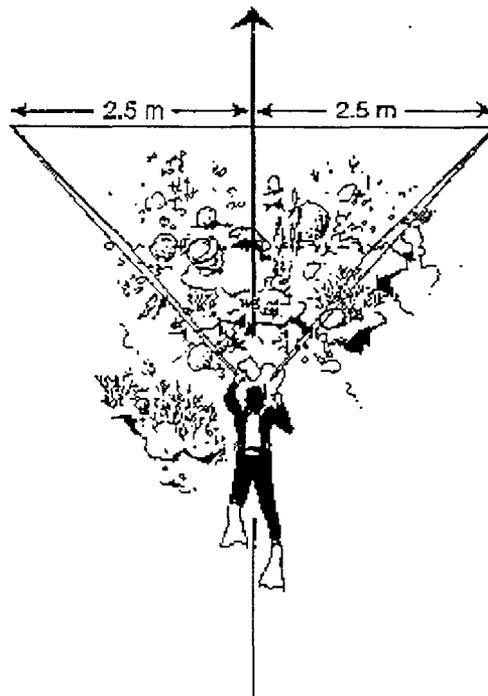


Figura 2. Esquema que muestra al buceador contando los peces dentro de un área específica a lo largo del transecto (modificado de English et al., 1997).

Las abundancias y especies observadas por el buceador se anotaron en hojas de material plástico; de aquellos individuos que no fue posible su identificación a nivel específico se indicó el taxón mínimo alcanzado. En el caso de existir duda con alguna de las especies se realizó una descripción de ésta “in situ” para una consulta posterior y ser contrastada mediante bibliografía (Thomson et al., 1978; Gostshall, 1982; Allen y Robertson, 1994; Fisher *et al.*, 1995; De La Cruz-Agüero et al., 1997). Si a pesar de lo anteriormente expuesto

no se tenía la certeza de que especie se trataba se anulaba el dato correspondiente.

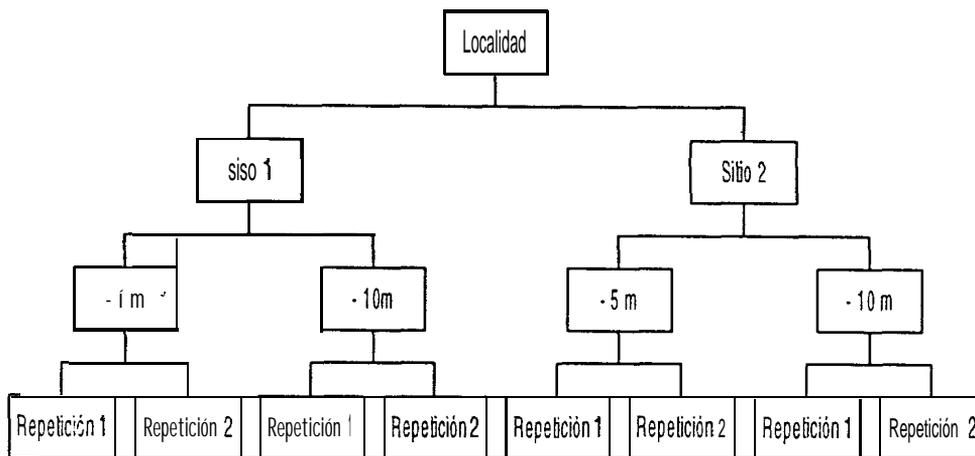


Figura 3. Diagrama de la secuencia de muestreo realizada cada mes en cada una de las tres localidades.

El ordenamiento sistemático de las especies se realizó de acuerdo a Nelson (1994).

3.6 TRATAMIENTO DE DATOS

3.6.1 Descriptores ecológicos

Se efectuó la descripción ecológica de las tres zonas de estudio mediante los siguientes índices: Riqueza (S), diversidad (H'), equitatividad (J') e Índice de Valor Biológico (IVB).

Riqueza

Se calculó la riqueza como el número total de especies presentes en una muestra, $N_0 = S$.

Diversidad

Se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1963).

$$H' = -\sum p_j \log_2 p_j$$

donde:

H' = índice de diversidad en bits/individuo

$p_j = N_j / N$

N : número total de individuos

N_j : número total de individuos de la especie j

La forma preferida para expresar la diversidad en las comunidades de organismos se toma de la teoría de la información (Margalef, 1967). Concretamente en este trabajo se utilizó el índice de Shannon, que es el índice más utilizado en los trabajos de ecología (Ludwig y Reynolds, 1988). El índice de diversidad de Shannon se entiende como la relación entre el número de especies y su abundancia relativa (Magurran, 1988).

Para poder comparar directamente un estudio con otro es importante ser consistente en la elección del índice de diversidad, por esta razón puede ser más informativo utilizar el mismo índice que se utilizó en otros trabajos, que otros índices que pudieran ser teórica y biológicamente más aceptables (Magurran, 1988). Este fue el criterio fundamental para la elección del índice de Shannon-Wiener como índice de diversidad, ya que de esta manera es posible comparar los valores obtenidos con otros procedentes de los trabajos realizados en la zona.

Para comprobar la existencia de diferencias significativas entre localidades, meses, y profundidades se utilizó el análisis de variancia (Clarke y Warwick, 1994). En el caso de encontrar diferencias significativas se usó la

prueba de Tukey (Zar, 1996) de comparación múltiple de medias, donde se determinaron qué pares de medias difirieron significativamente.

Los cálculos de diversidad se realizaron mediante el programa de cómputo PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) (Clarke y Warwick, 1994)

La equitatividad considera en qué medida las especies son abundantes por igual (Magurran, 1988). La diversidad máxima (H_{max}) que pudiera tener lugar se hallaría en una situación en la que todas las especies fueran igualmente abundantes, esto es, si $H' = H_{max} = \ln S$. La relación entre diversidad observada y diversidad máxima, puede, por consiguiente, ser tomada como una medida de uniformidad (Pielou, 1977); los valores próximos a 1 indican una alta uniformidad de la muestra mientras que los que son próximos a 0 expresan alta dominancia de alguna especie. Así,

$$J' = H' / H_{max} = H' / \ln S$$

donde H' : Índice de Shannon y $H_{max} = \ln S$: máximo valor de H' .

Los cálculos de equitatividad se realizaron mediante el programa de cómputo PRIMER (Clarke y Warwick, 1994)

Índice de Valor Biológico

El índice de valor biológico propuesto por Sanders (1960), se utiliza para ordenar la importancia de las especies. Se asigna un valor a cada especie en función de su abundancia en cada muestra y es expresada a manera de puntajes. Es una herramienta que permite la selección de las especies representativas de una comunidad e integra los valores cíclicos temporales en las dominancias de las especies principales (Loya-Salinas y Escofet, 1990). Este índice tiene como ventaja la combinación de los datos de abundancia y la frecuencia de aparición de cada una de las especies.

El rango de salida utilizado para todos los cálculos fue de 4.

Los cálculos del IVB se realizaron mediante el programa de cómputo ANACOM - Análisis de Comunidades (De La Cruz-Agüero, 1994).

Análisis de correspondencias

Para determinar la existencia de diferencias entre profundidades, épocas y localidades se analizaron los datos de abundancia mediante un análisis multifactorial o de variables múltiples, que consiste en un conjunto de métodos estadísticos y matemáticos para analizar, describir e interpretar las observaciones multidimensionales, es decir, el material estadístico que proviene de más de una variable (Cuadras, 1991).

Se empleó la técnica del análisis de correspondencias, que es un método muy utilizado para el análisis ecológico de la abundancia de diferentes especies en diferentes localizaciones (Manly, 1986; González-Sansón *et al.*, 1997).

Los procedimientos y cálculos utilizados para el análisis de correspondencias son similares a los utilizados en el análisis de componentes principales, aunque en el análisis de correspondencias se utiliza el análisis de valores propios para producir correspondencia de especies, en vez de correlaciones, y ordenación de unidades de muestreo (Ludwig y Reynolds, 1988).

Para no dificultar la interpretación de los resultados del análisis de correspondencias se eliminaron las especies más abundantes (que son las más frecuentes y comunes a las tres zonas por lo que no ayudarían a discriminar los puntos resultantes) y las poco frecuentes (que tendrían tendencia a separar excesivamente los puntos representados). Se procedió de la siguiente manera:

se sumaron todas las abundancias acumuladas por localidad, mes y especie; se representó el porcentaje de abundancia de cada especie frente al porcentaje de su frecuencia. Para el análisis multifactorial se seleccionaron aquellas especies cuyo porcentaje de abundancia fue inferior al 4% respecto del total y un porcentaje de la frecuencia superior al 6%.

Los datos de abundancia se transformaron logarítmicamente ($\ln X + 1$) para su posterior tratamiento en el análisis multifactorial.

El análisis de correspondencias se realizó mediante el programa de cómputo ANACOM - Análisis de Comunidades (De La Cruz-Agüero, 1994).

3.7 CÁLCULO DE LA ABUNDANCIA Y LA DENSIDAD

Se clasificaron los datos de abundancia obtenidos mediante censos visuales por repetición, localidad, mes y especie, con el fin de obtener la distribución de frecuencias según los intervalos de abundancia propuestos por Harmelin (1987), los cuales son:

1, 2-5, 6-10, 11-30, 31-50, 51-100, 101-200, 201-500, >500

A estas clases de abundancia se les añadió el valor cero, puesto que, para tener una aproximación real a la abundancia de un área hay que contabilizar también las veces en las que se realizó un censo y una especie determinada no apareció. Si no se añadiera el valor cero, sólo se tendrían en cuenta las muestras “positivas”, lo que haría que el número de transectos utilizados en los cálculos de extrapolación fuera variable para cada especie; así, la variancia de las estimaciones también lo sería, y lo que es más, no sería comparable entre especies por provenir de tamaños de muestra distintos. Además, si sólo se consideraran las muestras “positivas” en los porcentajes de

ocurrencia, las estimaciones estarían sobrevaloradas, más cuanto más “rara” fuera la especie considerada.

Los valores de abundancia extrapolados se obtuvieron de la siguiente manera:

- Los datos mensuales se agruparon en época fría y época cálida, para cada localidad y especie.

Para cada especie, se operó de la siguiente manera:

- Los datos brutos de los censos, se adjudicaron a las clases de abundancia arriba mencionadas, incluyendo los valores cero cuando la especie en cuestión no había sido censada en un transecto. Así se obtuvo la distribución de frecuencias relativas de las abundancias censadas.

- Se multiplicó la frecuencia relativa de cada intervalo de clase por los valores inferior, medio y superior de su respectiva clase de abundancia. Así se obtuvieron las cantidades en 250 m² de esa especie en cada clase de abundancia.

- Las cifras así obtenidas se multiplicaron por el número de unidades de muestreo de 250 m² constituyentes del área calculada para cada localidad. Así se obtuvieron las cantidades en toda el área de esa especie en cada clase de abundancia.

- Finalmente se sumaron ordenadamente (inferior, medio y superior) los valores obtenidos en el punto anterior.

Resumiéndolo en una ecuación, se podría poner:

$$N_{jk} = \sum M_i * F_{jki} * T_k$$

donde: N_{jk} es la abundancia total de la especie j , en la zona k ; $j = 1, 2, 3, \dots, 54$; $k = 1, 2, 3$;

M_i es el punto medio (inferior o superior) de la clase de abundancia i ; $i = 0, 1, 2, \dots, 9$;

F_{jk} es la frecuencia de ocurrencia (en tanto por cien) de la especie **j**, en la zona **k**, en la clase de abundancia **i**; en otras palabras, cuántas veces de 100 ocurrió la especie **j**, con una abundancia **i**, en los transectos de 250 m² de la zona **k**;

T_k es el número de transectos de 250 m² existentes en la zona **k**; T₁ = 2320; T₂ = 1200; T₃ = 5000.

A partir de los valores sumados de la abundancia extrapolada se calculó la densidad para cada especie en cada época. La unidad utilizada fue número de individuos por hectárea (N / ha).

4. RESULTADOS

4.1 ÁREAS

4.1.1 Superficie y relieve submarino

Para Cerralvo Norte se calculó un área de 0.58 km^2 (58 ha). A partir de observaciones personales, se comprobó como esta localidad se caracteriza por poseer fondos en los que abundan los bloques de piedra de pequeño y mediano tamaño, siendo estos últimos más comunes en las zonas de poca profundidad y próximas a la línea de costa. Aparecen fondos típicamente rocosos, con bloques de gran tamaño con grietas, oquedades y cuevas, repartidos a lo largo de la localidad; hacia el sur de la localidad aparecen parches de arena. Las pendientes son suaves, estabilizándose en torno a los 10 metros de profundidad, donde aparece un tipo de fondo arenoso-fangoso (Figura 4).

En Cerralvo Sur se calculó un área de 0.3 km^2 (30 ha). A partir de los datos tomados en el campo se comprobó que la mayor parte de la localidad está formada por fondos rocosos o mixtos rocoso-arenosos, con pendiente suave, que en su mayor parte pertenecen a lo que se ha descrito como “tepetate”, fondos de roca en forma de plataforma con pendiente suave (Figura 5).

Punta Perico, con un área calculada de 1.25 km^2 (125 ha), es la localidad de mayor tamaño y, quizá debido a ello, la más heterogénea. Basándose en las anotaciones tomadas durante los muestreos, se distinguen zonas con piedras de pequeño tamaño y pendiente suave que se intercalan con zonas rocoso-arenosas; zonas formadas por “tepetate”, cuya pendiente se estabiliza sobre los 11 metros de profundidad; y zonas con grandes bloques de roca, con una pendiente pronunciada hasta los 12 metros de profundidad, donde comienza un tipo de fondo fangoso-arenoso. El tipo de fondo más abundante en Punta Perico

Figura 4. Mapa de los tipos de fondo entre 0 y 10 m de profundidad pertenecientes a la localidad de Cerralvo Norte.

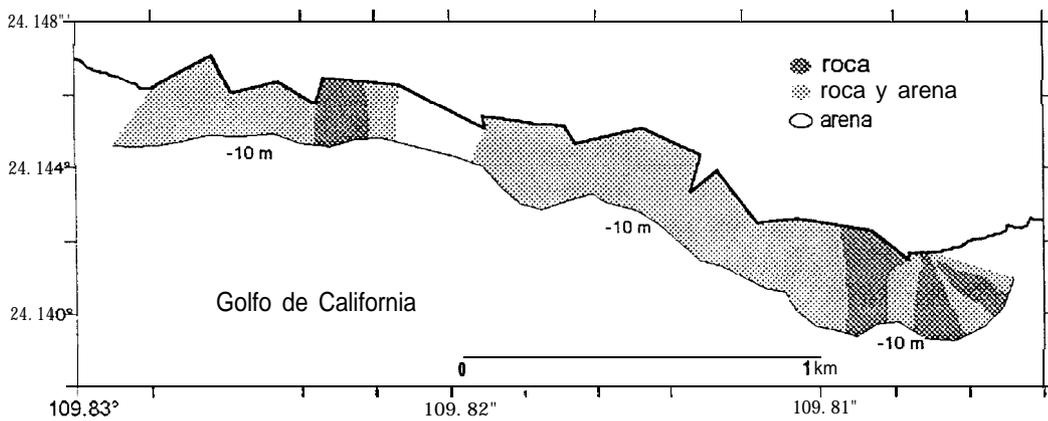
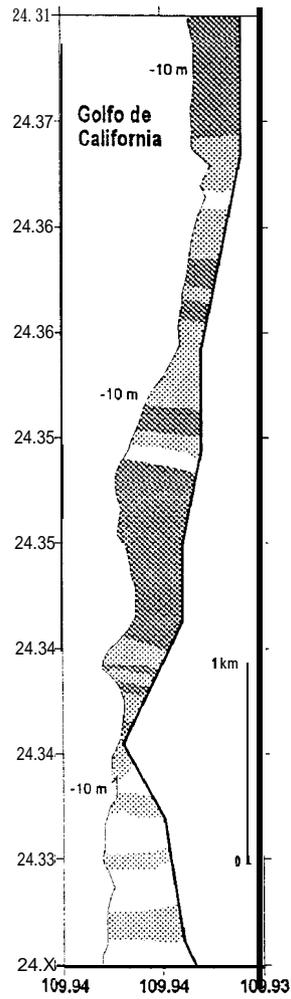


Figura 5. Mapa de los tipos de fondo entre 0 y 10 m de profundidad pertenecientes a la localidad de Cerralvo Sur.

es el estrictamente rocoso, con zonas de menor extensión formadas por fondos mixtos de roca-arena (Figura 6).

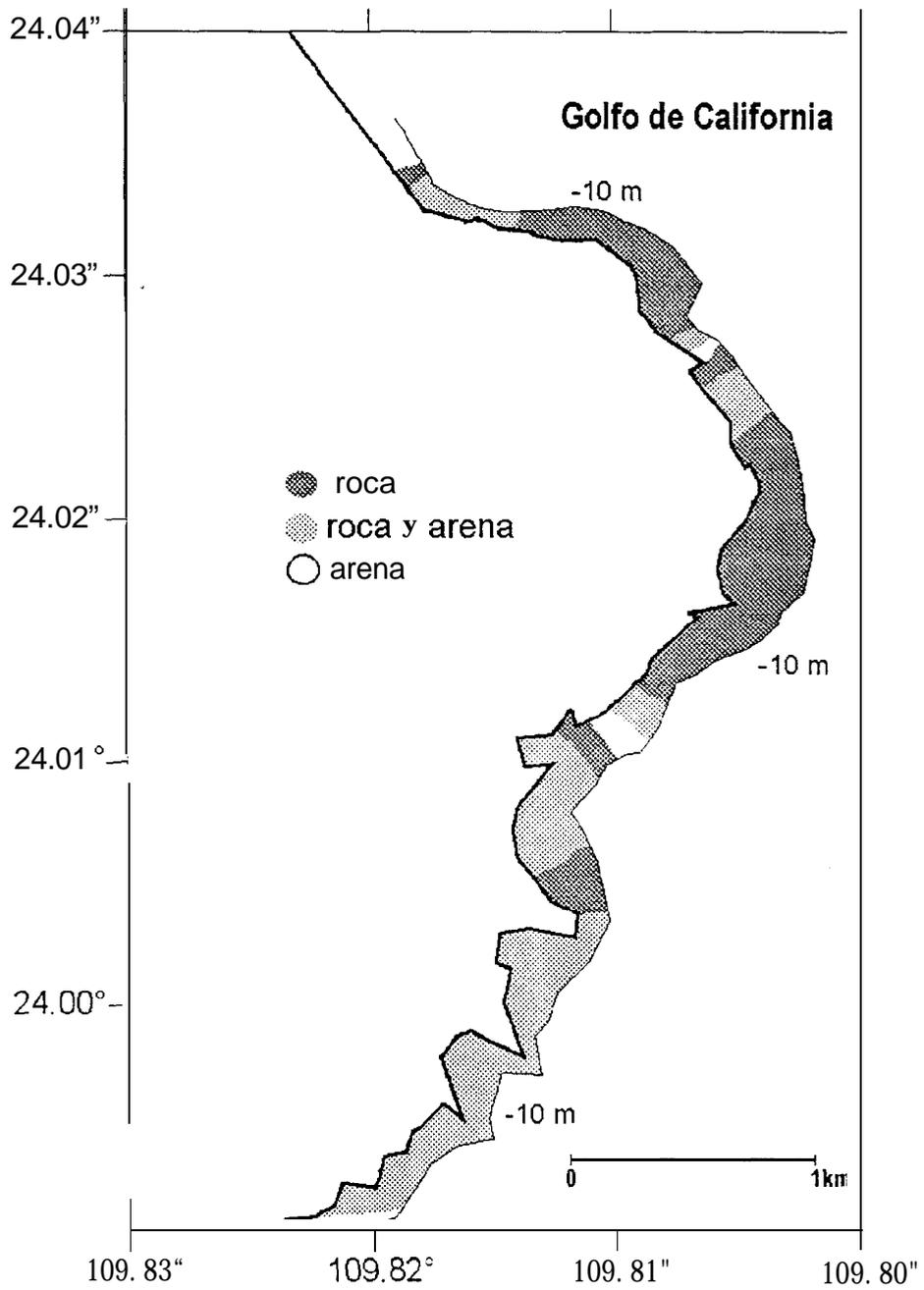


Figura 6. Mapa de los tipos de fondo entre 0 y 10 m de profundidad pertenecientes a la localidad de Punta Perico.

4.1.2 Unidad de muestra

Se realizaron 24 censos experimentales repartidos entre las localidades de Isla Cerralvo y Punta Perico; los censos se realizaron sobre fondos rocosos. Se representaron los valores de diversidad de Shannon-Wiener obtenidos frente a las distintas distancias recorridas. Los resultados muestran que los valores de diversidad se estabilizaron alrededor de los 30 m de recorrido (Figura 7).

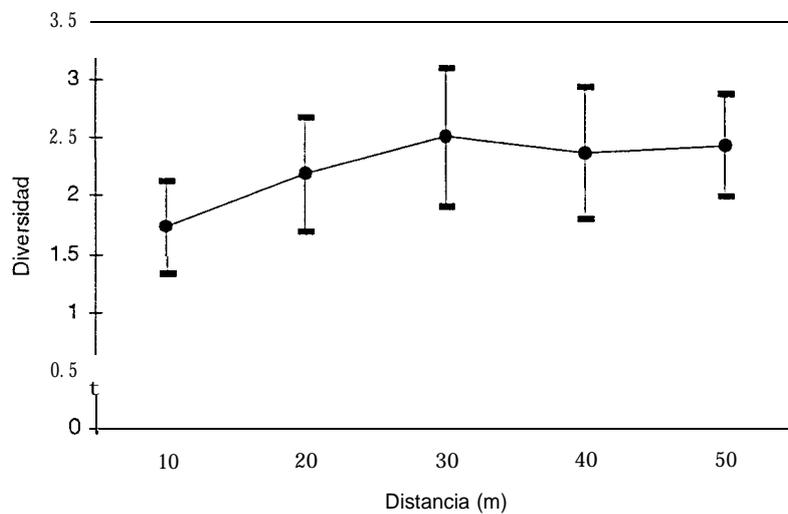


Figura 7. Diversidad (H') de Shannon obtenida para las distintas longitudes recorridas en los transectos experimentales. Se indican los valores promedio, máximos y mínimos para cada distancia.

Se ajustaron por mínimos cuadrados los valores de riqueza de especies acumuladas cada 10 m, obtenidos en los transectos experimentales a la ecuación de una curva exponencial, con el siguiente resultado:

$$r = 23.01 \times (1 - e^{-0.432 \times l})$$

La riqueza de especies se estabilizó entre 50 y 60 m de longitud con 23 especies (Figura 8). En el hipotético caso de que se doblara el esfuerzo, con un transecto de 100 m de longitud, se obtendrían 3 especies nuevas; ello implicaría un mayor esfuerzo que no se vería compensado con un aumento en la calidad de la información obtenida.

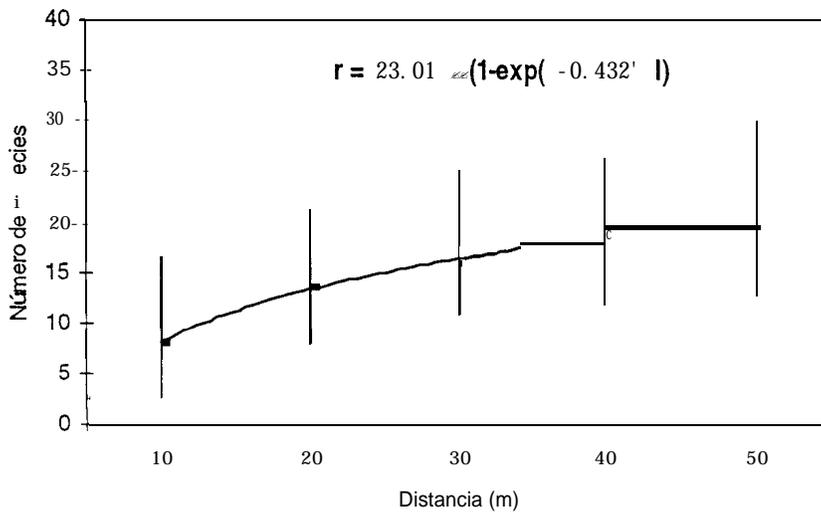


Figura 8. Curva ajustada a los valores de riqueza obtenidos en los transectos experimentales. Se indican los valores promedio, máximos y mínimos para cada distancia.

Se realizaron un total de 216 transectos, 64 en la localidad de Cerralvo Norte, y 76 en cada una de las localidades de Cerralvo Sur y Punta Perico. El área muestreada acumulada ascendió a 54, 000 m², correspondiendo 16,000 m² a Cerralvo Norte, 19, 000 m² a Cerralvo Sur y 19,000 m² a Punta Perico. El menor número de transectos, y por lo tanto de área muestreada, realizados en la localidad de Cerralvo Norte, fue debido a que no se pudo acceder en los meses de marzo y diciembre, a causa del mal estado del mar.

CENTRO INTERDISCIPLINARIO
 CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
 I.P.N.
 DONATIVO

4.2 COMPOSICIÓN DE ESPECIES

Se contabilizaron un total de 66,886 individuos, pertenecientes a 89 especies de 61 géneros agrupados en 33 familias (Tabla I). Las familias mejor representadas fueron Labridae y Pomacentridae (8 especies), y Serranidae, Carangidae y Haemulidae (6 especies).

Se detectaron 54 especies comunes en las tres localidades de estudio; 10 aparecieron sólo en dos localidades; las únicas especies que sólo se observaron en Isla Cerralvo fueron *Gymnomuraena zebra* y *Pseudobalistes*

naufragium; 25 se presentaron en una localidad, de las cuales 7 únicamente en Cerralvo Norte, 5 en Cerralvo Sur y 13 en Punta Perico (Tabla II).

Tabla I. Listado sistemático de la ictiofauna de arrecife rocoso de la zona de Isla Cerralvo, B.C.S., México, entre marzo de 1998 y febrero de 1999. Clasificación según **Nelson (1994)**.

PHYLUM CHORDATA

Subphylum Vertebrata (Craniata)

Superclase Gnathostomata

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Orden Squatiniformes

Suborden

Familia Squatinidae

Squatina californica Ayres, 1859

Orden Myliobatiformes

Suborden

Familia Urolophidae

Urobatis concentricus Osburn y Nichols, 1916

Superclase Gnathostomata

Clase Actinopterygii

Subclase Neopterygii

División Teleostei

Orden Elopiformes

Familia Elopidae

Elops affinis Regan, 1989

Orden Anguilliformes

Suborden Muraenoidei

Familia Muraenidae

Gymnothorax castaneus (Jordan y Gilbert, 1882)

Gymnomuraena zebra (Shaw y Nodder, 1797)

Muraena lentiginosa **Jenyns, 1842**

Suborden Congroidei

Familia Congridae

Heteroconger canabus (Cowan y Rosenblatt, 1974)

Orden Clupeiformes

Suborden Clupeodei

Familia Clupeidae

Harengula thrissina (Jordan y Gilbert, 1882)

Orden Aulopiformes

Suborden Alepisauroides

Familia Synodontidae

Synodus sp.

Tabla I. Continuación.

Orden Beryciformes

Suborden

Familia Holocentridae

Myripristis leiognathus Valenciennes, 1855

Sargocentron suborbitalis (Gill, 1864)

Orden Syngnathiformes

Suborden Aulostomoidei

Familia Fistulariidae

Fistularia commersonii Rüppell, 1835

Orden Scorpaeniformes

Suborden Scorpaenoidei

Familia Scorpaenidae

Scorpaena plumieri rnyfes (Jordan y Starks, 1895)

Orden Perciformes

Suborden Percoidei

Familia Serranidae

Alphestes immaculatus Breder, 1936

↘ *Epinephelus labriformis* (Jenyns, 1843)

Cephalopholis panamensis (Steindachner, 1876)

↗ *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877)

↘ *Paranthias colonus* (Valenciennes, 1855)

Serranus psittacinus Valenciennes, 1855

Familia Priacanthidae

Heteropriacanthus cruentatus (Lacepède, 1801)

Familia Apogonidae

Apogon pacifici Herre, 1935

Apogon retrosella (Gill, 1863)

Familia Carangidae

Caranx caballus Günther, 1868

Caranx lugubris Poey, 1860

Caranx melampygus Cuvier, 1833

↘ *Caranx sexfasciatus* Quoy y Gaimard, 1824

↘ *Gnathanodon speciosus* (Forsskal, 1775)

Elagatis bipinnulata (Quoy y Gaimard, 1824).

Familia Lutjanidae

↘ *Hoplopagrus guntheri* Gill, 1862

↘ *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869)

Lutjanus viridis (Valenciennes, 1845)

Familia Haemulidae

↘ *Anisotremus interruptus* (Gill, 1862)

Anisotremus taeniatus (Gill, 1862)

Haemulon maculicauda (Gill, 1863)

↘ *Haemulon sexfasciatum* Gill, 1863

Microlepidotus brevipinnis (Steindachner, 1869)

↘ *Microlepidotus inornatus* Gill, 1863

Tabla I. Continuación.

Familia Mullidae

Mulloidichthys dentatus (Gill, 1863)

Familia Kyphosidae

Subfamilia Kyphosinae

Kyphosus analogus (Gill, 1863)

✕ *Kyphosus elegans* (Peters, 1869)

Familia Chaetodontidae

Chaetodon humeralis Günther, 1860

Forcipiger flavissimus Jordan y McGregor, 1898

Johnrandallia nigrirostris (Gill, 1862)

Familia Pomacanthidae

Holacanthus clarionensis Gilbert, 1890

Holacanthus passer Valenciennes, 1846

Pomacanthus zonipectus (Gill, 1863)

Familia Pomacentridae

Abudefduf troschelii (Gill, 1862)

Chromis alta Greenfield y Woods, 1980

Chromis atrilobata Gill, 1862

Microspathodon bairdii (Gill, 1863)

Microspathodon dorsalis (Gill, 1863)

Stegastes flavilatus (Gill, 1863)

Stegastes leucorus (Gilbert, 1892)

Stegastes rectifraenum (Gill, 1863)

Familia Cirrhitidae

Cirrhitichthys oxycephalus (Bleeker, 1855)

, *Cirrhitus rivulatus* Valenciennes, 1855

Suborden Labroidei

Familia Labridae

, *Bodianus diplotaenia* (Gill, 1863)

Halichoeres chierchiae Caporiacco, 1947

Halichoeres dispilus (Günther, 1864)

Halichoeres nicholsi (Jordan y Gilbert, 1881)

Halichoeres notospilus (Günther, 1864)

Novaculichthys taeniourus (Lacepède, 1801)

Thalassoma grammaticum Gilbert, 1890

Thalassoma lucasanum (Gill, 1863)

Familia Scaridae

Scarus compressus (Osburn y Nichols, 1916)

✕ *Scarus ghobban* Forsskal, 1775

Scarus perrico Jordan y Gilbert, 1881

Scarus rubroviolaceus Bleeker, 1847

Suborden Blennioidei

Familia Tripterygiidae

Tripterygiidae sp.

Tabla I. Continuación.

Familia Blennidae

Ophioblennius steindachneri Jordan y Evermann, 1898
Plagiotremus azaleus (Jordan y Bollman, 1890)

Suborden Acanthuroidei

Familia Acanthuridae

Acanthurus nigricans (Linnaeus, 1758)
Acanthurus triostegus (Linnaeus, 1758)
Acanthurus xanthopterus Valenciennes, 1835
Prionurus punctatus Gill, 1862

Familia Zanclidae

Zanclus cornutus (Linnaeus, 1758)

Orden Tetraodontiformes

Suborden Balistoidei

Familia Balistidae

Balistes polylepis Steindachner, 1876
Canthidermis maculatus (Bloch, 1786)
Pseudobalistes naufragium (Jordan y Starks, 1895)
Sufflamen verres (Gilbert y Starks, 1904)

Familia Monacanthidae

Aluterus scriptus (Osbeck, 1765)
Cantherhinus dumerilii (Hollard, 1854)

Familia Ostraciidae

Ostracion meleagris Shaw, 1796

Suborden Tetraodontoidei

Familia Tetraodontidae

Arothron meleagris (Bloch y Schneider, 1801)
Canthigaster punctatissima (Günther, 1870)
Sphoeroides annulatus (Jenyns, 1842)
Sphoeroides lobatus (Steindachner, 1870)

Familia Diodontidae

Diodon holocanthus Linnaeus, 1758
Diodon hystrix Linnaeus, 1758

4.3 ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE PECES

Riqueza

El valor de riqueza total, agrupados todos los meses de muestreo, fue de 65 en Cerralvo Norte y Sur, mientras que en Punta Perico fue de 76.

En Cerralvo Norte los valores variaron entre 37, en noviembre, y 49 en junio, este fue el valor más alto ya sea por mes o por localidad de estudio (Figura 9)

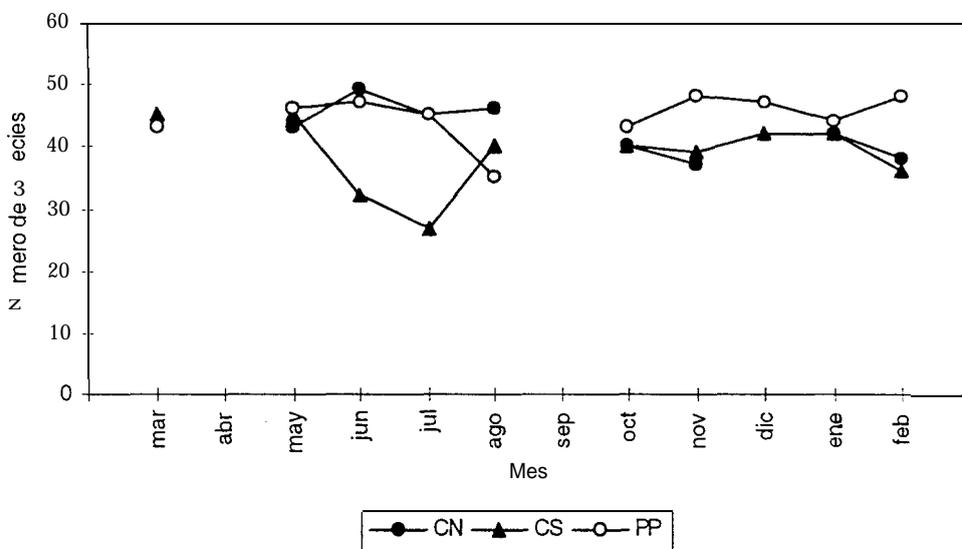


Figura 9. Riqueza total por mes en cada una de las localidades. CN= Cerralvo Norte, CS = Cerralvo Sur, PP = Punta Perico.

En Cerralvo Sur se presentó el valor más bajo (27) durante julio. El valor de riqueza más alto (45) se produjo en marzo y mayo. Esta tendencia se interrumpió durante junio y julio, que muestran unos valores mucho más bajos que el resto de los meses de muestreo. Por lo general, en Cerralvo Sur los valores de riqueza obtenidos fueron inferiores a los de las otras dos localidades (Figura 9).

Tabla II.- Especies encontradas en los censos por localidad de muestreo. CN=Cerralvo Norte; CS= Cerralvo Sur; PP = Punta Perico.

		ESPECIE			ESPECIE		
		CN	CS	P P	CN	CS	P P
TRES LOCALIDADES	1	+	+	+	28	+	+
	2	+	+	+	29	+	+
	3	+	+	+	30	+	+
	4	+	+	+	31	+	+
	5	+	+	+	32	+	+
	6	+	+	+	33	+	+
	7	+	+	+	34	+	+
	8	+	+	+	35	+	+
	9	+	+	+	36	+	+
	10	+	+	+	37	+	+
	11	+	+	+	38	+	+
	12	+	+	+	39	+	+
	13	+	+	+	40	+	+
	13	+	+	+	41	+	+
	15	+	+	+	42	+	+
	16	+	+	+	43	+	+
	17	+	+	+	44	+	+
	18	+	+	+	45	+	+
	19	+	+	+	46	+	+
	20	+	+	+	47	+	+
	21	+	+	+	48	+	+
	22	+	+	+	49	+	+
	23	+	+	+	50	+	+
	24	+	+	+	51	+	+
	23	+	+	+	52	+	+
	26	+	+	+	53	+	+
	27	+	+	+	54	+	+
DOS LOCALIDADES	1	+		+	6	+	+
	2	+		+	7	+	+
	3	+		+	8	+	+
	4	+	+		9	+	+
	5	+	+		10	+	+
UNA LOCALIDAD	1	+			15	+	+
	2	+			16	+	+
	3	+			17	+	+
	4	+			18	+	+
	5	+			19	+	+
	6	+			20	+	+
	7	+			21	+	+
	8		+		22	+	+
	9		+		23	+	+
	10		+		24	+	+
	11		+		25	+	+
	12		+				
	13			+			
	14			+			

En Punta Perico el valor más bajo se observó en agosto (35), a semejanza de lo que sucedió en julio en la localidad de Cerralvo Sur, es probable que se deba al menor número de censos realizados. El valor más alto de riqueza se obtuvo en noviembre y febrero (48). La tendencia fue bastante uniforme a lo largo de todos los meses de muestreo, exceptuando el valor encontrado en agosto (Figura 9).

Diversidad

Los valores globales de diversidad, esto es sumando todas las repeticiones realizadas, fueron muy similares en las tres localidades (**2.7** en Cerralvo Norte, 2.6 en Cerralvo Sur y 2.8 en Punta Perico), lo que parece reflejar una estructura de la asociación de peces similar.

En Cerralvo Norte la diversidad promedio por mes alcanzó un valor máximo (**3.2** bitshdividuo) en octubre; el valor más bajo se obtuvo durante febrero (2.28 bitshdividuo). En general en Cerralvo Norte la diversidad no siguió una tendencia clara, aunque se puede considerar que fue ligeramente ascendente durante la época cálida y cambia la tendencia general en los meses considerados como fríos. La variabilidad de la diversidad fue alta y se presentó de forma semejante en la mayoría de los meses con excepción de enero y febrero en la que fue bastante menor (Figura 10).

En Cerralvo Sur los valores promedio por mes oscilaron entre 3.1 bits/individuo, en mayo, y 2.15 bits/individuo, en febrero, éste fue el valor de diversidad media por mes más bajo de las tres localidades de estudio. La tendencia general de la diversidad fue ligeramente descendente a lo largo de los meses de muestreo; la variabilidad fue semejante en todos los meses, aunque más alta en los primeros meses de muestreo (Figura 11).

En Punta Perico los valores promedio de diversidad por mes fueron los más altos de las tres localidades, con un máximo en mayo (3.1 bits/individuo) y un mínimo en enero (2.3 bits/individuo). La tendencia general, al igual que en Cerralvo Sur, fue ligeramente descendente, aunque en febrero se observó un valor más elevado; sin embargo, no se puede hablar de un cambio en la tendencia propiamente dicha, ya que podría tratarse de un valor aislado, y hubiera faltado observar la tendencia que siguen los valores de diversidad en los meses posteriores (Figura 12).

Se realizaron análisis de variancia de una vía (ANOVA) de los valores obtenidos mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1963) entre profundidades, meses y localidades.

Los resultados del análisis para el conjunto de localidades mostraron que hubo diferencias significativas entre los meses de muestreo y las localidades, mas no entre las profundidades (Tabla III).

Para discriminar entre qué localidades existieron diferencias significativas se realizó una prueba de comparación múltiple, como propusieron Clarke y Warwick (1994); en este caso se aplicó la prueba de Tukey (Zar, 1984). El resultado mostró que las diferencias se producen entre las localidades de Cerralvo Sur y Punta Perico (Tabla IV).

Posteriormente se realizaron análisis de variancia para cada una de las localidades por separado y los resultados mostraron que no existían diferencias entre las profundidades de 5 y 10 m, aunque sí entre los meses de muestreo para las localidades de Isla Cerralvo (Tabla V). La localidad de Punta Perico no mostró diferencias significativas, en cuanto a diversidad, ni entre profundidades ni entre los meses de muestreo (Tabla V).

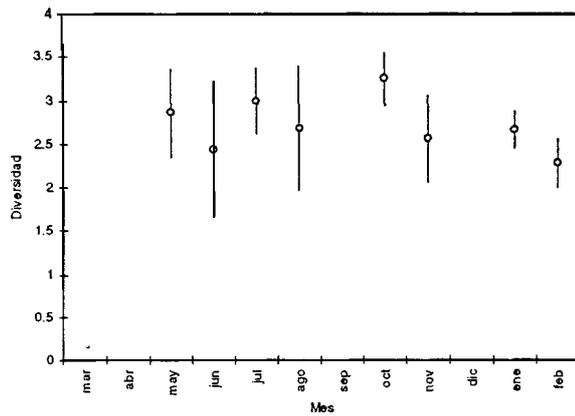


Figura 10. Diversidad de Shannon (H') promedio por mes en la localidad de Cerralvo Norte. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.

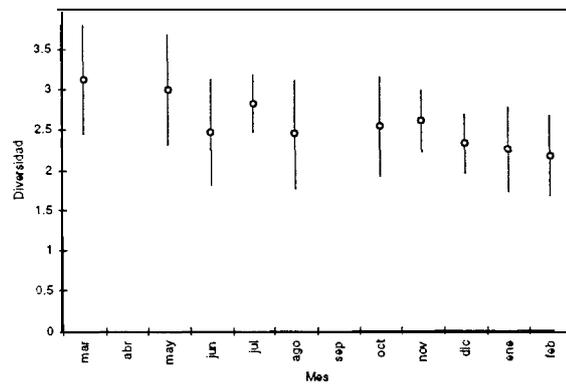


Figura 11. Diversidad de Shannon (H') promedio por mes en la localidad de Cerralvo Sur. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.

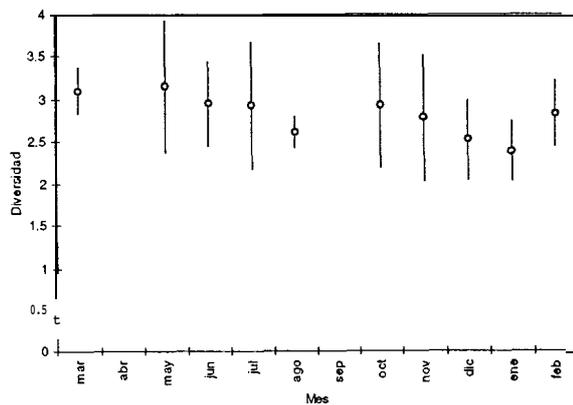


Figura 12. Diversidad de Shannon (H') promedio por mes en la localidad de Punta Perico. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.

Tabla III. Análisis de variancia de una vía, considerando meses, profundidad y localidades de muestreo, aplicados al total de resultados del índice de diversidad de Shannon. ($\alpha = 0.05$).

	g. l.	F	P
Zonas	2	3.929	0.0211 **
Profundidad	1	0.0328	0.85 (ns)
Mes	9	4.248	4.6E-05***

(n.s) : no significativo; (*) $P \leq 0.05$; (**) $P \leq 0.01$; (***) $P \leq 0.005$

Tabla IV. Resultados de la prueba de Tukey aplicada a las localidades ($\alpha = 0.05$).

	C. Norte	C. Sur	P. Perico
C. Norte		0.24 (ns)	0.54 (ns)
C.Sur	0.24 (ns)		0.0148***
P. Perico	0.54 (ns)	0.01482***	

(n.s) : no significativo; (*) $P \leq 0.05$; (**) $P \leq 0.01$; (***) $P \leq 0.005$

Tabla V. Valores del análisis de variancia aplicado a cada una de las tres localidades por separado considerando la profundidad y el mes de muestreo ($\alpha = 0.05$).

Localidad	Profundidad			Mes		
	g. l.	F	P	g. l.	F	P
Cerralvo Norte	1	0.026	0.87 (ns)	7	3.093	0.007**
Cerralvo Sur	1	0.104	0.74 (ns)	9	2.182	0.034*
Punta Perico	1	0.01	0.92 (ns)	9	1.432	0.19 (ns)

(n.s) : no significativo; (*) $P \leq 0.05$; (**) $P \leq 0.01$; (***) $P \leq 0.005$

En Cerralvo Norte los valores de equitatividad más bajos (0.5) se observaron en febrero y junio, y el más alto (0.7) durante octubre (Figura 13). No existe una tendencia clara de los datos, al igual que sucedió con la diversidad; la variabilidad de los datos es elevada en todos los meses, aunque en octubre y enero es mucho más baja.

En Cerralvo Sur los valores promedio variaron entre 0.5 de enero y 0.7 en marzo, mayo y julio. La tendencia general de los valores de equitatividad, fue descendente; la variabilidad fue similar en todos los meses, excepto durante junio cuando fue mucho más elevada (Figura 14).

En la localidad de Punta Perico el valor más bajo se presentó durante agosto (0.58); el más alto se obtuvo en diciembre (0.74). Los resultados muestran una tendencia general descendente, aunque se rompe entre los meses de octubre a diciembre. La variabilidad es similar en todos los meses, excepto agosto en que fue muy pequeña (Figura 15).

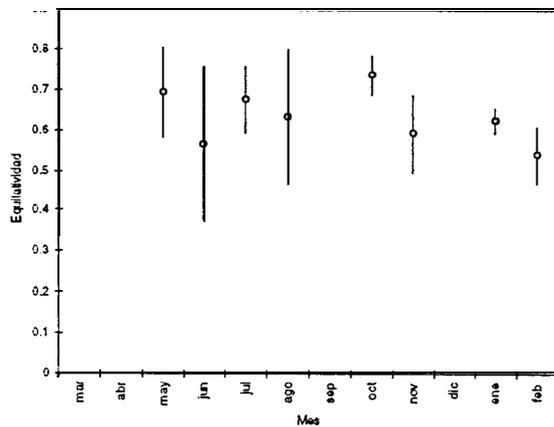


Figura 13. Equitatividad promedio por mes en la localidad de Cerralvo Norte. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.

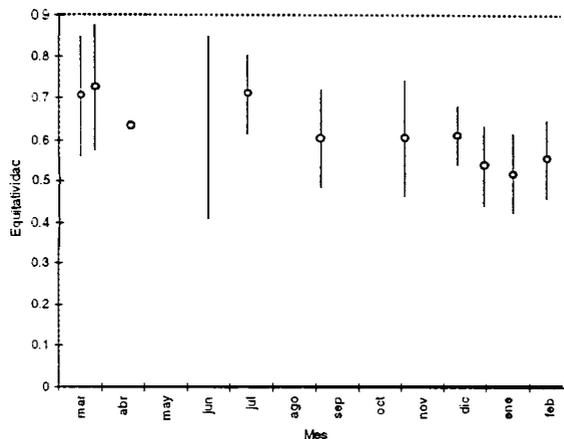


Figura 14. Equitatividad promedio por mes en la localidad de Cerralvo Sur. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.

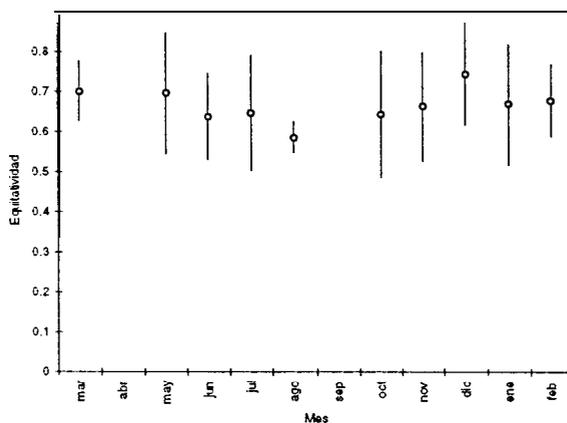


Figura 15. Equitatividad promedio por mes en la localidad de Punta Perico. Se indican los promedios, máximos y mínimos por mes.

CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
 DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
 UNIVERSIDAD DE LA GUAYANA
 CARACAS, VENEZUELA

En general los valores, con las variaciones propias de cada mes, permanecieron en torno a 0.6 en las tres localidades, lo que refleja una estructura de la asociación de peces que no llega a ser ni muy heterogénea ni muy dominante.

Índice de Valor Biológico

Se consideraron aquellas especies que acumularon el 90% de la importancia según este índice, de aquéllas que resultaron del cálculo del IVB con todos los datos de abundancia censada, por localidad y mes. El número total de especies que acumularon al menos el 90 % de la importancia fue de 8 en Cerralvo Norte, 11 en Cerralvo Sur y 10 en Punta Perico.

En Cerralvo Norte el grupo formado por *Thalassoma lucasanum* y *Chromis atrilobata* fue el más importante, tanto para el total como en cada mes de muestreo. Un segundo grupo estuvo formado por *Abudefduf troschellii*, *Stegastes rectifraenum* y *Lutjanus viridis*; el orden de importancia de ellas varía de un mes a otro, incluso alguna no aparece durante algún mes, como el caso de *Lutjanus viridis*, en febrero. El tercer grupo (*Paranthias colonus*, *Holacanthus passer* y *Cirrhitichthys oxycephalus*) aporta valores menores, con excepción de *Paranthias colonus* con valores de 7.5% en junio y de 10% en noviembre. El conjunto del resto de especies, tiene los valores más altos (8.75%) durante julio y agosto (Figura 16).

En Cerralvo Sur la dominancia estuvo más repartida que en Cerralvo Norte. Un primer grupo está formado por *Thalassoma lucasanum* y *Chromis atrilobata*, que acumularon el mayor porcentaje en todos los meses de muestreo. El segundo grupo en importancia está formado por *Stegastes rectifraenum* y *Paranthias colonus*, con valores más altos en el total de censos que por mes de muestreo; destaca el alto valor (27.5%) de *Stegastes rectifraenum* en junio; por

su parte *Paranthias colonus* presenta valores muy altos en noviembre (25%) y diciembre (20%), en relación al resto de los meses de muestreo. El tercer grupo (*Prionurus punctatus*, *Cirrhichthys oxicephalus*, *Lutjanus viridis*, *Abudefduf troschelii*, *Mulloidichthys dentatus*, *Sufflamen verres* y *Holacanthus passer*) tiene en común valores bajos de IVB. El grupo de “otras especies” alcanzaron los valores mayores en marzo (16.25%) y mayo (17.5%); el menor se dio en octubre (1.25%), lo que parece reflejar una estructura de la asociación de peces muy dominante (Figura 17).

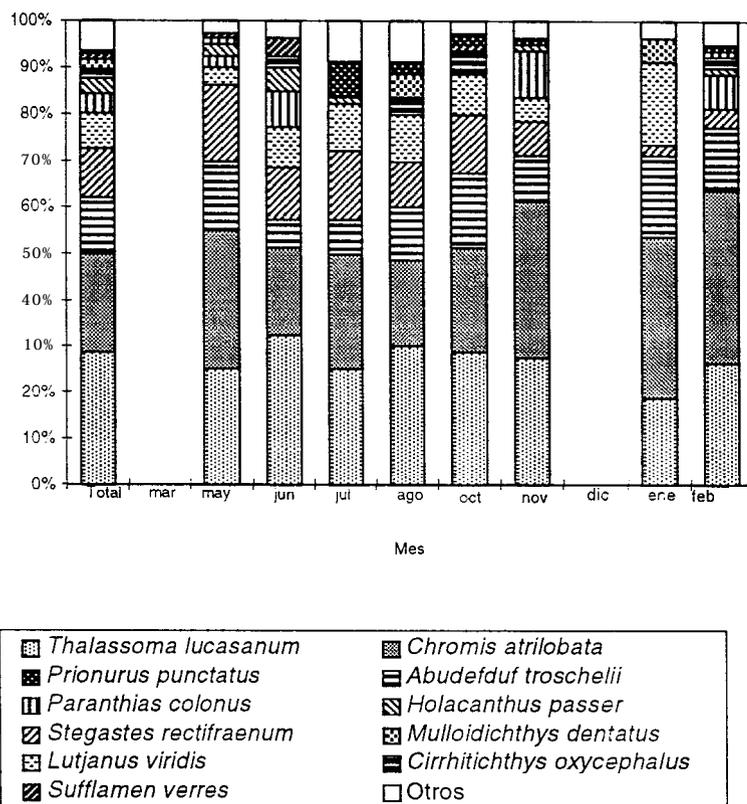


Figura 16. Resultado del IVB, tanto total como por mes, para la localidad de Cerralvo Norte.

En Punta Perico se vuelve a repetir la estructura de las localidades insulares, con un grupo de especies muy dominante (*Thalassoma lucasanum* y *Chromis atrilobata*), otro grupo medianamente dominante (*Prionurus punctatus*, *Abudefduf troschelii*, *Paranthias colonus*) y, por último, uno con formas menos dominantes (*Holacanthus passer*, *Stegastes rectifraenum*, *Mulloidichthys*

dentatus, *Lutjanus viridis* y *Cirrhitichthys oxycephalus*). El grupo de “otras especies” alcanza un valor máximo (14%) en y un mínimo (1.25%) en diciembre (Figura 18).

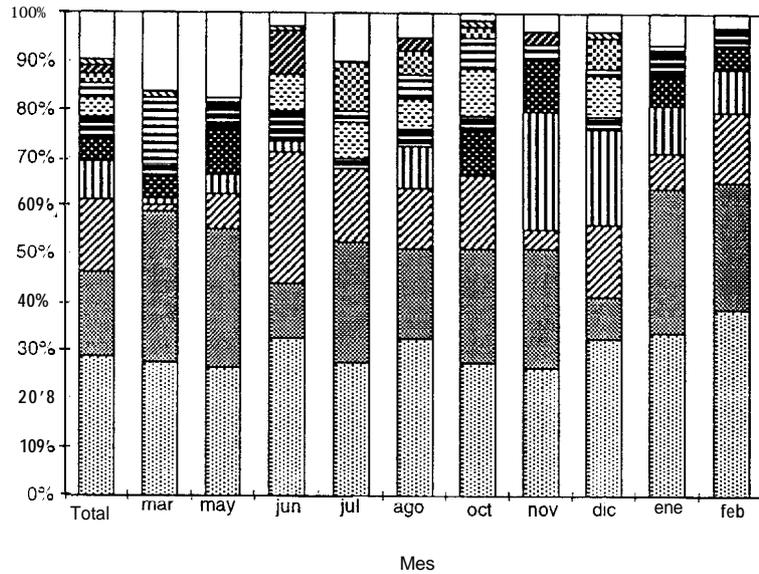


Figura 17. Resultado del IVB, tanto total como por mes, para la localidad de Cerralvo Sur.

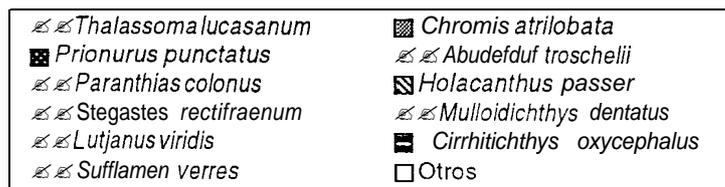
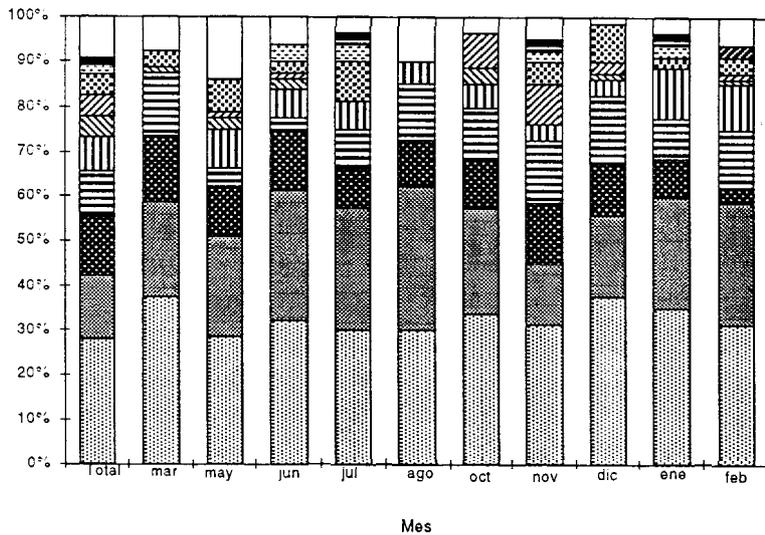


Figura 18. Resultado del IVB, tanto total como por mes, para la localidad de Punta Perico.

Análisis de Correspondencias

Como resultado de descontar las especies más abundantes y las menos frecuentes (Figura 19) quedaron eliminadas 30. Con las 59 restantes se efectuaron los análisis de correspondencias (Tabla VI).

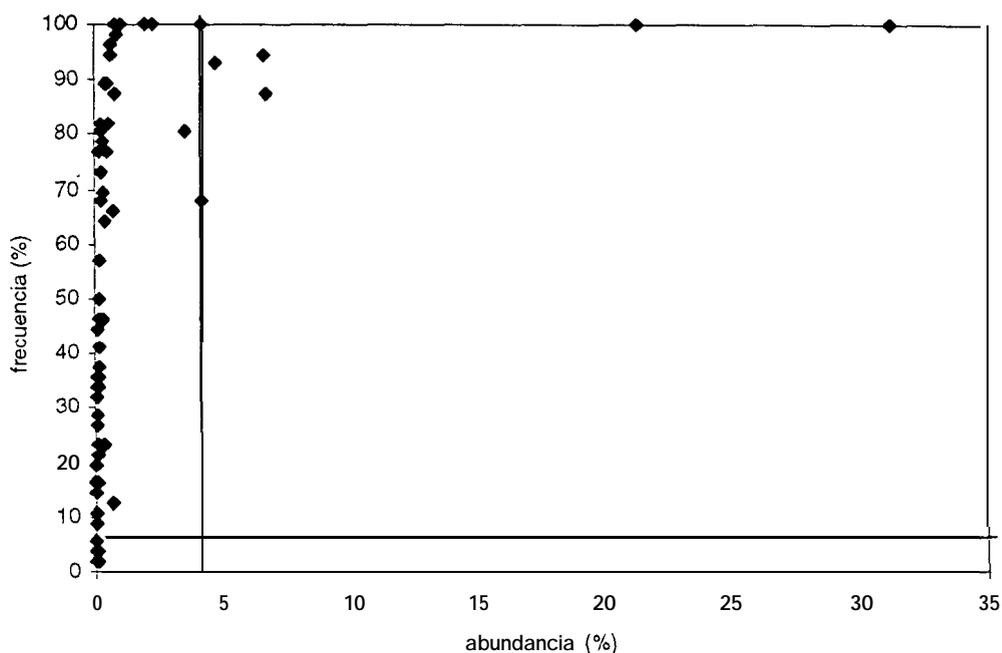


Figura 19. Relación entre la frecuencia de aparición y la abundancia de las especies censadas en las tres localidades de muestreo. Se seleccionaron para el análisis de correspondencias aquellas especies cuya abundancia fue inferior al 4% y su frecuencia de aparición superior al 6 % (líneas de división).

Se realizó un primer análisis con los datos de abundancia por especie, profundidad, mes y localidad. El análisis de correspondencias mostró una alta dispersión de los puntos, aunque se pudo observar que, dentro de esta baja definición, los puntos pertenecientes a Punta Perico forman un grupo homogéneo mientras que las dos localidades pertenecientes a la isla Cerralvo forman grupos mucho más heterogéneos.

Tabla VI. Especies seleccionadas para los análisis de correspondencias, que cumplen las condiciones de tener una frecuencia de aparición superior al 6% y una abundancia censada total inferior al 4%.

<i>Acanthurus xanthopterus</i>	<i>Forcipiger flavissimus</i>	<i>Ophioblennius steindachneri</i>
<i>Acanthurus nigricans</i>	<i>Gymnothorax castaneus</i>	<i>Plagiotremus azaleus</i>
<i>Alphestes immaculatus</i>	<i>Haemulon sexfasciatum</i>	<i>Pomacanthus zonipectus</i>
<i>Anisotremus interruptus</i>	<i>Halichoeres chierchiae</i>	<i>Pseudobalistes naufragium</i>
<i>Apogon pacifici</i>	<i>Halichoeres dispilus</i>	<i>Sargocentron suborbitalis</i>
<i>Arothron meleagris</i>	<i>Halichoeres nicholsi</i>	<i>Scarus compressus</i>
<i>Balistes polylepis</i>	<i>Halichoeres notospilus</i>	<i>Scarus ghobban</i>
<i>Bodianus diplotaenia</i>	<i>Holacanthus passer</i>	<i>Scarus perrico</i>
<i>Canthigaster punctatissima</i>	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
<i>Caranx caballus</i>	<i>Kyphosus elegans</i>	<i>Serranus psittacinus</i>
<i>Cephalopholis panamensis</i>	<i>Kyphosus analogus</i>	<i>Sphoeroides annulatus</i>
<i>Chaetodon humeralis</i>	<i>Lutjanus argentiventris</i>	<i>Stegastes flavilatus</i>
<i>Cirrhitus rivulatus</i>	<i>Microspina thodon bairdii</i>	<i>Stegastes leucorus</i>
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	<i>Microspina thodon dorsalis</i>	<i>Sufflamen verres</i>
<i>Diodon hystrix</i>	<i>Myripristis leiognathus</i>	<i>Synodus</i> sp.
<i>Diodon holocanthus</i>	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	<i>Thalassoma gramma ticum</i>
<i>Epinephelus labriformis</i>	<i>Mycteroperca rosacea</i>	<i>Zanclus cornutus</i>
<i>Fistularia commersonii</i>		

A partir de este primer análisis y al observar que la profundidad no era un parámetro determinante en la formación de gradientes o grupos, se sumaron los datos de abundancia de los censos de 5 m y 10 m de profundidad, con la finalidad de discriminar los grupos o gradientes de una forma más clara.

El resultado de este segundo análisis tampoco muestra la formación de gradientes ni en el primer eje ni en el segundo, por lo que no se puede aprovechar una de las mayores potencialidades del análisis multifactorial. Se aprecia, dentro de la dispersión de los puntos, la formación de dos grupos: uno formado por la localidad de Cerralvo Sur y otro por el conjunto de las localidades de Cerralvo Norte y Punta Perico. No se aprecia, además de estos grupos, la agrupación de los puntos por épocas de muestro, algo que ya se reflejaba en el primer análisis realizado (Figura 20).

En resumen, partiendo de una alta dispersión de los puntos resultantes del análisis antes citado, se aprecian agrupamientos por localidad, mas no por

profundidad ni por mes de muestreo. Tampoco la aparición de gradientes ni en el primer ni en el segundo eje del análisis de correspondencias.

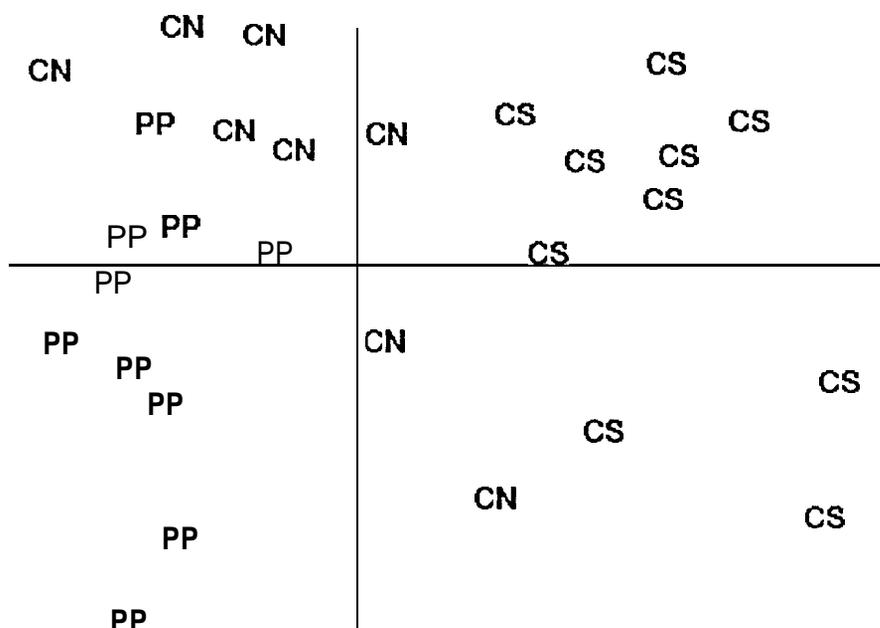


Figura 20. Resultado del análisis de correspondencias. CN = Cerralvo Norte, CS = Cerralvo Sur, PP = Punta Perico.

4.4 ABUNDANCIA

Se dividieron los meses de muestreo en dos épocas, esta división se fundamentó en los siguientes criterios:

1) La temperatura superficial del agua osciló entre 19.5°C en febrero y 32°C en octubre. El registro de las temperaturas superficiales muestra una época con tendencia ascendente de la temperatura que se inicia en marzo y finaliza en octubre, a partir de este último mes cambia la tendencia y descendiende hasta febrero (Figura 21).

2) Otro dato que confirma esta división es la abundancia total contabilizada en cada uno de los meses. La abundancia aumenta, incluso se duplica, durante los meses en los que existe una tendencia descendente de la temperatura. Esto ocurre tanto con la abundancia total en cada localidad por separado, como con la abundancia global, sumando las tres localidades (Figura 21).

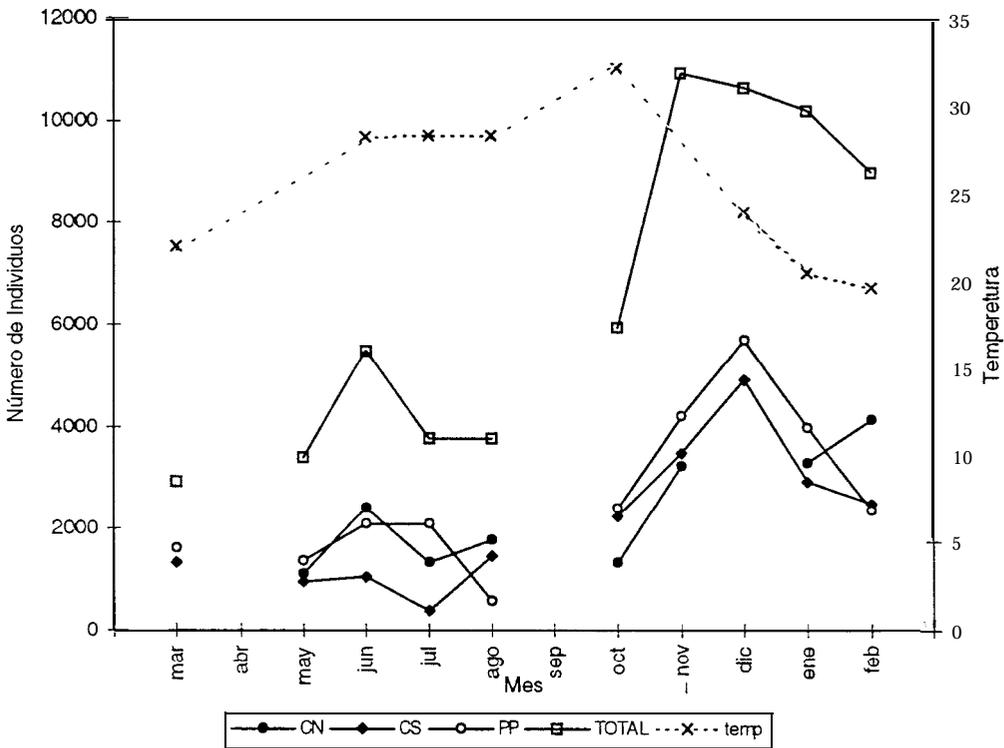


Figura 21. Número de peces censados y temperatura durante los meses muestreados. CN= Cerralvo Norte, CS = Cerralvo Sur, PP = Punta Perico. Temp = temperatura en “C”.

A consecuencia de lo anteriormente expuesto los dos períodos que se consideraron para el cálculo de la abundancia y de la densidad fueron: época fría, que incluye noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; y la cálida, que incluye mayo, junio, julio, agosto y octubre.

Para los cálculos de abundancia, se seleccionaron aquellas especies que aparecieron en las tres localidades de muestreo, que suman 54. A modo de

ejemplo se muestran los histogramas de distribución resultantes de dos especies, después de adjudicar los datos de individuos contabilizados en los censos a los intervalos de abundancia. La importancia de estos diagramas es que a partir de las frecuencias obtenidas se obtuvo la abundancia y densidad calculadas (Figuras 22 y 23).

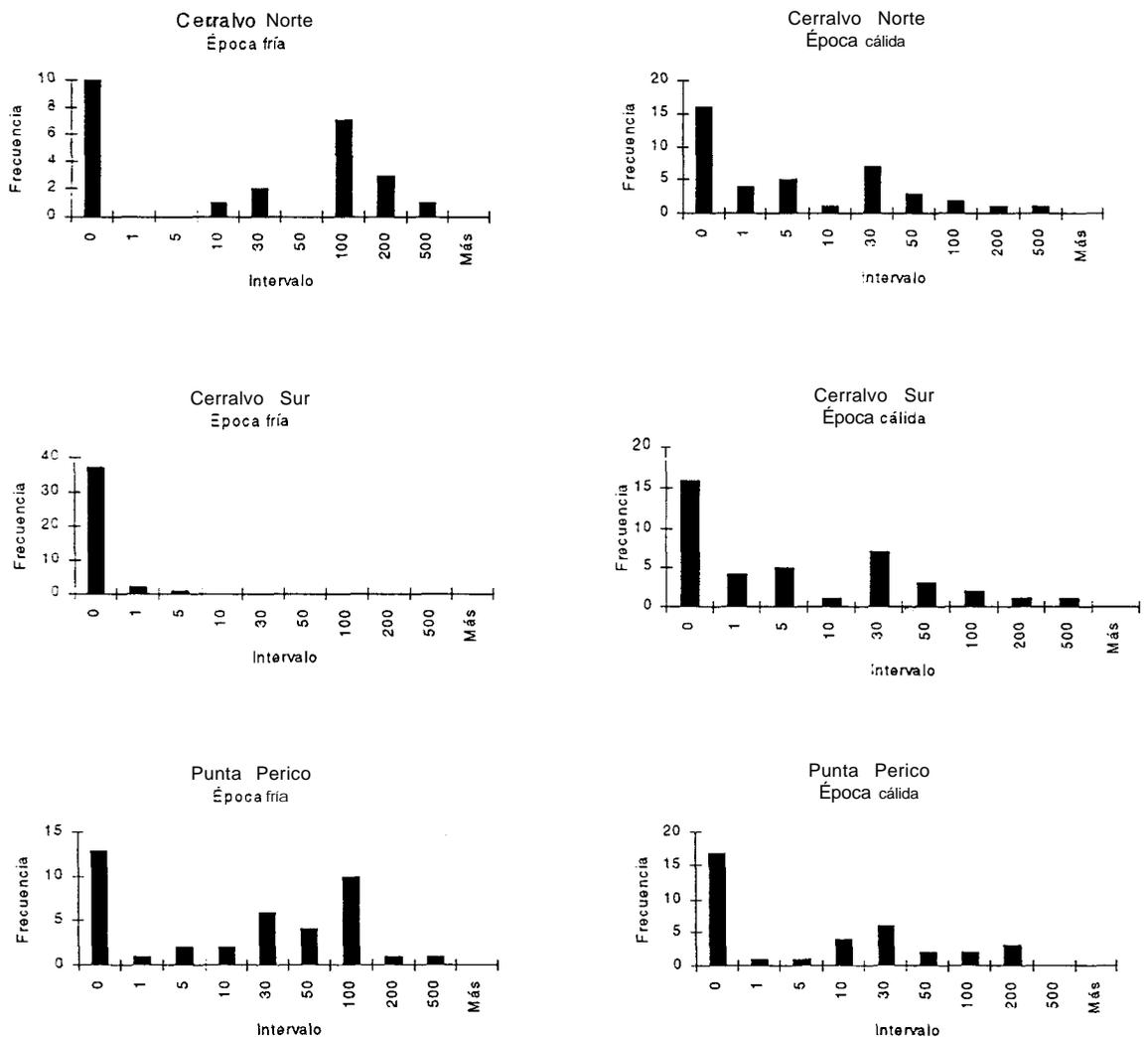


Figura 22. Diagramas de frecuencia resultantes tras la adjudicación de los intervalos para la especie *Abudedefduf troschelii*.

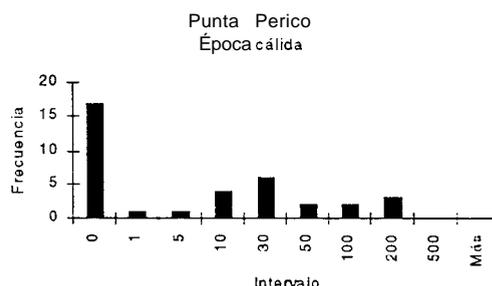
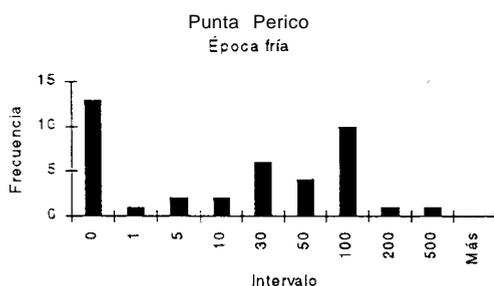
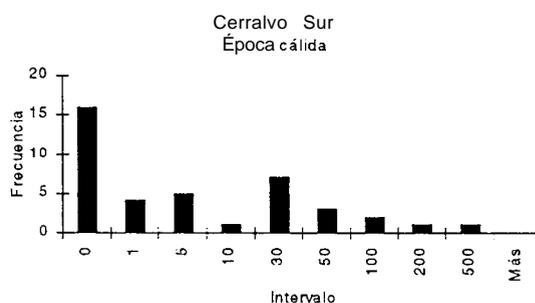
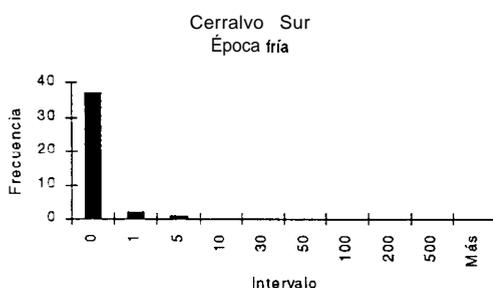
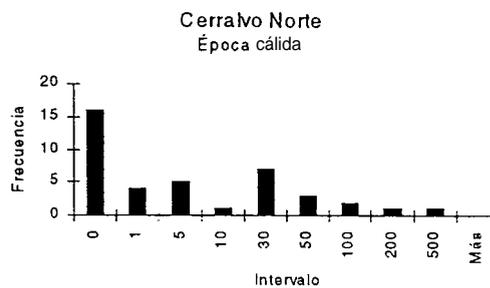
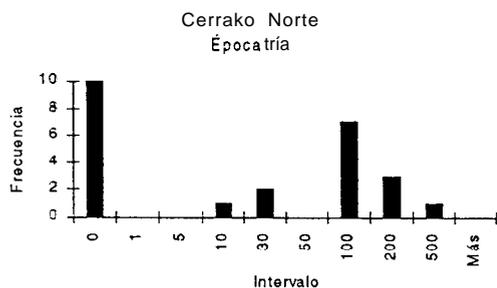


Figura 23. Diagramas de frecuencia resultantes tras la adjudicación de los intervalos para la especie *Cirrhitichthys oxycephalus*.

Los resultados se presentan divididos en época fría y época cálida. Los valores de abundancia calculada que se mencionan en la descripción que sigue están referidos al punto intermedio de los intervalos.

En Cerralvo Norte, durante la época fría, las especies con abundancias calculadas más altas fueron *Chromis atrilobata*, con un valor superior a 400,000 individuos, y *Thalassoma lucasanum*, por encima de 200,000 individuos. Otras también abundantes, aunque en menor medida, fueron *Abudefduf troschelii*, *Lutjanus viridis*, *Paranthias colonus* y *Stegastes rectifraenum*. *Balistes polylepis* y

Diodon hystrix ambas con 97 individuos presentaron las abundancias calculadas más bajas para la época fría.

De las 54 especies seleccionadas 26 fueron más abundantes en la época fría que en la cálida, con casos extremos como *Apogon pacifici* (13.5 veces más abundante) y *Chromis atrilobata* (7.5 veces) (Tabla VII).

En la época cálida las dos más abundantes fueron las mismas que para la época fría, aunque *Thalassoma lucasanum* tiene un valor más alto que *Chromis atrilobata*. 26 fueron más abundantes en la época cálida que en la fría, de ellas destacan los valores de *Prionurus punctatus* (40 veces más abundante en la época cálida) y *Balistes polylepis* (21 veces más abundante). Las que sólo aparecieron en la época cálida fueron: *Acanthurus nigricans*, *Alphestes immaculatus*, *Halichoeres nicholsi*, *Kyphosus elegans* y *Scarus compressus* (Tabla VII).

En Cerralvo Sur, en la época fría, las especies con una abundancia calculada mayor fueron *Thalassoma lucasanum* (184,455 individuos), *Chromis atrilobata* (95,400 individuos) y *Paranthias colonus* (65,490 individuos). Otras también abundantes, con un valor medio calculado por encima de 10,000 individuos, fueron *Prionurus punctatus*, *Stegastes rectifraenum* y *Lutjanus viridis*. La única que sólo se presentó durante la época fría fue *Diodon hystrix*, que a su vez y junto con *Alphestes immaculatus*, presentó el valor de abundancia calculada más bajo, con 30 individuos. En esta época hubo 38 especies que tuvieron una abundancia calculada mayor que en la época cálida; *Epinephelus labriformis* (84 veces más abundante) y *Paranthias colonus* (11 veces) son las que presentan mayores diferencias entre épocas.

En la época cálida las especies con una abundancia calculada más alta fueron *Thalassoma lucasanum*, *Chromis atrilobata* y *Stegastes rectifraenum*. 16

tuvieron una abundancia calculada más alta en la época cálida que en la fría. Las únicas que sólo aparecieron en la época cálida fueron *Balistes polylepis* y *Pomacanthus zonipectus*, con una abundancia media calculada de 27 individuos (Tabla VIII).

En Punta Perico, durante la época fría, y al igual que en las dos localidades insulares, las especies con una abundancia calculada más alta (con más de 379,000 individuos como el valor menor) fueron *Thalassoma lucasanum* y *Chromis atrilobata*. Se encontraron 34 con una abundancia calculada superior en la época fría, siendo mucho más abundantes *Apogon pacifici* (135 veces), *Caranx caballus* (12 veces) y *Myripristis leiognathus* (7 veces). En esta época aparecen 53 de las 54 especies seleccionadas, siendo los valores más bajos para *Acanthurus nigricans* (250 individuos) y para *Alphestes immaculatus* (125 individuos).

Durante la época cálida vuelve a repetirse la misma tendencia, con dos especies muy abundantes, *Thalassoma lucasanum* y *Chromis atrilobata* (más de 203,000 individuos). *Paranthias colonus* y *Abudefduf troschelii* fueron las únicas que superaron los 10,000 individuos de abundancia calculada. 20 especies fueron más abundantes que en la época fría. No aparecieron *Halichoeres notospilus* y *Pomacanthus zonipectus* entre las seleccionadas. Los valores más bajos corresponden a *Alphestes immaculatus*, *Apogon pacifici* y *Synodus* sp. con una abundancia calculada de 139 individuos (Tabla IX).

Tabla VII. Abundancia calculada en la localidad de Cerralvo Norte para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Abudefduf troschelii</i>	85937	133352	180767	34452	54897	75342
<i>Acanthurus nigricans</i>				116	203	290
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	2707	3480	4253	580	928	1276
<i>Alphestes immaculatus</i>				58	58	58
<i>Anisotremus interruptus</i>	193	338	483	116	203	290
<i>Apogon pacifici</i>	14693	21847	29000	870	1595	2320
<i>Arothron meleagris</i>	1450	2030	2610	870	1218	1566
<i>Balistes polylepis</i>	97	97	97	1218	2030	2842
<i>Bodianus diplotaenia</i>	3577	6090	8603	2552	3886	5220
<i>Canthigaster punctatissima</i>	3867	6235	8603	3306	4930	6554
<i>Caranx caballus</i>	193	338	483	812	986	1160
<i>Cephalopholis panamensis</i>	677	822	967	1218	1653	2088
<i>Chromis atrilobata</i>	263127	431230	599333	36192	58116	80040
<i>Cirrhitis rivulatus</i>	483	483	483	290	290	290
<i>Cirrhichthys oxycephalus</i>	12373	20010	27647	8526	13949	19372
<i>Diodon hystrix</i>	97	97	97	174	261	348
<i>Diodon holocanthus</i>	967	1112	1257	696	870	1044
<i>Epinephelus labriformis</i>	1160	1595	2030	928	1363	1798
<i>Fistularia commersonii</i>	580	725	870	1044	1392	1740
<i>Gymnothorax castaneus</i>	193	193	193	638	725	812
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	387	532	677	580	841	1102
<i>Halichoeres chierchiae</i>	193	338	483	1682	2175	2668
<i>Halichoeres dispilus</i>	10827	17303	23780	4582	7627	10672
<i>Halichoeres nicholsi</i>				58	58	58
<i>Halichoeres notospilus</i>				116	116	116
<i>Holacanthus passer</i>	11310	19478	27647	11136	18937	26738
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	6863	10392	13920	5104	8004	10904
<i>Kyphosus analogus</i>	1257	1595	1933	1044	1653	2262
<i>Kyphosus elegans</i>				1334	2088	2842
<i>Lutjanus argentiventris</i>	967	1305	1643	522	783	1044
<i>Lutjanus viridis</i>	51137	76608	102080	24476	36163	47850
<i>Microspia thodon dorsalis</i>	967	1547	2127	986	1363	1740
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	9957	15128	20300	5684	9280	12876
<i>Mycteroperca rosacea</i>	1643	2417	3190	1160	1682	2204
<i>Myripristis leiognathus</i>	2127	3770	5413	1044	1769	2494
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	1933	2707	3480	2204	3306	4408
<i>Paranthiascolonus</i>	32287	48865	65443	16530	27608	38686
<i>Plagiotremus azaleus</i>	3673	5897	8120	2494	3770	5046
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	193	193	193	290	464	638
<i>Priourus punctatus</i>	193	193	193	5394	7946	10498
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	193	193	193	232	406	580
<i>Scarus compressus</i>				116	116	116
<i>Scarus ghobban</i>	677	967	1257	1392	2088	2784
<i>Scarus perri-co</i>	387	532	677	580	754	928
<i>Scarus rubroolaceus</i>	870	1160	1450	1740	2697	3654

Tabla VII. Continuación.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	Inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Serranus psittacinus</i>	773	1063	1353	2378	3625	4872
<i>Stegastes flavilatus</i>	1837	2562	3287	1508	2291	3074
<i>Stegastes leucorus</i>				290	377	464
<i>Stegastes rectifraenum</i>	20687	35525	50363	23722	37410	51098
<i>Sufflamen verres</i>	5027	7250	9473	5916	9657	13398
<i>Synodus sp.</i>				174	174	174
<i>Thalassoma grammaticum</i>	3480	5172	6863	2842	4350	5858
<i>Thalassoma lucasanum</i>	136783	202033	267283	86710	127600	168490
<i>Zanclus cornutus</i>				232	406	580

Tabla VIII. Abundancia calculada en la localidad de Cerralvo Sur para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Abudefduf troschelii</i>	5550	8325	11100	4064	6341	8618
<i>Acanthurus nigricans</i>	180	270	360	109	150	191
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	660	1035	1410	518	900	1282
<i>Alphestes immaculatus</i>	30	30	30	82	82	82
<i>Anisotremus interruptus</i>	2610	3630	4650	1745	2714	3682
<i>Apogon pacifici</i>	60	105	150	55	95	136
<i>Arothron meleagris</i>	420	465	510	300	341	382
<i>Balistes polylepis</i>				27	27	27
<i>Bodianus diplotaenia</i>	2880	4215	5550	2018	3027	4036
<i>Canthigaster punctatissima</i>	1680	2640	3600	1991	2986	3982
<i>Caranx caballus</i>	900	1575	2250	709	1186	1664
<i>Cephalopholis panamensis</i>	690	1005	1320	682	1091	1500
<i>Chromis a triloba ta</i>	63000	95400	127800	20918	31677	42436
<i>Cirrhitus rivulatus</i>	210	255	300	55	55	55
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	6270	10215	14160	5073	8155	11236
<i>Diodon hys trix</i>	30	30	30			
<i>Diodon holocanthus</i>	540	720	900	273	314	355
<i>Epinephelus labriformis</i>	1470	2280	3090	27	27	27
<i>Fistularia commersonii</i>	450	645	840	600	818	1036
<i>Gymnothorax castaneus</i>	150	195	240	136	136	136
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	690	1155	1620	409	614	818
<i>Halichoeres chierchiae</i>	150	195	240	764	1105	1445
<i>Halichoeres dispilus</i>	930	1410	1890	491	832	1173
<i>Halichoeres nicholsi</i>	150	240	330	136	218	300
<i>Halichoeres notospilus</i>	840	1140	1440	545	764	982
<i>Holacanthus passer</i>	4860	7425	9990	3736	5673	7609
<i>Johnrandallia nigriros tris</i>	870	1245	1620	464	709	955
<i>Kyphosus analogus</i>	720	945	1170	3682	5714	7745
<i>Kyphosus elegans</i>	300	435	570	1500	2032	2564
<i>Lutjanus argentiventris</i>	150	195	240	136	177	218
<i>Lutjanus viridis</i>	7050	12225	17400	4255	6764	9273
<i>Microspina thodon dorsalis</i>	1080	1530	1980	873	1432	1991
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	1380	2220	3060	2700	4200	5700
<i>Mycteroperca rosacea</i>	1080	1770	2460	873	1145	1418
<i>Myripristis leiognathus</i>	390	675	960	382	682	982
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	840	1290	1740	436	600	764
<i>Paranthias colonus</i>	42750	65490	88230	4009	5836	7664
<i>Plagiotremus azaleus</i>	1560	2340	3120	573	832	1091
<i>Pomacanthus zonipectus</i>				27	27	27
<i>Prionurus punctatus</i>	15030	22095	29160	3736	6164	8591
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	630	1065	1500	382	559	736
<i>Scarus compressus</i>	60	60	60	27	27	27
<i>Scarus ghobban</i>	210	300	390	191	273	355
<i>Scarus perrico</i>	60	60	60	109	109	109
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	2040	3045	4050	1991	3177	4364

Tabla VIII. Continuación.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Serranus psittacinus</i>	990	1575	2160	1418	2114	2809
<i>Stegastes flavilatus</i>	1410	2265	3120	1091	1555	2018
<i>Stegastes leucorus</i>	180	225	270	518	764	1009
<i>Stegastes rectifraenum</i>	12300	19740	27180	11536	18341	25145
<i>Sufflamen verres</i>	2850	4545	6240	3136	4732	6327
<i>Synodus sp.</i>						
<i>Thalassoma grammaticum</i>	2670	4080	5490	1555	2345	3136
<i>Thalassoma lucasanum</i>	113910	184455	255000	42327	64800	87273
<i>Zanclus cornutus</i>	120	165	210	55	55	55

Tabla IX. Abundancia calculada en la localidad de Punta Perico para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	inferior	medi o	superior	inferior	medi o	superior
<i>Abudefduf troschelii</i>	127375	195625	263875	77778	117083	156389
<i>Acanthurus nigricans</i>	250	250	250	278	278	278
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	2500	4438	6375	1250	2083	2917
<i>Alphestes immaculatus</i>	125	125	125	139	139	139
<i>Anisotremus interruptus</i>	750	1125	1500	278	278	278
<i>Apogon pacifici</i>	12625	18813	25000	139	139	139
<i>Arothron meleagris</i>	5500	8063	10625	7222	11111	15000
<i>Balistes polylepis</i>	250	438	625	694	1111	1528
<i>Bodianus diplotaenia</i>	17250	26188	35125	18194	27292	36389
<i>Canthigaster punctatissima</i>	11000	16938	22875	10694	16806	22917
<i>Caranx caballus</i>	2375	3438	4500	278	278	278
<i>Cephalopholis panamensis</i>	3375	4750	6125	4861	7153	9444
<i>Chromis a triloba ta</i>	245875	379563	513250	155139	256111	357083
<i>Cirrhitus rivula tus</i>	1000	1375	1750	278	278	278
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	28000	43188	58375	10694	18056	25417
<i>Diodon hystrix</i>	625	813	1000	417	417	417
<i>Diodon holocanthus</i>	5875	8750	11625	2361	3194	4028
<i>Epinephelus labriformis</i>	2375	3688	5000	972	1389	1806
<i>Fistularia commersonii</i>	4250	6688	9125	3472	5347	7222
<i>Gymnothorax castaneus</i>	625	625	625	694	903	1111
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	750	938	1125	972	1389	1806
<i>Halichoeres chierchiae</i>	1875	3063	4250	1111	1528	1944
<i>Halichoeres dispilus</i>	5250	7438	9625	5139	9028	12917
<i>Halichoeres nicholsi</i>	2125	2938	3750	972	1181	1389
<i>Halichoeres notospilus</i>	1375	2313	3250			
<i>Holacanthus passer</i>	33500	54125	74750	40000	63542	87083
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	14000	23875	33750	11250	18056	24861
<i>Kyphosus analogus</i>	2125	3125	4125	1806	2847	3889
<i>Kiyhosus elegans</i>	750	938	1125	833	1250	1667
<i>Lutjanus argentiventris</i>	875	1250	1625	4167	6181	8194
<i>Lutjanus viridis</i>	17250	27063	36875	15000	24444	33889
<i>Microspathodon dorsalis</i>	9000	14188	19375	8056	11528	15000
<i>Mulloidich thys den ta tus</i>	56625	92250	127875	26667	42708	58750
<i>Mycteroperca rosacea</i>	9875	15750	21625	8333	13403	18472
<i>Myripristis leiognathus</i>	15625	22938	30250	1944	3194	4444
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	3250	5125	7000	4028	5764	7500
<i>Paranthias colonus</i>	85375	127813	170250	64306	94444	124583
<i>Plagiotremus azaleus</i>	9625	14625	19625	7361	11667	15972
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	375	375	375			
<i>Prionurus punctatus</i>	132625	199125	265625	63889	98958	134028
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	750	1000	1250	1250	2083	2917
<i>Scarus compressus</i>	875	1250	1625	278	278	278
<i>Scarus ghobban</i>	2125	3250	4375	1389	1806	2222
<i>Scarus perrico</i>	750	1125	1500	1250	1458	1667
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	7875	12375	16875	10833	16944	23056

Tabla IX. Continuación.

	E poca fría			Epoca cálida		
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Serranus psittacinus</i>	1750	2375	3000	556	764	972
<i>Stegastes flavilatus</i>	6750	9938	13125	5278	8264	11250
<i>Stegastes leucorus</i>	875	1250	1625	1250	2083	2917
<i>Stegastes rectifraenum</i>	33375	54938	76500	27361	44375	61389
<i>Sufflamen verres</i>	5875	9625	12625	5139	7639	10139
<i>Synodus sp.</i>				139	139	139
<i>Thalassoma grammaticum</i>	11000	17625	24250	4861	6875	8889
<i>Thalassoma lucasanum</i>	467250	759875	1052500	329444	542500	755556
<i>Zanclus cornutus</i>	5875	9000	12125	6389	9861	13333

4.5 DENSIDAD

Al igual que para el cálculo de la abundancia, se separaron los datos en época fría y época cálida. Los datos fueron calculados como número de individuos por hectárea; esta unidad se escogió porque es un tamaño de área adecuado para las tres localidades de estudio y porque es representativo en lo que respecta a la superficie muestreada en cada localidad, ya que cada mes y en cada localidad, se muestrearon 1000 m² en cada uno de los dos puntos seleccionados, esto representa un 10% de la unidad de área escogida para el cálculo de la densidad, por lo que se puede considerar como una unidad adecuada.

Los valores de densidad que se mencionan en la descripción siguiente están referidos al punto medio del intervalo.

En Cerralvo Norte 28 especies tuvieron una densidad más alta en la época fría y 26 en la época cálida. En particular, *Chromis atrilobata*, *Thalassoma lucasanum*, *Abudefduf troschelii* y *Lutjanus viridis* duplican, como mínimo, su densidad durante la época fría. Destaca el caso de *Apogon pacifici*, que a pesar de que no fue una de las especies que presente en el grupo de las que tuvieron una densidad más alta, aumentó 13.4 veces durante la época fría. En general, el grupo con las densidades calculadas más altas tuvieron valores superiores durante la época fría; aunque hay casos notables, como *Prionurus punctatus*, 45 veces más abundante, y *Balistes polylepis*, 17 veces más abundante, en la época cálida (Tabla X).

En Cerralvo Sur las diferencias de densidad fueron más notables que en Cerralvo Norte, ya que la mayor parte de las especies presentan la densidad más alta en la época fría, 35, frente a 19 en la cálida. Las tres con mayor densidad también lo fueron durante la época fría, pero a diferencia de Cerralvo

Norte las densidades calculadas fueron inferiores; *Thalassoma lucasanum* fue la especie con una densidad más alta, mientras que en Cerralvo Norte lo era *Chromis atrilobata*. Resalta también la alta densidad de *Paranthias colonus* que fue 11 veces más elevada durante la época fría. Las que presentaron una diferencia mayor entre la época cálida y la fría fueron: *Kyphosus analogus* y *K. elegans*, 6 veces y 4 veces más elevadas durante la época cálida (Tabla XI).

En la localidad de Punta Perico se presentaron las densidades más altas de las tres localidades de estudio. Del total de especies seleccionadas 34 tuvieron una densidad más alta en la época fría y 20 en la época cálida. Las que tuvieron una densidad mayor fueron, como en las dos localidades insulares, *Thalassoma lucasanum* y *Chromis atrilobata*. *Apogon pacifici* fue la que presentó una mayor diferencia entre épocas, siendo la densidad calculada 135 veces mayor durante la época fría que durante la época cálida. De aquellas especies que tuvieron una densidad mayor en la época cálida, *Lutjanus argentiventris* fue 6.6 veces mayor en este período que durante el frío; mientras que *Balistes polylepis* lo fue 3 veces (Tabla XII).

Tabla X. Densidad calculada, en número de individuos por hectárea, de cada especie en la localidad de Cerralvo Norte, para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior. medio y superior.

	Epoca fría			Epoca cálida				
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior		
<i>Abudefduf troschelii</i>	1	4	8	22299	3117	594	947	1299
<i>Acanthurus nigricans</i>						2	4	5
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	47	60	73	10	16	22		
<i>Alphestes immaculatus</i>				1	1	1		
<i>Anisotremus interruptus</i>	3	6	8	2	4	5		
<i>Apogon pacifici</i>	253	377	500	15	28	40		
<i>Arothron meleagris</i>	25	35	45	15	21	27		
<i>Balistes polylepis</i>	2	2	2	21	35	49		
<i>Bodianus diplotaenia</i>	62	105	148	44	67	90		
<i>Canthigaster punctatissima</i>	67	108	148	57	85	113		
<i>Caranx caballus</i>	3	6	8	14	17	20		
<i>Epinephelus panamensis</i>	12	14	17	21	29	36		
<i>Chromis a triloba ta</i>	4537	7435	10333	624	1002	1380		
<i>Cirrhitus rivula tus</i>	8	8	8	5	5	5		
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	213	345	477	147	241	334		
<i>Diodon hystrix</i>	2	2	2	3	5	6		
<i>Diodon holocanthus</i>	17	19	22	12	15	18		
<i>Cephalopholis panamensis</i>	20	28	35	16	24	31		
<i>Fistularia commersonii</i>	10	13	15	18	24	30		
<i>Gymnothorax castaneus</i>	3	3	3	11	13	14		
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	7	9	12	10	15	19		
<i>Halichoeres chierchiae</i>	3	6	8	29	38	46		
<i>Halichoeres dispilus</i>	187	298	410	79	132	184		
<i>Halichoeres nicholsi</i>				1	1	1		
<i>Halichoeres notospilus</i>				2	2	2		
<i>Holacanthus passer</i>	195	336	477	192	327	461		
<i>Johr Randallia nigrirostris</i>	118	179	240	88	138	188		
<i>Kyphosus analogus</i>	22	28	33	18	29	39		
<i>Kyphosus elegans</i>				23	36	49		
<i>Lutjanus argentiventris</i>	17	23	28	9	14	18		
<i>Lutjanus viridis</i>	882	1321	1760	422	624	825		
<i>Microspia thodon dorsalis</i>	17	27	37	17	24	30		
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	172	261	350	98	160	222		
<i>Mycteroperca rosacea</i>	28	42	55	20	29	38		
<i>Myripristis leiognathus</i>	37	65	93	18	31	43		
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	33	47	60	38	57	76		
<i>Paranthias colonus</i>	557	843	1128	285	476	667		
<i>Plagiotremus azaleus</i>	63	102	140	43	65	87		
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	3	3	3	5	8	11		
<i>Prionurus punctatus</i>	3	3	3	93	137	181		
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	3	3	3	4	7	10		
<i>Scarus compressus</i>				2	2	2		
<i>Scarus ghobban</i>	12	17	22	24	36	48		
<i>Scarus perrico</i>	7	9	12	10	13	16		
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	15	20	25	30	47	63		

Tabla X. Continuación.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Serranus psittacinus</i>	773	1063	1353	2378	3625	4872
<i>Stegastes flavilatus</i>	32	44	57	26	40	53
<i>Stegastes leucorus</i>				5	7	8
<i>Stegastes rectifraenum</i>	357	613	868	409	645	881
<i>Sufflamen verres</i>	87	125	163	102	167	231
<i>Synodus sp.</i>				3	3	3
<i>Thalassoma grammaticum</i>	60	89	118	49	75	101
<i>Thalassoma lucasanum</i>	2358	3483	4608	1495	2200	2905
<i>Zanclus cornutus</i>				4	7	10

Tabla XI. Densidad calculada, en número de individuos por hectárea, de cada especie en la localidad de Cerralvo Sur, para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	Inferior	medio	superior	Inferior	medio	superior
<i>Abudefduf troschelii</i>	96	144	370	70	109	287
<i>Acanthurus nigricans</i>	3	5	12	2	3	6
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	11	18	47	9	16	43
<i>Alphesfes immaculatus</i>	1	1	1	1	1	3
<i>Anisotremus interruptus</i>	45	63	155	30	47	123
<i>Apogon pacifici</i>	1	2	5	1	2	5
<i>Arothron meleagris</i>	7	8	17	5	6	13
<i>Balistes polylepsis</i>						1
<i>Bodianus diplotaenia</i>	50	73	185	35	52	135
<i>Canthigaster punctatissima</i>	29	46	120	34	51	133
<i>Caranx caballus</i>	16	27	75	12	20	55
<i>Cephalopholis panamensis</i>	12	17	44	12	19	50
<i>Chromis atrilobata</i>	1086	1645	4260	361	546	1415
<i>Cirrhitus rivulatus</i>	4	4	10	1	1	2
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	108	176	472	87	141	375
<i>Diodon hystrix</i>	1	1	1			
<i>Diodon holocanthus</i>	9	12	30	5	5	12
<i>Epinephelus labriformis</i>	25	39	103			1
<i>Fistularia commersonii</i>	8	11	28	10	14	35
<i>Gymnothorax castaneus</i>	3	3	8	2	2	5
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	12	20	54	7	11	27
<i>Halichoeres chierchiae</i>	3	3	8	13	19	48
<i>Halichoeres dispilus</i>	16	24	63	8	14	39
<i>Halichoeres nicholsi</i>	3	4	11	2	4	10
<i>Halichoeres notospilus</i>	14	20	48	9	13	33
<i>Holacanthus passer</i>	84	128	333	64	98	254
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	15	21	54	8	12	32
<i>Kyphosus analogus</i>	12	16	39	63	99	258
<i>Kyphosus elegans</i>	5	8	19	26	35	85
<i>Lutjanus argentiventris</i>	3	3	8	2	3	7
<i>Lutjanus viridis</i>	122	211	580	73	117	309
<i>Microspia thodon dorsalis</i>	19	26	66	15	25	66
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	24	38	102	47	72	190
<i>Mycteroperca rosacea</i>	19	31	82	15	20	47
<i>Myripristis leiognathus</i>	7	12	32	7	12	33
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	14	22	58	8	10	25
<i>Paranthias colonus</i>	737	1129	2941	69	101	255
<i>Plagiotremus azaleus</i>	27	40	104	10	14	36
<i>Pomacanthus zonipectus</i>						1
<i>Prionurus punctatus</i>	259	381	972	64	106	286
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	11	18	50	7	10	25
<i>Scarus compressus</i>	1	1	2			1
<i>Scarus ghobban</i>	4	5	13	3	5	12
<i>Scarus perrico</i>	1	1	2	2	2	4
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	35	53	135	34	55	145

Tabla XI . Continuación.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Serranus psittacinus</i>	17	27	72	24	36	94
<i>Stegastes flavilatus</i>	24	39	104	19	27	67
<i>Stegastes leucorus</i>	7	10	13	10	17	23
<i>Stegastes rectifraenum</i>	212	340	906	199	316	838
<i>Sufflamen verres</i>	49	78	208	54	82	211
<i>Synodus</i> sp.						
<i>Thalassoma grammaticum</i>	46	70	183	27	40	105
<i>Thalassoma lucasanum</i>	1964	3180	8500	730	1117	2909
<i>Zanclus cornutus</i>	2	3	7	1	1	2

Tabla XII. Densidad calculada, en número de individuos por hectárea, de cada especie en la localidad de Punta Perico, para cada una de las épocas (fría y cálida). Se indican los valores: inferior, medio y superior.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Abudefduf troschelii</i>	1019	1565	2111	622	937	1251
<i>Acanthurus nigricans</i>	2	2	2	2	2	2
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	20	36	51	10	17	23
<i>Alphestes immaculatus</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Anisotremus interruptus</i>	6	9	12	2	2	2
<i>Apogon pacifici</i>	101	151	200	1	1	1
<i>Arothron meleagris</i>	44	65	85	58	89	120
<i>Balistes polylepis</i>	2	4	5	6	9	12
<i>Bodianus diplotaenia</i>	138	210	281	146	218	291
<i>Canthigaster punctatissima</i>	88	136	183	86	134	183
<i>Caranx caballus</i>	19	28	36	2	2	2
<i>Cirrhitus rivulatus</i>	8	11	14	2	2	2
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	224	346	467	86	144	203
<i>Chromis atrilobata</i>	1967	3037	4106	1241	2049	2857
<i>Diodon hystrix</i>	5	7	8	3	3	3
<i>Diodon holocanthus</i>	47	70	93	19	26	32
<i>Epinephelus labriformis</i>	19	30	40	8	11	14
<i>Epinephelus panamensis</i>	27	38	49	39	57	76
<i>Fistularia commersonii</i>	34	54	73	28	43	58
<i>Gymnothorax castaneus</i>	5	5	5	6	7	9
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	6	8	9	8	11	14
<i>Halichoeres chierchiae</i>	15	25	34	9	12	16
<i>Halichoeres dispilus</i>	42	60	77	41	72	103
<i>Halichoeres nicholsi</i>	17	24	30	8	9	11
<i>Halichoeres notospilus</i>	11	19	26			
<i>Holacanthus passer</i>	268	433	598	320	508	697
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	112	191	270	90	144	199
<i>Kyphosus analogus</i>	17	25	33	14	23	31
<i>Kyphosus elegans</i>	6	8	9	7	10	13
<i>Lutjanus argentiventris</i>	7	10	13	33	49	66
<i>Lutjanus viridis</i>	138	217	295	120	196	271
<i>Microspathodon dorsalis</i>	72	114	155	64	92	120
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	453	738	1023	213	342	470
<i>Mycteroperca rosacea</i>	79	126	173	67	107	148
<i>Myripristis leiognathus</i>	125	184	242	16	26	36
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	26	41	56	32	46	60
<i>Paranthias colonus</i>	683	1023	1362	514	756	997
<i>Plagiotremus azaleus</i>	77	117	157	59	93	128
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	3	3	3			
<i>Prionurus punctatus</i>	1061	1593	2125	511	792	1072
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	6	8	10	10	17	23
<i>Scarus compressus</i>	7	10	13	2	2	2
<i>Scarus ghobban</i>	17	26	35	11	14	18
<i>Scarus perrico</i>	6	9	12	10	12	13
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	63	99	135	87	136	184

Tabla XII , Continuación.

	Epoca fría			Epoca cálida		
	inferior	medio	superior	inferior	medio	superior
<i>Serranus psittacinus</i>	14	19	24	4	6	8
<i>Stegastes flavilatus</i>	54	80	105	42	66	90
<i>Stegastes leucorus</i>	7	10	13	10	17	23
<i>Stegastes rectifraenum</i>	267	440	612	219	355	491
<i>Sufflamen verres</i>	47	74	101	41	61	81
<i>Synodus sp.</i>	0		0	1	1	1
<i>Thalassoma grammaticum</i>	88	141	194	39	55	71
<i>Thalassoma lucasanum</i>	3738	6079	8420	2636	4340	6044
<i>Zanclus cornutus</i>	47	72	97	51	79	107

5. DISCUSIÓN

Los censos visuales submarinos son considerados como la mejor técnica para la estimación de la riqueza, abundancia y densidad de peces, tanto en arrecifes naturales como artificiales (Harmelin-Vivien et al., 1985; Relini et al., 1994).

La transparencia y temperatura del agua son dos de las mayores limitantes a la hora de realizar estimaciones en este tipo de censos (Ebeling y Hixon, 1991). En el presente estudio la transparencia de las aguas en todos los meses fue alta, por lo que los censos siempre se realizaron en condiciones de buenas a óptimas. La visibilidad mínima recomendada de 4 m (Ebeling y Hixon, 1991) para realizar censos submarinos fue ampliamente superada en todos los casos y los censos se realizaron siempre con una visibilidad superior a 10 m en el plano horizontal. Otra variable importante es la temperatura, sin embargo, en este caso, y debido a las condiciones cálidas de las aguas de la zona, no puede ser considerada como una adversidad para el muestreador; de esta manera se pudo realizar el trabajo durante todo el año sin ninguna dificultad. El problema que entraña trabajar en aguas con baja temperatura es que se limita severamente el tiempo de muestreo y hace que disminuya el nivel de concentración del buceador.

La velocidad de nado del buceador es otro factor que puede influir en los conteos realizados en los censos (Lincoln-Smith, 1988), a pesar de ello en este trabajo no influyó en los censos, ya que las corrientes que se presentaron fueron siempre de poca intensidad y el tiempo de cada transecto estuvo siempre alrededor de los 10 minutos, lo que significa que todos los censos fueron realizados a una velocidad similar.

De las 89 especies que se observaron durante los muestreos no todas fueron incluidas en el listado final, algunas como es el caso de algunos miembros de las familias Bleniidae y Gobiidae, por la dificultad que implica su identificación en el campo, a ello se añade la dificultad de que muchas son especies crípticas. La alta movilidad de los individuos también puede entrañar dificultades en la identificación (Gladfelter *et al.*, 1980); este es el caso de algunos escómbridos que debido a la alta velocidad de su nado, no se pudieron identificar de manera precisa, por lo que tampoco fueron incluidos en el listado final presentado en este trabajo.

A partir de las distintas longitudes de transecto experimentadas, cuya finalidad fue la de comprobar si la distancia propuesta era suficiente o excesiva, se pudo concluir que en la zona de estudio el transecto de 50 m de longitud, es el adecuado para la toma de datos de abundancia y riqueza de las asociaciones de peces de arrecife rocoso. Esto coincide con la longitud recomendada por English *et al.* (1997) para realizar censos en hábitats arrecifales. Esta longitud es inferior a los más de 100 m empleados por Pérez-España *et al.* (1996), por lo que la distancia utilizada en este trabajo tiene la ventaja de que implica un menor esfuerzo de muestreo sin pérdida de información y permite realizar un mayor número de repeticiones con un menor tiempo de buceo. Tiene, además, ventaja sobre los censos realizados por tiempos (Sánchez *et al.*, 1997; Arreola, 1998; Aburto, 1999), ya que se trata de una técnica mucho más cuantitativa al tener control sobre la superficie muestreada. Otro elemento importante a tener en cuenta es que los transectos de 50 m de longitud son los más utilizados en todo el mundo, por lo que este trabajo se podría comparar con estudios similares realizados con la misma técnica, ya que hasta la fecha, debido a la gran diversidad de métodos utilizados, los trabajos eran de difícil comparación (Sale, 1991; Chávez, 1997).

La riqueza es considerada como la medida más simple de medir la diversidad en un sistema (Peet, 1974). Este índice tiene el inconveniente de no tener en cuenta la abundancia de cada especie y existe una dependencia en el tamaño de la muestra (MacArthur, 1965; Krebs, 1985), y es limitado a la hora de realizar comparaciones (Yapp, 1979, en Ludwig y Reynolds, 1988).

La riqueza obtenida en este estudio (89 especies) supone un 31% de las que habitan en los arrecifes rocosos registradas para el Golfo de California (Thomson et al., 1979) y un 51% de las 174 registradas por Galván- Magaña et al. (1996) en su lista de peces de Isla Cerralvo. Aunque se debe señalar que, en este último trabajo, del total de especies, sólo 31 fueron contabilizadas mediante censos visuales submarinos, además se utilizaron otros medios de recolecta como redes agalleras, palangres, arpones y redes de mano. En trabajos realizados mediante censos visuales submarinos, como los de Pérez España et al. (1996), se registraron 76 en la zona de Bahía de La Paz, con 4 sitios de muestreo; Sánchez et al. (1997) registraron 101, en 11 sitios distribuidos de norte a sur desde Isla San Dieguito hasta Isla Cerralvo; Arreola (1998) registró 80 especies en censos realizados en 5 islotes y un pecio situados en el archipiélago Espíritu Santo; y, por último, Aburto (1999) contabilizó 102 especies, pero de estas sólo 72 fueron identificadas mediante censos visuales. Como se puede apreciar, la riqueza es semejante o superior a las obtenidas por otros autores mediante el mismo método de muestreo, incluso con un menor número de sitios, lo que confirma la efectividad del diseño y de la unidad de muestreo empleados, basado en la realización de repeticiones aleatorias mensuales en cada una de las tres localidades.

Con red agallera Galván-Piña (1998) obtuvo 58 especies en Bahía de La Paz, y refleja la alta selectividad del arte empleado. Otros trabajos como los de Castro-Aguirre y Balart (1997); Balart et al. (1997), y Ramírez y Rodríguez (1990), son difícilmente comparables con este estudio, debido a los métodos de

muestreo, arrastre en fondos blandos y capturas comerciales, ya que no tienen como objetivo las especies de arrecife rocoso.

La mayor parte de las especies registradas en el presente estudio (54) aparecen en las tres localidades, lo que refleja que, a pesar de algunas diferencias en su composición, existe el mismo tipo de asociaciones de peces en los tres arrecifes. Tampoco se apreció, como indicaban Thomson y Gilligan (1983), que variara significativamente la composición específica entre las islas y la costa rocosa adyacente. Las diferencias se pudieron haber explicado probablemente a la influencia de factores oceanográficos, tales como corrientes y vientos, la fisiografía del fondo marino y el tamaño del arrecife.

Algunas sólo aparecieron en una de las localidades. En general son especies que se cuantificaron muy poco, y muchas de ellas son de aparición esporádica que dependen en gran medida de un encuentro casual con el muestreador; la importancia de tales formas reside en que pueden ser el reflejo de algunas características distintivas de cada una de las localidades.

En Cerralvo Norte, *Canthidermis maculatus*, *Caranx lugubris* y *Caranx melampygus* son visitantes ocasionales del arrecife, que se acercan principalmente en busca de alimento (Thomson et al., 1979) y son característicos de un ambiente con una importante influencia oceánica. *Heteroconger canabus* se presenta en lugares arenosos con corrientes fuertes (Cowan y Rosenblat, 1974); aunque existen dificultades en su identificación por sus caracteres ex-ternos (Castle, 1999), sin embargo se determinó como *H. canabus* por su localización geográfica, hábitat (profundidad) y características morfológicas (Cowan y Rosenblat, 1974), en particular por su coloración oscura (Castle, 1999).

Otras especies que sólo aparecieron en una localidad fueron: *Novaculichthys taeniourus*, *Urolophus concentricus* y *Sphoeroides lobatus*, en Cerralvo Sur; *Haemulon maculicauda*, *Taeniconger cannabus*, *Microlepidotus brevipinnis*, *Microlepidotus inornatus* y *Sphoeroides annulatus*, en Punta Perico. Todas ellas que, aun siendo frecuentes en zonas rocosas, reflejan la proximidad de zonas arenosas adyacentes, debido a que son características de este tipo de ambientes sedimentarios.

Aluterus scriptus, *Ostracion meleagris* y *Anisotremus taeniatus* aparecieron de forma esporádica en la localidad de Punta Perico. Su presencia pudo haber sido debida a un encuentro circunstancial por el tipo de muestreo, o también, como el caso de *Anisotremus taeniatus*, por una permanencia temporal en la zona, en una determinada época del año.

Destaca el registro de *Holacanthus clarionensis* durante octubre de 1998 en Punta Perico, ya que no se había observado en esta zona mediante censos visuales. Su presencia se ha documentado sólo en el archipiélago de Espíritu Santo (De La Cruz-Agüero *et al.*, 1997).

En general, para las tres localidades, los valores de diversidad promedio por temporada fueron ligeramente más altos durante la época cálida que durante la fría, debido al aumento de la dominancia en número de algunas especies en esta última.

Las diferencias significativas se manifiestan al analizar los valores de diversidad por mes en cada una de las localidades. En general, los valores de diversidad más bajos se relaciona con el aumento de la abundancia de ciertas especies (*Chromis atrilobata*, y *Thalassoma lucasanum*); a la heterogeneidad en la fisiografía; y a la composición de los fondos muestreados; ya que a pesar de

realizarse siempre los censos en zonas rocosas, a lo largo del transecto se intercalaban frecuentemente zonas de arena y piedras de distinto tamaño.

Resalta el valor de diversidad en julio en Cerralvo Sur (2.8 bits/individuo), ya que a pesar de tener una riqueza baja (27 especies) las abundancias contabilizadas estaban muy repartidas entre todas ellas, lo que también se refleja en el valor de equitatividad obtenido (0.7).

Por mes, sólo en Punta Perico no existieron diferencias significativas, debido a que a pesar de aumentar la abundancia de algunas especies durante los meses fríos, la riqueza también aumentó durante esta época, lo que no ocurrió en las localidades insulares; esto también se reflejó en la equitatividad, que tiene una tendencia ascendente en la temporada fría. Posiblemente sea una consecuencia del tamaño del arrecife de Punta Perico, ya que aunque no se tienen medidas cuantitativas de los límites exactos del arrecife, sí se trata del mayor de los tres seleccionados.

Los resultados del IVB muestran cómo la estructura de la asociación de peces es similar en las tres localidades, con dos especies muy dominantes, dos o tres de mediana importancia, seis de menor y el resto de especies con muy baja importancia. Esto confirma una de las características generales de las comunidades enunciadas por Krebs (1985), quien estableció que las comunidades incluyen unas pocas especies abundantes y muchas escasas.

Por lo que respecta a las especies más importantes según el IVB, dos sobresalieron sobre el resto: *Thalassoma lucasanum* y *Chromis atrilobata*. Ambas presentan un comportamiento gregario, suelen aparecer en agrupaciones y se alimentan durante el día, aunque el tipo de su alimento es distinto. Los individuos de *Thalassoma lucasanum* aparecen a pocos centímetros del fondo rocoso e ingieren pequeños organismos bentónicos, como

algas y crustáceos (Hobson, 1968; Bermúdez et al., 1993). *Chromis atrilobata* es uno de los pocos pomacéntridos que no es territorialista (Villareal, 1988), se concentra a media agua sobre las rocas a lo largo del día, alimentándose de crustáceos planctónicos (Hobson, 1968). Tanto esta especie como *Paranthias colonus* se ven favorecidas por corrientes fuertes que lleven altos contenidos de plancton (Arreola, 1998).

En general, la mayoría de las especies importantes según el IVB, son ramoneadoras poco selectivas (omnívoras), algunas planctófagas y pocas estrictamente carnívoras.

Desde hace tiempo se conoce la influencia que ejercen los peces herbívoros sobre la diversidad y productividad de las asociaciones bióticas en arrecifes tropicales (Randall, 1961; Linn-Montgomery et al., 1980), así, por ejemplo, en los estudios realizados en Cabo Pulmo por Baynes (1999) se comprobó como los peces herbívoros disminuían el tamaño y la cantidad de macroalgas sobre el substrato rocoso. Entre las más importantes se distinguieron dos especies herbívoras con distinto tipo de comportamiento: *Stegastes rectifraenum*, de comportamiento solitario pero que defiende sus territorios de alimentación frente a los intrusos (Bermúdez et al., 1993). En Punta Perico su importancia fue menor, lo que podría reflejar un tipo de fondo con grandes bloques y fuerte pendiente, ya que el hábitat preferencial de este pomacéntrido son los fondos compuestos por bloques de roca de tamaño mediano a pequeño.

Otra especie herbívora, aunque gregaria, es *Prionurus punctatus*, que mostró el tercer lugar de importancia según el IVB en la localidad de Punta Perico, este comportamiento tiene la ventaja de que mientras se alimentan en el substrato pueden defenderse mejor de los individuos de *Microspathodon dorsalis*, que protegen sus territorios de alimentación (Grove y Lavenberg,

1997). *Prionurus punctatus* es un ramoneador no selectivo, esto es, ingiere fragmentos de algas en la proporción en la que se encuentran en el medio, además tiende a permanecer asociado a un arrecife en particular (Linn-Montgomery et al., 1980). Su incidencia, según observaciones directas realizadas en la zona de Cabo Pulmo, se concentra en las superficies rocosas horizontales, donde se encuentren las algas, ignorando las superficies verticales (Baynes, 1999). Por lo tanto, su presencia está asociada a la morfología del fondo, ya que necesita una elevada cobertura de algas, por lo que frecuenta fondos con una alta proporción de superficie rocosa, como sucede en las tres localidades, especialmente en la de Punta Perico.

Abudefduf troschelii fue la tercera en importancia en las localidades de Cerralvo Sur y Punta Perico. Este pomacéntrido tiene un carácter gregario en las épocas no reproductivas, y su alimentación gravita en el plancton de la columna de agua, aunque también se alimenta de algas y de pequeños invertebrados (Hobson, 1968). Se localizó normalmente en grupos, y a media agua cerca de los arrecifes rocosos, por lo que su abundancia, cuando el encuentro se producía, era elevada.

En las localidades insulares apareció como una de las más importantes *Lutjanus viridis*, que es netamente carnívora y se alimenta principalmente de pequeños peces y cangrejos (Grove y Lavenberg, 1997). Por lo común se concentra en cardúmenes cerca del fondo por el arrecife (Villareal, 1988).

El resto de las especies importantes, según el IVB, fueron: *Holacanthus passer*, que apareció solitaria o en pequeños grupos alimentándose sobre el substrato (Reynolds y Reynolds, 1977) y en grupos entre cardúmenes de *Chromis atrilobata*, donde capturan crustáceos planctónicos (Pérez-España, 1994).

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

Otras, como *Cirrhitichthys oxicephalus* y *Mulloidichthys dentatus*, pueden ser buenas indicadores del ambiente arrecifal estudiado. *Cirrhitichthys oxicephalus* se presentó con valores similares en las tres localidades. Tiene preferencia tanto por los sitios de gran cobertura de coral sobre el substrato (Villareal, 1988) como por las grietas de las rocas (Thomson *et al.*, 1979). Por el contrario, *Mulloidichthys dentatus* tiene preferencia por zonas compuestas por parches de arena y rocas, lo que refleja una alta heterogeneidad ambiental.

Hubo especies importantes en las localidades insulares en tanto que no lo fueron en la localidad continental. Es el caso de *Suflamen verres* que, a pesar de no ser una de las que se contabilizó en mayor número, aparece debido a su alta frecuencia; se alimenta de una amplia variedad de organismos bentónicos. En Punta Perico fue substituida en importancia por *Bodianus diplotaenia*, otro depredador diurno que aparece de forma solitaria o en pequeños grupos, y que se alimenta de organismos que encuentra sobre las rocas (Hobson, 1968).

El análisis temporal de la estructura de la asociación, a partir de los valores de IVB, indica cómo se mantiene aunque en algunas localidades y meses se producen variaciones. En general se trata de individuos que, debido a su comportamiento, cuando aparecen lo hacen de forma muy numerosa, por lo que adquieren mayor importancia para este índice. Por ejemplo, en Cerralvo Sur incursionan especies que son visitantes habituales del arrecife, como *Caranx caballus* en marzo, desplazando a *Lutjanus viridis* y de *Kiphusus analogus* a *Paranthias colonus*, en julio.

Hay especies, importantes según el IVB, que reflejan la heterogeneidad del ambiente en el arrecife, como es la proximidad de zonas arenosas. En Punta Perico, *Microlepidotus brevipinnis* y *M. inornatus* adquieren alta importancia en los meses de mayo y agosto, ya que se mueven ocasionalmente

en grupo hacia las zonas rocosas someras, sin actividad alimenticia durante el día ya que se trata de un depredador nocturno (Hobson, 1968).

Legendre y Legendre (1982) han recomendado ampliamente eliminar los “ceros” en la mayoría de los métodos de análisis multifactoriales; ya que, de otra forma, se suelen obtener variabilidades muy amplias en los resultados, que no necesariamente reflejan la del sistema analizado. Así, en el caso del presente estudio, al eliminar las especies raras de la matriz original, se minimizó la variabilidad, ya de por sí elevada, en todo lo posible. Por lo tanto, la variación de las especies consideradas podría estar relacionada con los cambios estacionales así como con diferencias en la fisiografía de las tres localidades.

De cualquier forma, dicho análisis mostró una alta dispersión de los puntos resultantes, debido a la naturaleza de los datos y a la heterogeneidad ambiental, ya que aunque son todas zonas de arrecife rocoso, mostraron una gran variación en cuanto a su composición y complejidad estructural. Este es un punto importante, ya que componentes del medio como el relieve, heterogeneidad espacial, densidad estructural, y características del substrato contribuyen a variar los grados de complejidad estructural (Galzin, 1987b; Anderson et al., 1989). El grupo formado por Cerralvo Sur sería reflejo de una fisiografía distinta de las otras dos localidades, con menor número de refugios y cuevas, lo que podría determinar la composición comunitaria (Luckurst y Luckurst, 1974; Reñones et al., 1997), así como las corrientes y la profundidad (Gladfelter et al., 1980). Otro factor que puede influir en este tipo de estudios, además de la estructura del arrecife, es su tamaño (Ogden, 1981; Sale y Douglas, 1984), ya que si bien es cierto que las áreas calculadas para cada localidad fueron distintas, el tamaño real de cada uno de los arrecifes se desconoce ya que la delimitación de cada una de las localidades se realizó de forma artificial, por lo que faltarían datos para comprobar esta hipótesis.

Asumiendo lo anteriormente expuesto, los resultados mostraron que, dentro de la alta heterogeneidad, aparecieron dos grupos bien constituidos, con un mayor parecido entre las localidades de Punta Perico y Cerralvo Norte, mientras que la localidad de Cerralvo Sur, al igual que sucedió con el análisis de ANOVA realizado para los datos de diversidad, aparece como distinta a las otras dos. Posiblemente se esté reflejando alguna diferencia en la fisiografía submarina, ya que Cerralvo Sur tiene un fondo principalmente de tipo “tepetate” el cual, debido a su naturaleza tiene un menor número de refugios y complejidad estructural que las otras dos localidades. Además, la superficie de arrecife rocoso, bien constituido, es menor que en las otras dos localidades, de esta manera se podrían sumar dos efectos: una menor complejidad estructural con un menor tamaño del arrecife rocoso,

No se aprecia en el análisis un efecto de insularidad (Thomson y Gilligan, 1983), debido a que hay un grupo formado por una localidad continental y otra insular; aunque ese estudio se realizó con base en datos de peces crípticos, los cuales, debido al tipo de metodología aquí empleada, no fueron detectados. Sin embargo, se obtuvieron resultados similares con el trabajo de Pérez-España et al. (1996), en el que compararon localidades de muestreo situadas en el archipiélago Espíritu Santo y la zona de Punta Perico.

Los datos tampoco se diferencian por profundidad, algo que ya sucedía con los valores de diversidad; esto confirmaría las categorías de profundidad propuestas por Allen y Robertson (1994), quienes dividían tres intervalos de profundidad para los peces de arrecife del Pacífico oriental tropical: poco profundo (0 a 4 m), intermedio (5 a 19 m) y profundo (más de 20 m), aunque estos intervalos pueden variar localmente, dependiendo del grado de exposición del arrecife y las condiciones del mar.

La separación de los datos en dos épocas, en función de la temperatura y del número de individuos, resultó ser efectiva ya que se aprecia que el aumento paulatino de la abundancia se produce simultáneamente al descender la temperatura. Este aumento no se produce por igual en todas las especies, sino que son precisamente las dominantes, fundamentalmente *Chromis atrilobata* y *Thalassoma lucasanum*, las que más influyen en el aumento de la cifra global contabilizada.

Este aumento podría ser debido al reclutamiento al área de aquellas numéricamente dominantes. Esto confirmaría lo propuesto por Sale y Douglas (1984), en estudios realizados en arrecifes australianos, quienes concluyeron que las variaciones en las asociaciones de peces de arrecife se explican como una consecuencia de los continuos reclutamientos y pérdidas al azar de individuos de especies capaces de utilizar ese tipo de hábitat.

Otra de las probables causas del aumento en el número de peces de ciertas especies, pudo haber sido el incremento temporal de plancton en la zona, lo que hubiese provocado la formación de agrupaciones de peces atraídos por el alimento.

Es importante tener en cuenta las asunciones que se hicieron para el cálculo de abundancia y densidad_ La principal fue que todos los individuos, de todas las especies consideradas, que se encontraban dentro del transecto fueron contabilizados; esto es, la probabilidad de que se contabilizara un ejemplar que se encontrase dentro del transecto fue igual a uno. Esta asunción es fundamental, ya que si la probabilidad de conteo fuera menor que uno, habría que utilizar una función de densidad de probabilidad (la cual no se conoce *a priori*) como modulador de las abundancias censadas, para cada especie (Conquest et al., 1996)

Las cifras de abundancias calculadas suponen una primera aproximación a la real. Están limitadas por las características del muestreo realizado, ya que al calcular el número de individuos no se ha considerado la heterogeneidad ambiental de cada una de las localidades y tampoco la preferencia de algunas especies por algún tipo de substrato en particular o tamaño de roca. Si bien es cierto que faltan datos de este tipo, la variabilidad se ve reflejada temporalmente en las distintas categorías de abundancia. La inclusión del valor cero es de gran importancia, ya que, dependiendo de su frecuencia de aparición, influye en mayor o menor medida en el cálculo de la abundancia total estimada, y de la densidad. Además, la proporción de ceros para una especie dada en una localidad, refleja la “rareza” o bien la “ubicuidad” de dicha especie en esa área.

A pesar de la sencillez en el método utilizado se puede considerar que el tipo de cálculo es igualmente válido y se ve compensado por el número de repeticiones realizado en cada localidad. Aunque sería recomendable, para estudios posteriores, realizar una descripción más detallada de la fisiografía submarina, con la finalidad de delimitar de forma más precisa los tipos de sustratos que corresponden a cada localidad.

En general, la mayor parte de las especies tuvieron valores de abundancia y densidad calculados más altos en la época fría, contando con las oscilaciones intrínsecas derivadas del método de muestreo; en la mayoría de los casos las diferencias entre las dos épocas no fueron muy elevadas, con excepción de algunas, lo que reflejaría una estabilidad en la estructura de la asociación de peces. Así *Thalassoma lucasanum*, *Chromis atrilobata* y *Paranthias colonus*, su densidad fue mayor en la época fría debido a la presencia de numerosos especímenes de pequeño tamaño. Mientras que en otras, como *Lutjanus viridis*, aumentó el número de individuos por cardumen en la época fría, pero no se apreció un aumento de ejemplares de menor talla con

respecto a la época cálida, por lo que se podría tratar de agrupaciones con fines alimenticios o reproductivos.

Otras se observaron casi exclusivamente en invierno. *Apogon pacifici* se detectó en grandes concentraciones, pero con individuos de talla pequeña, en sus refugios diurnos entre las grietas de las rocas, lo que podría indicar que se reproduce en la época cálida y lo que se observa en invierno es el resultado del reclutamiento a una zona particular.

La gran diferencia de densidad, en *Epinephelus labriformis* entre la época fría y cálida en la localidad de Cerralvo Sur, se debió a que fue observado en la época fría (concretamente en el mes de enero) formando agregaciones de individuos adultos sobre fondos constituidos por rocas de mediano a pequeño tamaño. Se contabilizó un gran número de individuos en muy pocos metros cuadrados. Estas agrupaciones son conocidas en muchos serránidos (Pauly et al., 1996) y es muy posible que sean agregaciones reproductivas. Tal comportamiento se ha estudiado en *Epinephelus guttatus*, en la costa de Puerto Rico. Este comportamiento tendría como explicación que las hembras encontraran pareja reproductiva (Shapiro et al., 1993).

Otras especies tuvieron una abundancia y densidad calculadas superiores en la época cálida. *Balistes polylepis* se observó la mayor parte de las veces como individuos solitarios; excepto en los meses más cálidos, en los que se detectó formando agregaciones en las proximidades del arrecife; en estos grupos se encontraban incluidos individuos de tamaño pequeño, de ahí su aumento en este período. Los representantes de la familia Kyphosidae también tuvieron mayor densidad calculada en la cálida; se pudo apreciar cómo los grupos formados eran más numerosos durante esta época, sin que se observase la presencia de individuos juveniles, por lo cual es más probable que

este aumento de individuos por cardumen fuese de carácter alimenticio o reproductivo.

Pocas tuvieron la misma abundancia calculada en la época fría y en la cálida, variaron de una localidad a otra y, en general, se trata de especies escasas o, en el caso de las abundantes, como *Holacanthus passer* en algunas localidades, se compensó la formación de grupos numerosos en invierno entre las agrupaciones de *Chromis atrilobata*, con la gran abundancia de individuos pequeños observados en la época cálida.

6. CONCLUSIONES

El transecto de 50 m de longitud y 5 m de ancho, fue eficaz para el cálculo de la abundancia y de los descriptores ecológicos de las asociaciones de peces de arrecife rocoso en aguas poco profundas de la zona de Isla Cerralvo.

La mayor parte de las especies registradas en el presente estudio aparecen en las tres localidades lo que podría reflejar que, a pesar de algunas diferencias en su composición, constituye un solo tipo de asociación de peces de arrecife.

En términos de descriptores ecológicos existieron diferencias significativas entre las localidades de muestreo, y entre los meses de muestreo en las localidades insulares. No así entre las profundidades.

La estructura de la asociación de peces es conservativa, tanto a lo largo del año como entre las zonas de muestreo, con dos especies muy dominantes, seguidas por un grupo de otras cinco, que fluctuaron dependiendo del mes y la localidad; el resto de ellas alcanzó en conjunto un máximo del 15% del valor del IVB.

La mayoría de las especies importantes según el IVB fueron ramoneadoras poco selectivas, algunas planctófagas y pocas estrictamente carnívoras.

A partir de las abundancias globales censadas se pudieron identificar claramente dos épocas: fría y cálida.

El análisis multifactorial en función de las abundancias mostró que las tres localidades pueden ser separadas. La alta dispersión de los datos fue reflejo de la variabilidad inherente al método de muestreo y a la alta heterogeneidad de los fondos tanto en composición como en complejidad estructural.

El tamaño del arrecife se mostró como uno de los factores principales que determinan la estructura de la asociación de peces, tanto en la riqueza como en la diversidad de especies.

La mayor parte de las especies tuvieron una abundancia calculada mayor durante la época fría. La causa de esta diferencia pudo haberse debido al reclutamiento al arrecife de juveniles de las especies de peces dominantes.

7. RECOMENDACIONES

A partir de la realización de este trabajo se han planteado toda una serie de interesantes cuestiones, que de momento no se han podido responder, pero que son esenciales para conocer la dinámica y las interacciones entre los distintos elementos de la asociación de peces.

Se hace necesario conocer de forma más rigurosa la estructura, la composición y el área de los arrecifes para poder realizar cálculos más precisos de abundancia y densidad.

Son necesarios trabajos que aporten nuevos conocimientos sobre la biología de las especies de peces de arrecife rocoso, tanto sobre sus épocas reproductivas, como de los hábitos alimentarios, para que proporcionen más y mejor información que permita realizar un manejo sustentable de estas zonas. Además con las relaciones talla/peso obtenidas se podrían realizar estimaciones de biomasa de las especies objetivo, y de esta manera tener un mayor conocimiento del verdadero papel de cada una de las poblaciones.

Otra cuestión importante que se ha indicado en esta investigación es el aumento del número de individuos de algunas especies en determinadas épocas del año, por lo cual sería recomendable realizar otros estudios que definieran la variación temporal de la estructura de tallas de la asociación de peces del arrecife, así como las zonas y épocas de reclutamiento.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aburto, M.O. (1999). Relación entre la distribución y el hábitat de la ictiofauna arrecifal de los islotes, B.C.S., México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., México. 71 pp.
- Allen, G. y D. Ross-Robertson (1994). Fishes of Tropical Eastern Pacific. University of Hawaii Press, Honolulu. 332 pp.
- Alevizon, W., R. Richardson, P. Pitts y G. Serviss (1985). Coral zonation and patterns of community structure in Bahamian Reef Fishes. Bulletin of Marine Science, **36**(2): 304-318.
- Anderson, T.W., E. DeMartini y D.A. Roberts (1989). The Relationship between habitat structure, body size and distribution of fishes in a temperate artificial reef. Bulletin of Marine Science, **44**: 681-687.
- Arellano-Martínez, M. (1997). Biología reproductiva del Ángel Rey *Holacanthus passer Valenciennes*, 1846 y del Ángel de Cortés *Pomacanthus zonipectus* (Gill, 1863) (Teleostei: Pomacanthidae), en la costa sur-occidental del Golfo de California, México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., México, 88 pp.
- Arreola, J.L. (1998). Diversidad de peces de arrecife en la región de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., México, 76 pp.
- Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre y F. de Lachica-Bonilla (1997). Análisis comparativo de las comunidades ícticas de fondos blandos y someros de la Bahía de La Paz. En: J. Urbán-Ramírez y M. Ramírez-Rodríguez (Eds.). La Bahía de La Paz. Investigación y Conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y Scripps Institution of Oceanography. La Paz. 163-176.
- Baynes, T.W. (1999). Factors structuring a subtidal encrusting community in the Southern Gulf of California. Bulletin of Marine Science, **64**: 419-450.
- Bermúdez, B.R., G. García, L.G. López-Lemus, R.J. Saldierna y C.A. Sánchez (1993). Feeding Ecology of Reef Fishes: Diet, Foraging Behaviour and Functional Morphology. En: J. B. Johannes, H. Schröder y M. Scharl (Eds.). Trends in Ichthyology. Nuremberg. 335-346.

- Briggs, J.C. (1974). Marine Zoogeography. McGraw-Hill Book Company. New York. 475 pp.
- Bohnsack, J.A. y S.C. Bannerot (1986). A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes, NOAA Technical Report, NMFS, 41: 15 pp.
- Boudillon-Moreno, L., A. Cantú, F. Ecardi, E. Lira, J. Ramírez, E. Velarde y A. Zavala (1991). Islas del Golfo de California. UNAM, México. 292 pp.
- Brock, V.E. (1954). A preliminary report on a method of estimating reef fish populations. Journal of Wildlife Management, 18: 297-308.
- Brock, R.E. (1982). A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. Bulletin of Marine Science, 32(1): 269-276.
- Brusca, R.C. y D.A. Thomson (1975). Pulmo Reef: the only "coral reef" in the Gulf of California. Ciencias Marinas, 1: 37-53.
- Burchmore, J.J., D.A. Pollard, J.D. Bell, M.J. Middleton, B.C. Pease y J. Matthews (1985). An ecological comparison of artificial and natural rocky reef fish communities in Botany Bay, New South Wales, Australia. Bulletin of Marine Science, 37(1): 70-85.
- Castle, P.H.J. (1999). A new species of garden eel from the Eastern Pacific with comments on *Heteroconger digueti* (Pellegrin) and related nominal species. Bulletin of Marine Science, 64: 407-417.
- Castro-Aguirre, J.L. (1983). Aspectos zoogeográficos de los elasmobranquios mexicanos. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, 27: 77-94.
- Castro-Aguirre, J.L. y E.F. Balart (1997). Contribución al conocimiento de la ictiofauna de fondos blandos y someros de la ensenda y bahía de La Paz, B.C.S. En: J. Urbán-Ramírez y M. Ramírez-Rodríguez (Eds.). La Bahía de La Paz. Investigación y Conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y Scripps Institution of Oceanography. La Paz. 163-176pp.
- Chávez, E.A. (1997). Sampling design for the study of Yucatan Reefs, Northwestern Caribbean. Proceedings 8th International Coral Reef Symposium, Panamá, 2: 1465-1470.
- Choat, J.H. y A.M. Ayling (1987). The relationship between habitat structure and fish faunas on New Zealand reefs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 110: 257-284.

- Clarke, K.R. y R.M. Warwick (1994). Chanae in marine communities: an approach to statistical analysis and interarelation. Natural Environment Research Council, Plymouth. 144 pp.
- Conquest, L., R. Burr, R. Donnelly, J.B. Chavarría y V.F. Gallucci (1996). Sampling methods for stock assessment of small-scale fisheries in developing countries. En: V.F. Gallucci, S.B. Saila, D.J. Gustafson y B.J. Rothschild (Eds.) Stock assessment: a quantitative methods and applications for small-scale fisheries. Lewis Pub., Boca Ratón, Fla. 179-225.
- Cowan, G.I.M. y R.H. Rosenblatt (1974). *Taeniconger canabus*, a new Heterocongrin Eel (Pisces Congridae) from Baja California, with a comparison of a closely related species. Copeia, 1: 55-60.
- Cuadras C.M. (1991). Métodos de Análisis Multivariante. Promociones y Publicaciones Universitarias. Barcelona. 644 pp.
- De La Cruz-Agüero, G. (1994). ANACOM: Sistema para el análisis de Comunidades en Computadoras personales. 3.0 Manual del Usuario, México. xi + 99 pp.
- De La Cruz-Agüero, J., M. Arellano-Martínez, V.M. Gómez y G. De La Cruz-Agüero. (1997). Catálogo de peces marinos de Baja California Sur. Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, La Paz, B.C.S., México. 341 pp.
- DeMartini, E., D.A. Roberts y T.W. Anderson (1989). Contrasting patterns of fish density and abundance at an artificial rock reef and cobble-bottom kelp forest. Bulletin of Marine Science, 44(2): 881-892.
- Ebeling, A.W. y M.A. Hixon (1991). Tropical and temperate reef fishes. En: P. Sale (Ed.). The Ecology of Reef Fishes on Coral Reefs. Durham. 509-563 pp.
- English, S., C. Wilkinson y V. Baker (1997). Survey Manual For Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville. 390 pp.
- Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. FAO Vols I, II y III, Roma. 1813 pp.
- Galván-Magaña, F., L.A. Abitía-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero, H. Pérez-España y H. Chávez-Ramos (1996). Lista sistemática de los peces de la Isla Cerralvo, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas, 22: 295-311.

- Galván-Piña, V.H. (1998). Estructura de la comunidad de peces capturada con redes agallera y charalera en Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. 109 pp.
- Galzin, R. (1987). Structure of fish communities of french polinesian coral reefs. I Spatial scales. Marine Ecology Progress Series, 41: 129-136.
- Galzin, R. (1987). Structure of fish communities of french polynesian coral reefs. II. Temporal scales. Marine Ecology Progress Series, 41: 137-145.
- Gladfelter, W.B., J.C. Ogden y E.H. Gladfelter (1980). Similarity and diversity among coral reef fish communities: a comparison between Tropical Western Atlantic (Virgin Islands) and Tropical central Pacific (Marshall Islands) patch reefs. Ecology, 61: 1156-1168.
- González-Sansón, G., C.A. Betancourt, J. Angulo y C. González-Gándara (1997). Variación espacial y estacional de la ictiofauna en un arrecife de coral costero de la región noroccidental de Cuba. III: Análisis multidimensional. Revista de Investigaciones Marinas, 18: 241-248.
- Gotshall, D.W. (1982). Marine animals of Baja California. Sea Challenger. 112 pp.
- Grove, J.S. y R.J. Lavenberg (1997). The fishes of the Galápagos Islands. Stanford University Press, Stanford. 863 pp.
- Harmelin, J.G. (1987) Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de Port-Cros, France). Marine Ecology. 8(3): 263-284. ↵
- Harmelin-Vivien, M.L., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabe, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc y G. Lasserre (1985). Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: methodes et problemes. Terre Vie, 40: 467-539.
- Heine, J.N. (1999). Scientific Diving Techniques. A practical guide for the researcher diver. Best Publishing. Flagstaff, Arizona. 225 pp.
- Hobson, E.S. (1968). Predatory behavior of some shore fishes in the Gulf of California. Washington, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife: 88pp.
- Krebs, C.J. (1985). Ecología. Harla S.A. de C.V. México. 753 pp.
- Legendre, L. y P. Legendre (1979). Ecologie Numerique. Paris. 197 pp.

- Pauly, D., F. Arreguín-Sánchez, J.L. Munro y M.C. Balgos (1996). Biology, fisheries and culture of snappers and groupers: workshop conclusions and updates to 1996. En: F. Arreguín-Sánchez, J.L. Munro, M.C. Balgos y D. Pauly (Eds.). *Bioloav, fisheries and culture of tropical groupers and snappers*. Iclarm- Epomex, Manila. 449 pp.
- Peet, R.K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecoloav and Svstematics*, 5: 285-307.
- Pérez-España, H. (1994). Hábitos alimentarios del Ángel Real *Holacanthus passer* Valenciennes, 1846 y del Ángel de Cortés *Pomacanthus zonipectus* Gill, 1963 (Osteichthyes: Pomacanthidae) en la costa sur-occidental del Golfo de California. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., México. 71 pp.
- Pérez-España, H., F. Galván-Magaña y L.A. Abitia-Cárdenas (1996). Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del suroeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 22: 273-294.
- Pielou, E.C. (1977). *Mathematical Ecoloav*. John Wiley and Sons, New York. 385 pp.
- Ramírez, M. y C. Rodríguez (1990). Composición específica de la captura artesanal de peces en Isla Cerralvo, B.C.S., México. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 5: 137-1 41.
- Randall, J.E. (1961). Overgrazing of algae by herbivorous marine fishes. *Ecoloav*, 42: 812.
- Relini, M., G. Torchia y G. Relini (1994). Seasonal variation of fish assemblages in the Loano artificial reef (Ligurian sea Northwestern-Mediterranean). *Bulletin of Marine Science*, 55: 401-417.
- Reñones, O., J. Moranta, J. Coll y B. Morales-Nin (1997). Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). *Scientia Marina*, 61.
- Reynolds, W.W. y L.J. Reynolds (1977). Observations on food habits of the Angel fishes *Pomacanthus zonipectus* and *Holacanthus passer* in the Gulf of California. *California Fish and Game*, 63: 124-125.
- Roberts, M.R. y R.F. Ormond (1987). Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Marine Ecoloav Proaress Series*, 41: 1-8.

- Sale, P.F. y W.A. Douglas (1981). Precision and accuracy of visual census technique for fish assemblages on coral patch reefs. Environmental Biology of Fishes, 6: 333-339.
- Sale, P.F. y B.J. Sharp (1983). Correction for bias in visual transect censuses of coral reef fishes. Coral Reefs, 2: 37-42.
- Sale, P.F. y W.A. Douglas (1984). Temporal variability in the community structure of fish on coral patch reefs and the relation of community structure to reef structure. Ecology, 65: 409-422.
- Sale, P.F. (Ed.). (1991). The Ecology of Fishes on Coral Reefs. Academic Press, Durham. 754 pp.
- Sanders, H.L. (1960). Benthic studies in Buzzard Bay. III. The structure of the soft-bottom community. Limnology and Oceanography, 5: 138-153.
- Sanderson, S.L. y A.C. Solonsky (1986). Comparison of a rapid visual and strip transect technique for censusing reef fish assemblages. Bulletin of Marine Science, 39: 119-129.
- Sánchez, C., J.L. Arreola, O. Aburto y M. Cortés (1997). Peces de arrecife en la región de La Paz, B.C.S. En: J. Urbán-Ramírez y M. Ramírez-Rodríguez. (Eds.). La Bahía de La Paz. Investigación y Conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y Scripps Institution of Oceanography. La Paz. 129-138 pp.
- Shannon, C.E. y W. Weaver (1963). The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana. 117 pp.
- Shapiro, D.Y., Y. Sadovy y M.A. McGhee (1993). Size, composition, and spatial structure of the annual spawning aggregation of the Red Hind, *Epinephelus guttatus* (Pisces: Serranidae). Copeia, 2: 399-406.
- Thomson, D.A., L.T. Findley y A.N. Kerstitch (1979). Reef Fishes of the Sea of Cortez. University of Arizona Press, Boulder. 302 pp.
- Thomson, D.A. y M. Gilligan (1983). The rocky-shores fishes. Island Biogeography in the Sea of Cortez. University of California Press, Berkeley. 234 pp.
- Thresher, R.E. y J.S. Gunn (1986). Comparative analysis of visual census techniques for highly mobile, associated piscivores (Carangidae). Environmental Biology of Fishes, 17: 93-116.

Villareal, A. (1988). Distribución y diversidad de peces en el arrecife coralino de Cabo Pulmo-Los Frailes, B.C.S. Tesis de Licenciatura. UABCS, La Paz, B.C.S., México. 144 pp.

Zar, J.H. (1996). Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey. 662 pp.