

Informe final* del Proyecto H337
Riqueza específica y biogeografía de los corales hermatípicos de la sección sur del Golfo de California y las Islas Revillagigedo

Responsable: Dr. Héctor Reyes Bonilla
Institución: Universidad Autónoma de Baja California Sur
Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar
Departamento de Biología Marina
Dirección: Carretera al Sur Km 5.5, Mezquito, La Paz, BCS, 23081 , México
Correo electrónico: hreyes@uabcs.mx
Teléfono/Fax: Tel: 01(612)123 8800 ext. 4160 Fax: 01(612)123 8819
Fecha de inicio: Agosto 15, 1996
Fecha de término: Octubre 2, 1998
Principales resultados: Base de datos, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Reyes Bonilla, H. 1999. Riqueza específica y biogeografía de los corales hermatípicos de la sección sur del Golfo de California y las Islas Revillagigedo. Universidad Autónoma de Baja California Sur. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H337.** México, D.F.

Resumen:

Los corales hermatípicos del Pacífico mexicano han sido estudiados por más de 100 años. Sin embargo, los estudios han sido puntuales y de poca duración, por lo que aún hay imprecisiones en lo referente a la taxonomía y la distribución geográfica de algunas especies. El presente proyecto tuvo como objetivo realizar el listado de especies coralinas presentes en siete localidades del sur del Golfo de California y tres islas del Archipiélago Revillagigedo, y analizar algunos patrones de la distribución del grupo en ambas regiones. Se condujeron labores de campo (colectas y recorridos por buceo) y consultas extensivas de literatura. Con la información recopilada se revisaron las afinidades biogeográficas generales de los taxa, la similitud faunística entre las regiones consideradas, y se hicieron análisis estadísticos para evidenciar si existía relación entre la riqueza de especies y géneros, y una serie de factores oceanográficos locales (temperaturas, concentración de pigmentos fotosintéticos en superficie y frecuencia anual de ciclones). En el estudio se recolectaron 850 colonias y se encontraron 22 especies coralinas y cinco formas no determinadas taxonómicamente la mayoría de las cuales son colonizadoras provenientes del Indo Pacífico. Los análisis biogeográficos demostraron que dentro del golfo y las Revillagigedo, la semejanza faunística es muy alta, pero ambas regiones mostraron fuertes diferencias entre sí, indicativo de que la boca del golfo puede funcionar como filtro biogeográfico para el grupo. Los estadísticos evidenciaron que la riqueza específica está muy relacionada con la temperatura promedio y la máxima en una zona, así como con la frecuencia de ocurrencia de ciclones. El descubrimiento de tres especies previamente no registradas en el Golfo de California señala que la colonización coralina hacia en golfo continúa, y que las Revillagigedo deben ser consideradas como sitios clave para el desarrollo de eventos de especiación de este grupo en el Pacífico americano.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL

PROYECTO H337

CONVENIO CONABIO-UABCS FB342/H337/96

**"Riqueza específica y biogeografía de los corales
hermatípicos de la sección sur del Golfo de California y las
Islas Revillagigedo"**

Preparado por:

Héctor Reyes Bonilla.
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Departamento de Biología Marina Apartado

postal 19-B, CP 23080 La Paz, B.C.S.

Tel. (112) 1-11-40, ext. 119. Fax: (112) 1-24-77

correo electrónico: hreyes @calafia.uabcs.mx

RESUMEN

Los corales hermatípicos del Pacífico mexicano han sido estudiados por más de 100 años. Sin embargo, la mayoría de los trabajos han sido puntuales o de corta duración, por lo que aún hay imprecisiones en lo referente a la taxonomía y la distribución geográfica de algunas especies. El presente proyecto tuvo como objetivo realizar el listado de especies coralinas presentes en siete localidades del sur del Golfo de California y tres islas del Archipiélago Revillagigedo, para con él analizar algunos patrones de la distribución de los escleractinios en ambas regiones. Se condujeron labores de campo (colectas y recorridos por buceo) en todos los sitios, consultas extensivas de literatura y revisiones de ejemplares de museos. Con la información recopilada se revisaron las afinidades biogeográficas generales de los taxa, la similitud faunística entre las regiones consideradas, y se hicieron análisis estadísticos para evidenciar si existía relación entre la riqueza de especies y géneros, y una serie de factores oceanográficos focales (temperaturas, concentración de pigmentos fotosintéticos en superficie y frecuencia de ciclones), consultados en bases de datos de distintas instituciones. El estudio mostró que en el Golfo de California y las Revillagigedo pueden encontrarse 22 especies de corales y cinco formas aún no determinadas taxonómicamente; la gran mayoría de las especies son colonizadoras provenientes del Indo Pacífico. En total, se colectaron 850 colonias, representantes de todas las especies vistas y registradas en el área de estudio. Los análisis biogeográficos demostraron que dentro del golfo y las Revillagigedo, la semejanza faunística es tan alta que en cada zona debe haber libre flujo larval. Sin embargo, las regiones mostraron fuertes diferencias faunísticas entre sí, indicativo de que la boca del golfo puede funcionar como filtro biogeográfico para el grupo. Los estadísticos evidenciaron que la riqueza específica de las localidades está muy relacionada con la temperatura promedio, la máxima, y con la frecuencia de ocurrencia de ciclones. Esto prueba que aún en regiones marginales de desarrollo coralino, la temperatura sigue siendo un factor clave para determinar la estructura arrecifal, y además, que el número de especies de las comunidades parece estar determinado de manera general por mecanismos de disturbio intermedio. El descubrimiento de tres especies no antes registradas en el Golfo de California, y de las cinco formas mencionadas, señala que la colonización coralina hacia el golfo continúa, y que las Revillagigedo deben ser consideradas como sitios clave para el desarrollo de eventos de especiación en el Pacífico americano.

INTRODUCCIÓN

La riqueza y afinidades biogeográficas de los corales hermatípicos del Pacífico oriental tropical han sido estudiadas desde hace más de cien años (Verrill, 1870). Desde los primeros trabajos se estableció de manera general que la fauna coralina actual del occidente americano apareció luego de colonizar la región desde el Pacífico oeste (Durham, 1947; Durham y Barnard, 1952), sin embargo, investigaciones biogeográficas más profundas no fueron conducidas por la falta de consenso taxonómico para muchas de las especies del grupo. Estas dificultades se originaron en parte como resultado de la falta de análisis detallados en localidades puntuales, y además, por la carencia de colecciones que contaran con suficientes ejemplares provenientes de distintas zonas geográficas, condición obligatoria para conocer el nivel real de variación natural de las especies (Veron, 1995).

En la década pasada, la nomenclatura de los corales del Pacífico oriental quedó relativamente bien definida (Wells, 1983), lo que incrementó la calidad y alcance de los estudios biogeográficos en el área (Glynn y Wellington, 1983; Reyes Bonilla, 1993a; Veron, 1993; Glynn, 1997a). Aún así, sigue habiendo cambios en lo referente al listado sistemático de este grupo debido principalmente a la mayor intensidad del esfuerzo de campo; como resultado, se han encontrado varias especies no conocidas previamente para América (Guzmán y Cortés, 1993; Ketchum y Reyes Bonilla, 1997), e incluso algunos endémicos (Budd y Guzmán, 1994; Glynn *et al.*, 1996). Pero además, varios nuevos registros aparecidos en la literatura son el resultado de la mejora de las determinaciones taxonómicas (Reyes Bonilla *et al.*, en prensa) y del cambio en la concepción de lo que las variaciones morfológicas representan en la Clase Scleractinia (Willis, 1990; Veron, 1995). Las nuevas ideas han traído consigo un cambio de paradigma en la taxonomía coralina, el cual también está impactando la investigación biogeográfica y evolutiva del grupo (Knowlton, 1993).

El conocimiento de las faunas coralinas del Pacífico de México aún es relativamente pobre, pues datos detallados solo existen para el Golfo de California y las Islas Revillagigedo (Reyes Bonilla, 1992, 1993a; Ketchum y Reyes Bonilla, 1997). Afortunadamente, ya hay información preliminar sobre las

especies que habitan las costas de Nayarit (Carriquiry y Reyes Bonilla, 1997), Jalisco, Colima (López Uriarte y Pérez Vivar, 1995. Medina Rosas, 1997), Guerrero (Salcedo Martínez et al., 1988) y Oaxaca (Palmer, 1928; Leyte Morales, 1996; Glynn y Leyte Morales, 1997), por la que el elenco sistemático de la región es ya muy completo.

Paralelamente al incremento en el número de estudios sobre escleractinios en la costa del Pacífico mexicano, ha surgido la necesidad de la implementación de colecciones científicas y de referencia sobre el grupo en las diversas instituciones, con el fin de tener un registro más preciso de las especies que habitan las áreas revisadas y como herramienta de identificación. A este respecto, la UABCS inició su labor en 1990 y ya cuenta con uno de los acervos más grandes de la república (más de 1,000 ejemplares; Reyes Bonilla y Barjau González, 1998). En el último lustro se han fundado pequeñas colecciones coralinas en la Universidad Autónoma de Baja California (Ensenada), en la Universidad de Guadalajara (Guadalajara y Puerto Vallarta), la Universidad del Mar (Puerto Ángel) y el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Manzanillo, y se ha depositado material en otras universidades (@. q. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, D.F. y Mazatlán; Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa). Este esfuerzo, junto con una muy adecuada relación entre

investigadores, ha dado lugar a resultados palpables, ya que ahora existe intercambio de material entre las distintas instituciones, y acuerdos por parte de los diversos investigadores al respecto de qué caracteres esqueléticos deben tomarse en cuenta para llevar a cabo la labor de identificación de las especies coralinas.

De las zonas arrecifales del occidente del país, las Islas Revillagigedo y el Golfo de California representan dos de los sitios más importantes para la investigación taxonómica y biogeográfica en corales, ya que su localización, alejada de los centros de máxima diversidad del grupo (Veron, 1993, Wallace, 1997), hace que se presenten condiciones idóneas para la ocurrencia de fenómenos tales como la colonización, la hibridación de especies, y hasta la especiación (Veron, 1995; Willis et al., 1997). Los datos del presente proyecto evidenciaron lo propio y mostraron otras particularidades de ambas áreas de estudio, información que arrojará mejor luz para entender del funcionamiento de estos sistemas, y para iniciar o apoyar esfuerzos de conservación de los mismos.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el elenco sistemático, la riqueza específica local y las afinidades biogeográficas de las especies de corales hermatípicos que habitan la región sur del Golfo de California y las Islas Revillagigedo.

OBJETIVOS PARTICULARES

a) Realizar el listado de las especies de corales presentes en siete localidades del sur del Golfo de California y en las tres islas más importantes del Archipiélago de Revillagigedo, y conocer sus afinidades biogeográficas.

b) Enriquecer la colección de corales pétreos del Pacífico mexicano perteneciente a la UABCS, depositando en ella el mayor número de ecotipos encontrados para cada especie vista en el campo, para así ayudar a caracterizar con mayor precisión los niveles de variación morfológica de los taxa de la región.

c) Analizar el grado de similitud faunística entre las diez localidades estudiadas y detectar la tasa de cambio cualitativo latitudinal de la fauna de corales de la región.

d) Conocer la relación entre la riqueza de especies en cada localidad y algunos factores oceanográficos y atmosféricos clave, por medio del uso de herramientas estadísticas.

METODOLOGÍA

Para esta investigación, llevamos a cabo salidas de campo a 10 zonas de colecta, revisando un total de 45 sitios entre Agosto de 1996 y Noviembre de 1997. Los lugares visitados fueron: Bahía Pichilingue (24° 50' N; 3 sitios), Bahía San Gabriel, en la Isla Espíritu Santo (24° 30' N; 4 sitios), Isla Cerralvo (24° 15' N; 3 sitios), Punta Pericos (24° 05' N; 4 sitios), Cabo Pulmo (23° 30' N; 9 sitios), Bahía Chileno (22° 50' N; 3 sitios), e Isla San José (24° 50' N; 3 sitios), en el Golfo de California, y las islas Clarión (18° 20'

N; 5 sitios), Socorro (18° 45' N; 8 sitios) y San Benedicto (19° 19' N; 3 sitios), pertenecientes al

Archipiélago Revillagigedo, Colima. En general, se realizaron las siguientes actividades:

a) Revisión de localidades.

Cada uno de los sitios visitados fue revisado por un equipo de 3 o 4 personas, quienes usando buceo libre y autónomo detectaron los puntos donde se hallaba la mayor concentración de corales. Este personal también tomó nota de las características generales de cada comunidad, como la zonación, abundancia relativa de las especies, espesor de la estructura arrecifal, etc.

b) Recolecta de ejemplares.

Una vez localizados los sitios idóneos de recolecta (definidos con base en la riqueza total y la abundancia de cada especie), se procedió a hacer la extracción de las colonias, desprendiéndolas desde la base con el uso de cinceles y martillos, y teniendo cuidado de no dañar el resto de la estructura arrecifal o las colonias adyacentes.

Ocasionalmente se colectaron "coralitos" (colonias de vida libre, producidas por fragmentación) de Pocillopora spp., Psammocora spp. y Porites sverdrupi Durham, 1947, debido a que representan una variante morfológica común del grupo en la región estudiada (Reyes Bonilla et al., 1997). Para toda especie observada se trató de obtener hasta 6 ejemplares por localidad. Sin embargo, en muchos casos se extrajeron más, particularmente donde aparecían morfotipos poco comunes o formas cuya identidad no pudo ser determinada con confianza en el campo.

c) Riqueza de especies.

En cada localidad visitada, se estimó la riqueza de especies por medio de 10 transectos de banda, tendidos en dirección perpendicular a la playa y cuyo punto de inicio se marcó con un posicionador

geográfico por satélite (precisión ± 30 m). Cada unidad de muestreo tuvo 50 m de largo por 2 m de ancho (1,000 m² totales por lugar) y fue recorrida por una pareja de buzos, quienes observaban independientemente una franja que ocupaba la mitad del área del transecto. Las especies vistas fueron identificadas usando los trabajos de Wells (1983), Veron (1986), Veron y Pichon (1976, 1980), Reyes Bonilla (1990) y Hodgson (1995). La clasificación general seguida (de Phylum a Género) fue la de Vaughan y Wells (1943), con las modificaciones de Veron (1993, 1995) y Hoeksema (1989; exclusivamente para la Familia Fungiidae Dana, 1846). A nivel especie, se utilizó el arreglo taxonómico aparecido en López Pérez (1996) que incluye los últimos cambios publicados, siendo los más importantes aquellos de Wells (1983) y Veron (1993, 1995).

Los datos de número de especies por transecto ($n=100$) sirvieron para comparar la riqueza específica entre los sitios, empleando para ello un análisis de varianza paramétrico de una vía, modelo I, $\alpha=0.05$, ya que aunque no se cumplieron los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov $KS=0.18$; $P=0.003$), sí existió homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett: $B=1.07$; $P=0.76$), lo que permite la aplicación de pruebas paramétricas (Zar, 1996). Dado que se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias que fundamenta el análisis (ver sección "C" de Resultados), la prueba a posteriori de Tukey fue usada para determinar el origen de las diferencias entre tratamientos (localidades, en este caso), siguiendo las recomendaciones de Day y Quinn (1989) y Zar (1996).

Para complementar esta estimación de riqueza y obtener un listado definitivo de especies para cada localidad, se hizo una recopilación, tanto de los taxa registrados en los transectos, como de aquellos

observados y colectados en la zona, de las especies registradas en literatura, y de aquellas de las cuales hubiera especímenes depositados en el MHNUABCS.

d) Procesamiento y catalogación del material.

Los organismos colectados fueron limpiados de tejido vivo, sumergiéndolos por varios días en una solución de agua con cloro comercial a concentraciones variables (más altas para corales masivos como Porites Link, 1807, y menores para los ramificados como Pocillopora Lamarck, 1816). Posteriormente se dejaron secar al sol y fueron identificados con las claves e ilustraciones de Wells (1983), Veron (1986), Veron y Pichon (1976, 1980), Reyes Bonilla (1990) y Hodgson (1995). Cada ejemplar fue etiquetado con los datos básicos (nombre, fecha y localidad de colecta, colector, etc.), y catalogado en tarjetas, en las bases de datos de CONABIO, y en la colección del MHNUABCS, previo a su depósito en la misma.

Además de obtener las identificaciones y nombres válidos de las especies encontradas, se hizo una revisión de la distribución geográfica y las sinonimias conocidas para las mismas en la región del Pacífico oriental, usando literatura consultada en las bibliotecas de la UABCS, UNAM, CICESE, UABC, Instituto Oceanográfico Scripps (San Diego, E.U.A.), Museo de Historia Natural del Condado de Los Angeles (Los Angeles, E.U.A.), e Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (Panamá, Panamá). En adición, recibimos (y enviamos) material y papelería al Instituto Smithsonian (Washington, E.U.A.), la Universidad de Miami (Miami, E.U.A.) y al Instituto Australiano de Ciencias Marinas (Townsville, Australia), con fines de validación de ejemplares e intercambio de información.

e) Análisis de similitud y tasa de cambio faunístico.

Con la información de riqueza total, se estimó el nivel de semejanza cualitativa entre las

localidades estudiadas, por medio del índice de similitud de Jaccard (Krebs, 1989). La matriz resultante se condensó en un dendrograma de agrupamiento trazado con la técnica de ligamiento promedio no ponderado (UPGMA) (Krebs, 1989), Posteriormente, se calculó el índice de diversidad beta de Wilson y Shmida (Magurran, 1989), el cual señala la tasa de cambio cualitativo entre sitios adyacentes dentro de un gradiente ecológico o geográfico determinado, el cual en el caso del Golfo de California fué la latitud, y para las Islas Revillagigedo, la longitud.

fj Bases de datos.

La información obtenida para cada ejemplar fue capturada en la base de datos "CORAL.MDB", usando el manejador BIOTICA, y ocasionalmente, el programa ACCESS, versión 7.0. Además de la base obligatoria, se crearon cuatro bases más en formato EXCEL (*.XLS), siguiendo lo establecido en el convenio. La primera ("TRANSECTO.XLS") incluye datos sobre la riqueza de especies y géneros encontrados dentro de los transectos aplicados en el Golfo de California y las Islas Revillagigedo, así como información sobre la profundidad máxima y la localidad de muestreo. La base "SIMILITUD.XLS" incluye los datos sobre similitud y cambio faunístico (índices de Jaccard y diversidad beta), entre todos los pares de localidades. La base "FACTORES.XLS" muestra los valores de riqueza de especies y géneros, así como información sobre la incidencia de ciclones (número promedio por año, durante los últimos 25 años) y la temperatura superficial (promedio, máxima, mínima e intervalo, entre 1960 y 1990), obtenidos respectivamente de la base de datos de la Comisión Nacional del Agua, Delegación La Paz, y del CD-ROM "Comprehensive Oceanographic and Atmospheric Data Set" (COADS), compilado por la Agencia Oceanográfica y Atmosférica de los E.U.A. (NOAA). En adición, incluye los valores promedio de la concentración de pigmentos fotosintéticos en superficie (en unidades de mglm^3), extraídos de imágenes tomadas por el satélite Coastal Zone Color Scanner, entre 1979 y 1984; esta información fue facilitada por el personal del grupo de investigación en

Fluctuaciones Pesqueras del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). La cuarta base complementaria que se generó ("CORRELAC.XLS"), presenta los valores del índice de correlación no paramétrico de Spearman (Zar, 1996), aplicado a los datos de número de especies y géneros por localidad, y a los de temperatura y productividad ya descritos. También muestra los valores de significancia de las pruebas ("P"). Se decidió utilizar este tipo de análisis, ya que su equivalente paramétrico (coeficiente de Pearson) requiere normalidad de las variables comparadas (Zar, 1996), la cual no se presentó. Así mismo, el coeficiente sólo es sensible a la presencia de relaciones lineales entre factores (Sokal y Rohlf, 1995), la cual difícilmente aparecería. Por ello, no consideramos recomendable su uso en nuestro caso particular.

RESULTADOS

al Revisión de localidades.

En esta sección se hará una descripción de las zonas estudiadas en el Golfo de California y las Islas Revillagigedo durante el desarrollo de este proyecto. En general, en el golfo y las Revillagigedo casi no existen arrecifes coralinos en el sentido construccional, pero hay abundantes agrupaciones o parches de colonias individuales ocupando fondos rocosos entre los 0 y 30 m de profundidad. No obstante, la cobertura de coral sobre el sustrato puede ser alta, alcanzando hasta >30% en San Gabriel y Bahía Chileno (Beltrán Ramírez y Reyes Bonilla, 1998). Las zonas de Cabo Pulmo, La Catedral (cerca de San Gabriel), Clarión y San Benedicto sí presentan arrecifes, es decir, estructuras coralinas bien cementadas, aunque pequeñas (normalmente menores a 10 ha) y con espesores de entre 1.5 y 4 m, las cuales se componen principalmente de Pocillopora spp. y Porites spp. En el resto del Pacífico mexicano encontramos comunidades de coral en casi todos los estados costeros (exceptuando Chiapas; Reyes Bonilla y López Pérez, en prensa), pero arrecifes únicamente en Oaxaca (Leyte Morales, 1996, Glynn y Leyte Morales, 1997) y Nayarit (Carriquiry y Reyes Bonilla, 1997).

A pesar de su relativa escasez, las comunidades y arrecifes coralinos del Pacífico de México tienen una enorme importancia a nivel regional, dado que como consecuencia del fenómeno de Oscilación Sureña de El Niño ocurrido en 1982-83, sus homólogos de la zona de Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador (que hasta entonces eran los mejores desarrollados en América occidental; Glynn y Wellington, 1983), sufrieron blanqueamientos (pérdidas de zooxantelas) y mortalidades de entre el 75% al 95% de las colonias (Glynn, 1990); tal situación incluso llevó a la extinción total y local de algunas especies (Glynn, 1997b). Desafortunadamente, el estado actual de tales comunidades es aún más crítico, ya que la pérdida de la estructura arrecifal causada por erosionadores (en especial, erizos del género Diadema Gray, 1825) alcanza cifras de toneladas de carbonato al año (Eakin, 1996), el recutamiento coralino ha sido notablemente bajo (Cortés, 1997), y El Niño de 1997-98 ha vuelto a afectar las poblaciones (P.W. Glynn, Univ. de Miami, in litt., 1998). No hay evidencia alguna que las

comunidades mexicanas hayan sufrido daño en 1982-83, pero esto es posible ya que los eventos ENSO de 1987 y 1997 causaron blanqueamientos y ligeras mortalidades en corales de los géneros Pocillopora y Pavona Lamarck, 1801 en el Golfo de California, las Revillagigedo, Nayarit y Oaxaca (Reyes Bonilla, 1993b; Reyes Bonilla et al., 1998; G. Leyte Morales, Univ. del Mar, in litt., 1998). No obstante, el nivel de disturbio real y potencial experimentado fue significativamente menor al registrado en América Central.

En aguas someras del golfo y las Revillagigedo, es conspicuo el dominio en abundancia que tienen los corales del género Pocillopora. Sin embargo, otros taxa representan la mayor cobertura a profundidades superiores a 15 m, o en áreas expuestas al oleaje, quizá porque los pocilopóridos requieren de altas irradiancias para su sobrevivencia (Spencer Davies, 1991) y no soportan la desecación (Glynn y Maté, 1996) ni la dinámica extrema del océano (Veron y Pichon, 1976). Las estructuras coralinas visitadas en el Mar de Cortés mostraban una zonación débil, siendo más comunes Porites panamensis Verrill, 1866, en agua somera, Pocillopora verrucosa (Ellis y Solander, 1786) y P. damicornis (Linnaeus, 1758) a profundidades medias, y Pavona gigantea Verrill, 1869 y Psammocora stellata (Verrill, 1866) en la base arrecifal, aunque podía verse a cualquier especie indistintamente en las zonas. Por otro lado, las Revillagigedo tenían una zonación mucho más clara, con Porites lobata Dana, 1846 típicamente en zonas de entremarea y laguna arrecifal, Pocillopora verrucosa y P. eydouxi **Mime** Edwards y Haime, 1860 formando el frente arrecifal, y Pavona varians Verrill, 1864 y Psammocora superficialis Gardiner, 1898, en el talud.

En el resto de las comunidades de coral del Pacífico mexicano, Pocillopora también es el género más importante, seguido por Porites y Pavona (Reyes Bonilla, 1993a). Similar a lo visto en el golfo, la zonación es muy ligera en Nayarit, Colima, Jalisco y Guerrero (Carriquiry y Reyes Bonilla, 1997; obs. pers.), mientras que en Oaxaca y las Revillagigedo, la distribución espacial de las especies sigue un patrón más evidente, el cual es muy semejante entre ellas (Glynn y Leyte Morales, 1997; Ketchum Mejía, 1998).

Durante este estudio, cerca de la isla San José (Golfo de California), y a profundidades de entre 20 y 30 m, encontramos una comunidad atípica constituida básicamente de corales de la especie Fungia

distorta Michelin, 1842, con apariciones ocasionales de F. curvata Hoeksema, 1989 y de coralitos de Porites sverdrupi y de Psammocora spp. (López Forment, 1997; Reyes Bonilla et al., 1997). En el Pacífico oriental sólo se tiene conocimiento de otra del tipo, registrada en las Islas Galápagos, Ecuador (Glynn, 1994; Feingold, 1996). Se llevaron a cabo cuatro transectos en el "manto coralino" de la Isla San José (Tabla 3), debido a que al estar formado por algunos de los taxa más raros de la región (Glynn y Maté, 1996), fue considerado importante para los objetivos de este estudio. A grandes rasgos, el manto presenta números enormes de colonias individuales de F. distorta (cerca de 800 por metro cuadrado) y cubre una superficie mayor a una hectárea (López Ferment, 1997).

b) Estado de la colección.

Durante el estudio, se incorporó un total de 850 ejemplares a la colección del MHNUABCS, pertenecientes a 22 especies observadas en campo, y a cinco formas aún no determinadas de los géneros Pocillopora y Porites (promedio de 31 ejemplares por especie, u 85 por localidad; Tabla 1). Cada registro incluye todos sus datos de referencia, los cuales aparecen en la base de datos "CORAL.MDB", entregada en disco junto con el presente informe. Las especies mejor representadas en la colección son Pocillopora damicornis, con 115 ejemplares, y Porites panamensis, con 100 especímenes. Similarmente, el género Pocillopora cuenta con el mayor número de colonias colectadas (328; 39% del total). Cabe señalar que la cantidad de organismos registrados por especie no refleja directamente la abundancia relativa de las mismas en el sitio de muestreo (aunque en general, aquellas más colectadas tendieron a ser las más abundantes), y que a pesar de que un cierto número de colonias ya estaban físicamente en el museo, hasta este momento han sido adecuadamente identificadas y preparadas.

En el convenio de este proyecto se acordó presentar la información sobre 700 ejemplares de coral, provenientes de 10 localidades (promediando alrededor de 70 ejemplares por localidad). Sin embargo, la cifra real incorporada a las colecciones y bases de datos fue mucho mayor (850 especímenes; un incremento del 21 % a la cifra supuesta), e incluye 579 organismos colectados en campo en el Golfo de California (1995-97), y otros 271 más, extraídos de las Revillagigedo tanto en expediciones previas, como en el

trabajo de campo realizado ex profeso para este proyecto. Dado que la información que aquí aportamos a la base final de datos es relevante, pensamos que esta modificación al arreglo inicial no causará problemas a los grupos técnicos de CONABIO.

Es importante señalar que gracias al esfuerzo realizado, el MHNUABCS cuenta ya con la colección activa de corales más importante del país. A la fecha tiene más de 1,000 especímenes catalogados y cerca de 200 en proceso de incorporación. Incluye material de todas las especies hermatípticas conocidas en el Pacífico de México (exceptuando una: Porites baueri Squires, 1959, endémica de las Islas Marías, Nayarit), de más de 20 taxa del Caribe- Atlántico, así como de una docena de especies de aguas profundas del occidente de México (Reyes Bonilla y Barjau González, 1998). A nivel nacional sólo existe una que rivalice en el número de ejemplares depositados: la del Centro de Investigación y Estudios Avanzados de Mérida (I.P.N.), formada por el Dr. Vassil Zlatarski durante la década pasada. Irónicamente, tal colección no se encuentra disponible para ser usada por la comunidad científica debido a la falta de un local donde pueda ser mantenida y presentada adecuadamente.

c) Riqueza de especies.

Como se mencionó, en el presente estudio se encontraron 22 especies, pertenecientes a 5 géneros, de las que ya se ha obtenido su clasificación taxonómica completa y su distribución, así como todas las sinonimias registradas en el Pacífico oriental (Tabla 2); la base de datos resultante del proyecto (CORAL.MDB) incluye esta información, junto con la de las cuatro formas no determinadas del género Porites, descubiertas en las Revillagigedo, y una del género Pocillopora, encontrada en el arrecife de San Gabriel (Bahía de La Paz)

Como puede verse, el número de especies conocido en las Revillagigedo (a partir de datos de campo y literatura) es mucho mayor al de las localidades del golfo (Tablas 1 y 3). El hallazgo coincide con lo registrado por otros autores que han estudiado esta fauna (López Pérez, 1996; Ketchum Mejía, 1998), y debe tener su origen en la particular posición geográfica del archipiélago, que le permite recibir propágulos (larvas o colonias adultas fijadas a objetos flotantes) desde América y del Indo Pacífico; de hecho, repetidamente se ha sugerido o mostrado que estas islas funcionan como puente de colonización de muchos taxa de vertebrados e invertebrados provenientes del oeste, y presentan una interesante mezcla de faunas americanas y asiáticas (Allen y Robertson, 1994; Bautista Romero et al., 1994; Reyes Bonilla y López Pérez, en prensa).

Comparando con otras zonas del Pacífico mexicano (Tablas 1 y 5), notamos que las Revillagigedo y el Golfo de California poseen algunas de las localidades con mayor riqueza de corales. El por qué áreas tan norteñas como estas presentan un elevado número de taxa no se conoce, sin embargo puede aventurarse la hipótesis de que en ellas debe haber mayor área de plataforma colonizable por corales, o bien un mosaico más variado de microambientes. Ambas opciones deben ser probadas en estudios más detallados y enfocados a este aspecto. Es interesante denotar que el Golfo de California ha sido una zona con alto número de especies de coral desde hace al menos 3 millones de años, quizá porque éste funcionó como zona de refugio para taxa de aguas cálidas durante el Pleistoceno (Reyes Bonilla, 1992; Veron, 1995; Paulay, 1996).

El análisis de los organismos obtenidos de campo en el Golfo de California, mostró que hubo un promedio de 9.6 ± 1.0 especies por localidad (incluyendo transectos y colectas. Tabla 3; Total B), habiendo la máxima riqueza en la bahía San Gabriel (12 taxa) y la isla San José (11 taxa), y la mínima en Bahía Chileno (8 taxa). Por su parte, en las Islas Revillagigedo encontramos una media de 15.3 ± 3.7 especies por localidad (Tabla 3; Total B), siendo Isla Socorro la de mayor riqueza y Clarión la de menor (19 y 13 especies respectivamente). De nuevo se denota la mayor riqueza específica de corales en el archipiélago, comparativamente con el golfo.

En contraste con los resultados descritos, el análisis de varianza y la prueba a posteriori aplicadas a los datos de los transectos (base "TRANSECTG.XLS"), indicaron que aunque hubo diferencias significativas en la riqueza de especies por localidad ($F_{9, 91} = 2.88$; $P = 0.005$. Tabla 4), el valor promedio fue muy similar en todas las localidades,

diferiendo sólo entre Bahía Chileno (sitio de mayor riqueza encontrado) y un grupo formado por Bahía San Gabriel y Punta Pericos (todos, sitios pertenecientes al Golfo de California). La discrepancia notable en las conclusiones arrojadas por los análisis descritos se puede deber fundamentalmente a una particularidad encontrada durante nuestra investigación: sólo un cierto porcentaje de las especies que habitaban una zona específica, aparecieron en los transectos (Tabla 3). Este patrón se presentó posiblemente porque el área cubierta en los recorridos fue pequeña en relación al área arrecifal total, o bien, porque la ligera pero detectable zonación coralina o las preferencias de hábitat, hicieron que especies que ocupaban sitios particulares (profundos, en acantilados, etc.), no se hallaran en los transectos. También es importante el tomar en cuenta que la baja cobertura (es decir, abundancia) de algunas taxa debió causar errores de muestreo e influyó en el hecho de que no fueran censados, aún si crecían en zonas adyacentes a las revisadas en el transecto. Nuestros resultados muestran la importancia de conducir estudios con diferentes enfoques y metodologías, si el interés es el de conocer detalladamente el listado de especies de una localidad dada.

Revisando la información publicada sobre comunidades coralinas del Pacífico oriental, notamos que ningún autor hace referencia explícita a la discrepancia en el número real de especies en una zona, y el encontrado en muestreos con áreas de observación limitadas. Sin embargo, puede verse que comúnmente existen taxa en los listados definitivos, que no fueron vistos en los transectos (U. Glynn *et al.*, 1982; Guzmán y Cortés, 1989; Holst y Guzmán, 1993; Carriquiry y Reyes Bonilla, 1997); es decir, el problema es generalizado, y puede tener las mismas causas aquí sugeridas.

Pasando a otro asunto, en los informes anteriores se mencionó que a raíz de la información disponible, sabemos que al menos tres especies (Porites sverdrupi, Fungia curvata y Psammocora brighami (Vaughan, 1907), parecen haber desaparecido de algunas zonas donde antes fueron registradas en el Golfo de California, ya que no hay observaciones recientes de campo (Reyes Bonilla, 1990, 1992, 1993a) ni fueron localizadas durante nuestras visitas en 1996-97. El fenómeno de la ocasional extinción local de especies de coral que habitan zonas aisladas no es nuevo (Veron, 1995); incluso, está muy bien documentado en el Pacífico oriental (Wilson, 1990; Glynn, 1994, 1997b) y puede evidenciar que la fauna de corales de la región se encuentra en "desequilibrio" o alejada de su punto de saturación (Cornell, 1993).

En el caso particular de las tres especies citadas, es probable que tanto Fungia como Psammocora no se

hayan extinto localmente, sino que por ser naturalmente poco abundantes u ocupar hábitats crípticos, de difícil acceso o alejados de la zona coralina principal, simplemente no hayan sido observados. Sin embargo, Porites sverdrupi (el único coral hermatípico endémico del golfo; Reyes Bonilla, 1993a; Glynn, 1997a) ha llamado la atención debido a que su ámbito de distribución se ha reducido notablemente en las últimas décadas. En 1947, la especie fue colectada en casi todo el golfo, y no se mencionaba que fuera escasa (Durham, 1947); luego volvió a ser observada en muchas localidades de este mar interior, e incluso fuera del mismo (en las Islas Marías; Squires, 1959). Sin embargo, no se hicieron más referencias sobre la misma en la literatura (e. c. Brusca, 1980, Glynn y Wellington, 1983). Reyes Bonilla (1990) llamó la atención de este hecho, y más tarde externó que posiblemente la especie estuviera en franco proceso de desaparición (Reyes Bonilla, 1993a). Los resultados del presente proyecto remarcan de nuevo que P. sverdrupi es cada vez más rara en el golfo, por lo que podría recomendarse el que se incluyera en la Norma Oficial Mexicana, como especie en peligro de extinción.

Desde el punto de vista biogeográfico, 19 de las 22 especies encontradas en el área de estudio son colonizadoras del Indo Pacífico (Tabla 2; Veron, 1993), mientras que las tres restantes sólo habitan en la costa occidental americana (López Pérez, 1998; Glynn, 1997a). Es importante señalar que varias especies observadas durante el estudio no habían sido registradas previamente para algunas localidades específicas (Tabla 1), aunque se sabía de su presencia en áreas cercanas. Tales descubrimientos muy posiblemente son el resultado de que la mayoría de los estudios realizados en el golfo y las Revillagigedo (resumidos en Reyes Bonilla, 1993a; Ketchum y Reyes Bonilla, 1997) habían sido en general muy puntuales y de corta duración. Sin embargo, los hallazgos de Pocillopora eydouxi, Psammocora superficialis y Pavona minuta Wells, 1954 en el Golfo de California, realmente representan nuevos registros regionales; para aquilatar su importancia, cabe señalar que los últimos de su tipo fueron los de Pocillopora damicornis y Fungia curvata, que datan de hace al menos 40 años (Durham, 1947; Squires, 1959).

Los nuevos registros indican que el proceso de colonización coralina en el golfo no se ha detenido. El origen de las larvas que fundaron las poblaciones que encontramos no puede ser determinado con precisión; sin embargo, considerando que las tres especies habitan desde el borde oeste del Pacífico hasta las Revillagigedo (Veron, 1993) y en la región de Nayarit- Colima- Jalisco (Carriquiry y Reyes Bonilla, 1997; A. Cupul Magaña, Univ. de Guadalajara, Puerto Vallarta, com. pers. 1997), y basándonos en el patrón predominante de corrientes en la boca del golfo (Wyrski, 1965), es factible el que esos corales hayan llegado inicialmente al archipiélago desde el Indo Pacífico, luego a terreno continental, y que

actualmente estén colonizando el golfo. Su entrada debe haberse llevado a cabo aprovechando el transporte de la Corriente Costera de Costa Rica, que en verano y otoño penetra al Mar de Cortés (Alvarez Borrego, 1983). Se ha sugerido que en años cuando se presenta El Niño, el mayor volumen de agua transportado desde el oeste del Pacífico y la mayor velocidad de la Contracorriente Norecuatorial, han facilitado la llegada de multitud de taxa a las costas americanas (Richmond, 1990; Allen y Robertson, 1994; Glynn et al., 1996). En el caso de los escleractinios, Acropora valida Dana, 1846 ejemplifica claramente el fenómeno, al haber sido encontrada por primera vez en América en 1984 (Von Prahll y Mejía, 1985).

Durante nuestro estudio encontramos cinco taxa o formas que a la fecha no han podido ser identificados adecuadamente. Uno de ellos, Pocillopora sp., fue colectado en el arrecife de "La Catedral" (adyacente a Bahía San Gabriel), y su morfología corresponde a la de una especie aún no descrita que habita en el atolón Clipperton (Glynn et al., 1996). Además, hay cuatro morfotipos de Porites que no ha sido determinados taxonómicamente con seguridad, ya que presentan características comunes entre especies del mismo género, o bien, estructuras esqueléticas que no corresponden a las típicas de las especies del género que habitan en América. Parte de este material fue enviado a Australia para ser determinado, y al respecto, el Dr. J. E. N. Veron (AIMS, Townsville, in litt., 1997), el principal experto mundial en taxonomía de corales, nos hizo saber que las colonias parecen pertenecer a nuevas "especies", probablemente originadas por eventos de hibridación entre taxa genéticamente similares (probablemente Porites lobata, P. lutea Milne Edwards y Haime, 1860, P. lichen Dana, 1846 y P. australiensis Vaughan, 1918). Estudios detallados de la morfología de los cálices apoyan esta sugerencia (Ketchum Mejía, 1998; López Pérez, en prep.).

La mencionada hibridación interespecífica es un claro ejemplo de la llamada "evolución reticular" coralina (sensu Veron, 1995), proceso que teóricamente debe llevar a una especiación real (Willis et al., 1997). Las formas intermedias encontradas en nuestras visitas, junto con el material descrito para el atolón Clipperton (Glynn et al., 1996), muestran que en las islas oceánicas del borde oriental de la Placa tectónica del Pacífico se ha favorecido la ruptura de los mecanismos de aislamiento reproductivo de varias especies, quizá con base en su propensión natural a la hibridación (Veron, 1995), a su pequeño tamaño poblacional y a la consecuente deriva genética (Willis et al., 1997). Es decir, podemos considerar al Archipiélago

Revillagigedo como una de las fuentes más importantes de endemismo coralino en el Pacífico americano. Esta conclusión es una de las más importantes de todo el estudio.

d) Análisis de similitud y tasa de cambio faunístico.

Para este apartado se utilizaron los datos de riqueza total por localidad, incluyendo especies observadas en transectos, colectas de campo, ejemplares del MHNUABCS y datos de literatura. Esto se hizo con el fin de tener una visión más detallada y hacer más fino el análisis. Las tablas con los valores completos se presentan en el archivo SIMILITUD.XLS, incluido en el disco.

Los valores del índice de similitud de Jaccard y el dendrograma obtenido (Figura 1) mostraron que las comunidades del Golfo de California y las Revillagigedo son muy diferentes entre sí, siendo aquellas de las islas Cerralvo y San Benedicto las más atípicas dentro de sus particulares grupos. Por otro lado, los valores del índice de diversidad beta (promedio 0.24 ± 0.13) indicaron que a pesar de que las zonas adyacentes estudiadas no se encuentran demasiado alejadas entre sí (menos de 100 km entre cada una en su mayoría), pueden detectarse cambios importantes en la composición específica de las mismas. El índice dejó ver también que entre el golfo y las Revillagigedo hay una fuerte diferencia faunística (Figura 2), y que cada región mantiene un nivel relativamente constante de tasa de cambio. La ruptura entre los tipos de especies del golfo y las Revillagigedo, señala que la zona de frentes permanentes situada exactamente entre ambos lugares (Ketchum y Reyes Bonilla, 1997), funciona bien como un filtro biogeográfico para los corales, ya que los cambios de salinidad y temperatura deben impedir o dificultan la sobrevivencia de las larvas plánulas (Veron, 1995).

Comparaciones realizadas usando los mismos índices, pero aplicadas a escalas geográficas mucho mayores (López Pérez, 1996) muestran que los valores de similitud aquí encontrados son relativamente altos, mientras que los de tasa de cambio faunístico están entre los más bajos de la región del Pacífico oriental. Es decir, es muy posible que dentro de nuestra zona de estudio, el flujo de larvas y la colonización procedan prácticamente sin trabas. Además, considerando que ocasionalmente debe haber transporte larval entre el golfo y las Revillagigedo (Reyes Bonilla *et al.*, en prensa), se podría decir que las especies "recién colonizadoras" del archipiélago tienen buenas posibilidades para establecerse en el futuro

en otras zonas de la costa occidental mexicana.

e) Análisis numérico.

La importancia del estudio de la relación arrecife- ambiente ha ido tomando mayor relevancia, ya que incluso en sitios aparentemente muy estables como la Gran Barrera de Arrecifes o el Caribe, los cambios oceánicos recientes (elevación de la temperatura, eutroficación, etc.), muchos al parecer de origen antropogénico, han impactado negativamente a los sistemas arrecifales en escalas grandes de tiempo y espacio (Jameson et al., 1995; Jackson, 1997). Bajo esta perspectiva, se denota la relevancia de desarrollar estudios al respecto de la relación entre la estructura comunitaria de los arrecifes del Pacífico mexicano, y las particulares condiciones oceánicas que constituyen sus hábitats.

A pesar del aumento en el interés sobre los corales del occidente del país, a la fecha casi no se han conducido análisis sobre las relaciones entre la composición comunitaria y algún factor oceanográfico. La única excepción (Reyes Bonilla, 1993c) tomó en cuenta la relación de tres descriptores (riqueza, diversidad y uniformidad de especies) y la cantidad de luz incidente dentro del arrecife de Cabo Pulmo, mostrando que aunque no afectaba significativamente a los corales como grupo, sí lo hacía sobre taxa particulares como Pocillopora spp. A nivel regional, Glynn y Stewart (1973), Glynn (1977) y Glynn y Wellington (1983) revisaron el efecto de la temperatura superficial oceánica y las surgencias sobre el crecimiento de algunas especies en Panamá y las Galápagos, mientras que Glynn y D'Croz (1990) y Maté (1997) hicieron experimentos para demostrar la influencia de la temperatura y los nutrientes sobre corales colectados en Panamá. Sin embargo, sólo un trabajo, el de D'Croz y Robertson (1997), comparó el desarrollo coralino en las costas del Caribe y el Pacífico de Panamá con base en las diferencias oceanográficas de ambos sitios. Sus conclusiones remarcan la importancia de la estabilidad ambiental y de las condiciones oligotróficas para la sobrevivencia y crecimiento arrecifal.

Los análisis de correlación que se llevaron a cabo en el presente estudio entre la riqueza de especies y los valores de temperatura, concentración de pigmentos oceanográficos y frecuencia de ocurrencia de ciclones (bases "FACTORES.XLS" y "CGRRELAC.XLS"), resultaron significativos en su mayoría; sin embargo, esta situación no se presentó cuando usamos el número de géneros por localidad como variable

de respuesta (Tabla 6). La falta de relación mencionada debe ser consecuencia de que la riqueza de géneros fue notablemente semejante en las diez localidades visitadas (Tabla 3), por lo que no se discutirá en detalle.

La correlación de la riqueza de especies con las distintas medidas de temperatura empleadas tendió a ser alta (Tabla 6). Puede verse que la temperatura promedio de las localidades y su nivel de variación, fueron de los factores que mejor explicaron la varianza en el número de especies, aunque actuaron en sentidos opuestos. Esto es, mientras que a mayor temperatura promedio en un arrecife, mayor riqueza de especies, también encontramos que en sitios donde la temperatura era más estable (con menores variaciones), la riqueza resultó ser mayor. Ambos hallazgos eran de esperarse, ya que temperatura promedio y su estabilidad a lo largo del año son de los factores más importantes para determinar la riqueza y distribución de los escleractinios (Veron, 1986; 1995).

Menos predecible fue la relación negativa entre la riqueza y la temperatura máxima alcanzada históricamente en cada localidad. El patrón puede deberse al hecho de que los corales hermatípicos tienden a vivir cerca de sus límites máximos de tolerancia a la temperatura (Veron, 1995). Ello los lleva a que una elevación de sólo algunos grados tenga efectos catastróficos sobre las comunidades, al causar blanqueos y otros problemas fisiológicos a las colonias (Brown, 1997); así, en sitios donde se tienden a alcanzar temperaturas demasiado elevadas, la riqueza debe disminuir como resultado de la eliminación selectiva de taxa menos adaptados (Buddemeier y Fautin, 1993).

Los restantes factores analizados variaron en su importancia. A pesar de que repetidamente se ha hablado de la necesidad de la presencia de bajos niveles de productividad como condición para que el desarrollo arrecifal sea adecuado (e.g. Veron, 1995; Birkeland, 1996), en nuestro caso la concentración de pigmentos fotosintéticos en superficie no pareció afectar la riqueza de especies (Tabla 6), aunque sí existió una relación negativa entre ambos. Las explicaciones de este resultado no son sencillas, pero especulativamente, es probable que la baja en diversidad de las comunidades de la boca del golfo (Bahía Chileno, Punta Pericos, etc.) oscurezca la relación, al presentarse ésta en sitios de baja productividad. Otra opción es que el factor pigmentos sí afecte a la riqueza, pero tenga menor importancia que otros

(temperatura, área de plataforma, etc.), de modo que se vea obliterado por ellos. La pregunta queda abierta, y debe ser atacada con estudios mejor dirigidos para clarificarla.

La frecuencia de ocurrencia de ciclones fue el último factor revisado. Su correlación con la riqueza fue la más alta encontrada (Tabla 6) y además, positiva, lo que contradice lo intuitivamente esperado, dado que los ciclones son eventos destructivos que deberían bajar la diversidad coralina, no incrementarla. Esta visión de la relación del disturbio y la riqueza específica es típica de los libros de texto, pero ha sido desmentida y dado lugar a un nuevo paradigma: la hipótesis del disturbio intermedio (Connell, 1978). En resumen, esta idea indica que en sitios donde existen pocos factores abióticos que afecten a las poblaciones, éstas entrarán en competencia. Las mejor adaptadas eliminarán al resto, y la diversidad bajará. Similarmente, en lugares muy variables donde las poblaciones sufren cambios drásticos como resultado del ambiente, la diversidad también será reducida. En contraste, en aquellos hábitats donde exista suficiente disturbio (ni excesivo, ni mínimo), el cual afecte preferencialmente a las especies dominantes (muchas veces por cuestiones meramente probabilísticas), la riqueza específica será magnificada.

El disturbio intermedio es una de las ideas con mayor empleo en análisis comunitarios de arrecifes a nivel mundial (e.g. Connell, 1997; Hubbell, 1997), y explica bien la correlación encontrada en el presente estudio, ya que en lugares con una excesiva frecuencia de ciclones (como Isla Clarión) o donde prácticamente no se presentan (como isla San José) hay menor riqueza que en otros donde la cifra se encuentra dentro de los dos extremos (como Cabo Pulmo o Isla Socorro). Sería recomendable el tratar de confirmar esta hipótesis con datos de otros arrecifes en México, tanto en el Pacífico como en el Caribe-Atlántico.

Para concluir esta sección, vale la pena hacer un comentario. Los valores utilizados de concentración de pigmentos y temperatura superficial corresponden a promedios anuales calculados con base en imágenes de satélite u otro tipo de medidores (barcos, estaciones oceanográficas, etc.) que cubren áreas mínimas de 0.5 grados de lado en precisión. Por otro lado, es bien sabido que las condiciones locales en la zona costera no necesariamente reflejan la dinámica del océano adyacente (Veron, 1993, 1995). En consecuencia, aunque las correlaciones presentadas fueron fácilmente explicables y tuvieron coherencia al respecto de los resultados esperados, las limitaciones de la técnica obligan a admitir que esta información debe ser tomada con las reservas del caso. Este tipo de problemas con los datos de satélite es ya un lugar común en los estudios biogeográficos de alcances regionales, pero a pesar de ello, la técnica sigue siendo usada al representar la mejor forma de trabajar con sistemas que se desarrollan en escalas medianas y largas de tiempo y espacio. Por ello, y valorando las ventajas que ofrecen, no dudamos en recomendar el uso de sensores remotos dentro de la investigación en biología y zoogeografía marina en México.

f) Productos generados.

A partir de este proyecto, se generó una serie de reportes de servicio social, tesis, ponencias en congresos y trabajos publicados, los cuales aparecen listados en el Anexo 1; cabe señalar que varios de ellos ya han sido mencionados en informes anteriores. En este momento y con base en los resultados finales del estudio, se están preparando dos tesis de licenciatura y otros manuscritos que serán sometidos para publicación, entre los más relevantes, uno sobre la estructura de las comunidades coralinas del sur del Golfo de California (el cual presentará datos de una de las tesis de licenciatura, y que quedará concluida a mediados de 1998), y otro sobre los nuevos registros aquí obtenidos. El listado de los productos del proyecto se presentan en el Anexo 1,

CONCLUSIONES

- 1) Con base en los resultados de campo del presente estudio y la información de la literatura, encontramos que dentro de la región comprendida por el sur del Golfo de California y las Islas Revillagigedo habita un total de 22 especies coralinas pertenecientes a 5 géneros, así como cinco formas no determinadas taxonómicamente (de dos géneros). A nivel local, en el golfo habitan 12 especies y una forma, y en las Revillagigedo 19 especies (además de 4 formas). La mayoría de los escleractinios de la zona estudiada son taxa colonizadores, provenientes de la región del Indo Pacífico.
- 2) Durante el estudio se recolectó y sistematizó un total de 850 ejemplares de coral (un promedio de 85 por localidad), representantes de todas las especies y formas conocidas en las áreas trabajadas.
- 3) El análisis de similitud entre localidades mostró que la fauna coralina de las Revillagigedo es notablemente distinta a la del Golfo de California. Al mismo tiempo, la semejanza cualitativa de las comunidades visitadas dentro de cada zona geográfica fue alta, indicativo de un potencialmente alto nivel de flujo larval. La diversidad beta evidenció que la boca del golfo marca un fuerte diferencial en el tipo de especies que habitan las regiones estudiadas, quizá causado por la presencia local y permanente de frentes oceanográficos. Por ello, la entrada del Mar de Cortés puede llegar a comportarse como un filtro biogeográfico para los escleractinios.
- 4) La riqueza de especies presentes en las localidades visitadas estuvo altamente correlacionada con las temperaturas promedio y máxima, y con la frecuencia de ocurrencia de ciclones. En el primer caso, la relación coincide con lo esperado, considerando que la temperatura es uno de los factores más importantes para definir la distribución y riqueza de los corales a nivel mundial. Sin embargo, el efecto positivo de los ciclones sobre la riqueza no es intuitivamente obvio, aunque queda bien explicado bajo la perspectiva de la hipótesis de disturbio intermedio.
- 5) Los hallazgos de Pocillopora eydouxi, Psammocora superficialis y Pavona minuta en el Golfo de California, representan los primeros nuevos registros para este mar interior desde hace más de 40

años, y demuestran que la colonización coralina hacia el golfo continúa.

- 6) Las cinco especies o formas no descritas encontradas en las Revillagigedo pueden ser en realidad nuevas especies producidas por hibridación interespecífica, reforzada por el aislamiento geográfico de las islas y la deriva genética. Bajo esta perspectiva, el archipiélago puede tomarse como una de las fuentes más importantes de endemismo coralino en el Pacífico americano.

LITERATURA CITADA

- Allen, G.R. y D.R. Robertson. 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. University of Hawaii Press, Honolulu. 332 p.
- Alvarez Borrego, S. 1983. Gulf of California. pp. 427-449. En: B.H. Ketchum (ed.). Estuaries and enclosed seas. Elsevier, Amsterdam.
- Bautista Romero, J., H. Reyes Bonilla, D. Lluch Cota y S. Lluch Cota. 1994. Aspectos generales sobre la fauna marina. pp. 247-275. En: A. Ortega Rubio y A. Castellanos Vera (eds.). La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. CIBNOR, La Paz.
- Beltrán Ramirez, V.H. y H. Reyes Bonilla. 1998. Estructura de la comunidad de siete arrecifes coralinos del sur del Golfo de California. Resúmenes del XI Congreso Nacional de Oceanografía. UABC, Ensenada (a ser presentada en Abril).
- Birkeland, C. 1996. Geographic differences in ecological processes on coral reefs. p. 273-287. En: C. Birkeland (ed.). Life and death of coral reefs. Chapman and Hall, New York.
- Brown, B. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. Proceedings of the 8 International Coral Reef Symposium, Panamá 1: 65-74.
- Brusca, R.C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona Press, Tucson. 312 p.
- Budd, A.F. y H.M. Guzmán. 1994. Siderastrea glynni, a new species of scleractinian coral (Cnidaria: Anthozoa) from the eastern Pacific. Proceedings of the Biological Society of Washington 107: 591-599.

- Buddemeier, R.W. y D.G. Fautin. 1993. Coral bleaching as an adaptive mechanism: a testable hypothesis. *Bioscience* 43: 320-326.
- Carriquiry, J.D. y H.Reyes Bonilla. 1997. Estructura de la comunidad y distribución geográfica de los arrecifes coralinos de Nayarit, Pacífico de México. *Ciencias Marinas* 23: 227-248.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Connell, J. H. 1997. Disturbance and recovery of coral reef assemblages. *Proceedings of the 8° International Coral Reef Symposium, Panamá* 1: 9-22
- Cornell, H.V. 1993. Unsaturated patterns in species assemblages: the role of regional processes in setting local species richness. pp. 243-266. En: R.E. Ricklefs y D. Schluter (eds.). *Species diversity in ecological communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Cortés, J. 1997. Biology and geology of eastern Pacific coral reefs. *Proceedings of the 8° International Coral Reef Symposium, Panamá* 1: 57-64.
- Day, R.W. y G.P. Quinn. 1989. Comparison of treatments after an analysis of variance in ecology. *Ecological Monographs* 59: 433-463.
- D'Croz, L. y D.R. Robertson. 1997. Coastal oceanographic conditions affecting coral reefs in both sides of the Isthmus of Panamá. *Proceedings of the 8° International Coral Reef Symposium, Panamá* 2: 2053-2058.
- Durham, J.W. 1947. Corals from the Gulf of California and the North Pacific coast of America. *Geological Society of America Memoir* 20: 1-46.
- Durham, J.W. y J. L. Barnard. 1952. Stony corals of the eastern Pacific collected by the Velero III and Velero IV. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 16: 1-110.

- Eakin, C.M. 1996. Where have all the carbonates gone? A model comparison of calcium carbonate budgets before and after the 1982-1983 El Niño at Uva Island in the eastern Pacific. *Coral Reefs* 15: 109-119.
- Feingold, J.S. 1996. Coral survivors of the 1982-83 El Niño- Southern Oscillation, Galápagos Islands, Ecuador. *Coral Reefs* 15: 108.
- Glynn, P.W. 1977. Coral growth in upwelling and nonupwelling areas off the Pacific coast of Panamá. *Journal of Marine Research* 35: 567-585.
- Glynn, P.W. 1990. Coral mortality and disturbances to coral reefs in the tropical eastern Pacific. pp. 55-126. En: P.W. Glynn (ed.). *Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño- Southern Oscillation*. Elsevier, Amsterdam.
- Glynn, P.W. 1994. State of coral reefs in the Galápagos Islands: natural vs. anthropogenic impacts. *Marine Pollution Bulletin* 29: 131-140.
- Glynn, P.W. 1997a. Eastern Pacific reef coral biogeography and faunal flux: Durham's dilemma revisited. *Proceedings of the 8^o International Coral Reef Symposium, Panamá* 1: 371-377.
- Glynn, P.W. 1997b. Assessment of the present health of coral reefs in the eastern Pacific. pp. 33-40: En: R.W. Grigg y C. Birkeland (eds.). *Status of coral reefs in the Pacific*. Sea Grant, Hawaii.
- Glynn, P.W. y R.H. Stewart. 1973. Distribution of coral reefs in the Pearl Islands (Gulf of Panamá) in relation to thermal conditions. *Limnology and Oceanography* 18: 367-379.
- Glynn, P.W. y G.M. Wellington. 1983. *Corals and coral reefs of the Galápagos Islands*. University of California Press, Berkeley. 330 p.
- Glynn, P.W. y L. D'Croz. 1990. Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Niño- coincident coral mortality. *Coral Reefs* 8: 181-191.
- Glynn, P.W. y J.L. Maté. 1996. *Field guide to the Pacific coral reefs of Panamá*. Smithsonian Tropical Research Institution, Panamá. 34 p.

- Glynn, P.W. y G.E. Leyte Morales. 1997. Coral reefs of Huatulco, west México: reef development in upwelling Gulf of Tehuantepec. *Revista de Biología Tropical* 45: 1033-1048.
- Glynn, P.W., H. von Prahll y F. Guhl. 1982. Coral reefs of Gorgona Island, Colombia, with special reference to corallivores and their influence on community structure and reef development. *Anales de Investigaciones Marinas de Punta del Betin* 12: 185-214.
- Glynn, P.W., J.E.N. Veron y G.M. Wellington, 1996, Clipperton atoll (eastern Pacific): oceanography, geomorphology, reef- building coral ecology and biogeography. *Coral Reefs* 15: 71-99.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1989. Coral reef community structure at Caño Island, Pacific Costa Rica. *P.S.Z.N.I Marine Ecology* 10: 23-41.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1993. Arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical: revisión y perspectivas. *Revista de Biología Tropical* 41: 535-557.
- Hodgson, G. 1995. Corales pétreos marinos. pp. 83-97. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem (eds.). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental. Volumen 1. Plantas e invertebrados*. FAO, Roma.
- Hoeksema, B.W. 1989. Taxonomy, phylogeny and biogeography of mushroom corals (Scleractinia: Fungiidae). *Zoologische Verhandlungen* 254. 1-295.
- Hoist, I. y H.M. Guzmán. 1993. Lista de corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia; Hydrozoa: Milleporina) a ambos lados del Istmo de Panamá. *Revista de Biología Tropical* 41: 871-875.
- Hubbell, S.P. 1997. A unified theory of biogeography and relative species abundance and its application to tropical rain forests and coral reefs. *Proceedings of the 8° International Coral Reef Symposium, Panamá* 1: 33-42
- Jackson, J.B.C. 1997. Reefs since Columbus. *Proceedings of the 8° International Coral Reef Symposium, Panamá* 1: 97-106.
- Jameson, S.C., J.W. McManus y M.D. Spalding. 1995. State of the reefs. *Regional and global*

perspectives. NOAA/ ICLARM/ IUCN. 32 p.

- Ketchum Mejía, J.T. 1998. Comunidades coralinas del Archipiélago Revillagigedo, Pacífico de México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, UABCS, La Paz. 95 p.
- Ketchum, J.T. y H. Reyes Bonilla. 1997. Biogeography of hermatypic corals of the Revillagigedo Archipelago, México. Proceedings of the 8° International Coral Reef Symposium, Panamá 1: 471-476.
- Knowlton, N. 1993. Sibling species in the sea. Annual Review of Ecology and Systematics 24: 189-216.
- Krebs, C.J. 1989. Ecological methodology. Harper- Collins, New York. 654 p.
- Leyte Morales, G.E. 1996. The coral communities of Oaxaca, México. Abstracts of the 8° International Coral Reef Symposium, Panamá. p. 117.
- López Forment de Los Cobos, M.B. 1997. Estructura poblacional de Fungia distorta Michelin, 1842, en la Isla San José, Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de Guadalajara, Guadalajara. 88 p.
- López Pérez, R.A. 1996. Biogeografía histórica de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractina) del Pacífico oriental tropical. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, UABCS, La Paz. 144 p.
- López Pérez, R.A. En preparación. Morfometría de las especies del Género Porites Link, 1807 del Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada.
- López Uriarte, E. y T. L. Pérez Vivar. 1995. Corales (Scleractinia) de las costas de Jalisco y Colima, México. Resultados preliminares. Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Zoología, UMSNH, Morelia. p. 71.
- Magurran, A.E. 1989. Ecological diversity and its measurement. Croom Helm, London. 179p.
- Maté, J.L. 1997. Experimental responses of panamanian reef corals to high temperature and nutrients. Proceedings of the 8° International Coral Reef Symposium, Panamá 1: 515-520.

- Medina Rosas, P. 1997. El efecto de las actividades turísticas sobre los corales pétreos (Cnidaria, Anthozoa: Scleractinia) de Los Arcos, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de Guadalajara, Guadalajara. 86 p.
- Palmer, R.C. 1928. Fossil and Recent corals and coral reefs of western Mexico. Three new species. *Proceedings of the American Philosophical Society in Philadelphia* 67: 21-31.
- Paulay, G. 1996. Diversity and distribution of reef organisms. pp. 298-336. En: C. Birkeland (ed.). *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, New York.
- Pérez Vivar, T.L. y H. Reyes Bonilla. Sometido. Distribución de los corales hermatípicos (Scleractinia) de la región de Manzanillo, Pacífico de México. *Revista de Biología Tropical*.
- Reyes Bonilla, H. 1990. Distribución, riqueza específica, aspectos biogeográficos y taxonómicos de los corales hermatípicos del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, UABCS, La Paz. 129 p.
- Reyes Bonilla, H. 1992. New records for hermatypic corals (Anthozoa: Scleractinia) in the Gulf of California, with an historical and biogeographical discussion. *Journal of Natural History* 26: 1163-1175.
- Reyes Bonilla, H. 1993a. Biogeografía y ecología de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. pp. 207-222, En: S.I. Salazar Vallejo y N.E. González (eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO/ CIQRO. Chetumal.
- Reyes Bonilla, H. 1993b. The 1987 coral bleaching at Cabo Pulmo reef, Gulf of California, México. *Bulletin of Marine Science* 52: 832-837.
- Reyes Bonilla, H. 1993c. Estructura de la comunidad, influencia de la depredación y biología poblacional de corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del arrecife de Cabo Pulmo, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. 147 p.
- Reyes Bonilla, H. y E. Barjau González. 1998. La colección de corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Museo de Historia Natural de la UABCS. Resúmenes

- del XI Congreso Nacional de Oceanografía. UABC, Ensenada (a ser presentada en Abril).
- Reyes Bonilla, H. y R.A. López Pérez. En prensa. Biogeografía de los corales hermatípicos (Scleractinia) del Pacífico de México. Ciencias Marinas 24:
- Reyes Bonilla, H., R. Riosmena Rodríguez y M.S. Foster. 1997. Hermatypic corals associated with rhodolith beds in the Gulf of California. Pacific Science. 52: 328337.
- Reyes Bonilla, H., T.L. Pérez Vivar y J.Ketchum Mejía. En prensa. Distribución geográfica y aspectos ecológicos de Porites lobata (Anthozoa: Scleractinia) en la costa occidental de México. Revista de Biología Tropical. 45:
- Reyes Bonilla, H., V.H. Beltrán Ramírez, E. Ochoa López e I. Suarez González. 1998. Efectos de El Niño 1997-98 sobre corales y arrecifes coralinos del Golfo de California, Islas Revillagigedo y Clipperton. Resúmenes del XI Congreso Nacional de Oceanografía. UABC, Ensenada (a ser presentada en Abril).
- Richmond, R. H. 1990. The effects of the El Niño/ Southern Oscillation on the dispersal of corals and other marine organisms. pp. 127-140, En: P.W. Glynn (ed.). Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño Southern Oscillation. Elsevier, Amsterdam.
- Salcedo Martínez, S., G. Green, A. Gamboa Contreras y P. Gómez. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM 15:73-96.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1995. Biometry. 3° ed. Freeman, New York. 887 p.
- Spencer Davies, P. 1991. Effects of daylight variations on the energy budget of shallowwater corals. Marine Biology 108: 137-144.
- Squires, D.F. 1959. Corals and coral reefs in the Gulf of California. Bulletin of the American Museum of Natural History 118: 367-432.

- Vaughan, T.W. y J.W. Wells. 1943. Revision of the suborders, families and genera of the Scleractinia. Geological Society of America Special Paper 44: 1-363. Veron, J.E.N. 1986. Corals of Australia and the Indo Pacific. Agnus and Robertson, Sydney. 644 p.
- Veron, J.E.N. 1993. A biogeographic database of hermatypic corals: species of the central Indo Pacific, genera of the world. Australian Institute of Marine Science Monograph Series 9: 1-450,
- Veron, J.E.N. 1995. Corals in space and time. Comstock/ Cornell. Ithaca 321 p. Veron, J.E.N. y M. Pichon. 1976. Scleractinia of Eastern Australia. Part I. Families Thamnasteridae, Astrocoeniidae, Pocilloporidae. Australian Institute of Marine Science Monograph Series 1: 1-56.
- Veron, J.E.N. y M. Pichon. 1980. Scleractinia of Eastern Australia. Part III. Families Agariciidae, Siderastreidae, Fungiidae, Oculinidae, Merlunidae, Mussidae, Pectiniidae, Caryophyllidae, Dendrophyllidae. Australian Institute of Marine Science Monograph Series 4: 1-459.
- Verrill, A.E. 1870. Notes on Radiata. Part 7. Geographical distribution of the corals and polyps of the west coast of America. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences 1: 558-570.
- Von Prael, H. y A. Mejía. 1985. Primer informe de un coral acropórido, *Acropora valida* Dana, 1846 (Scleractinia: Astrocoeniidae: Acroporidae) para el Pacífico americano. Revista de Biología Tropical 33: 39-43.
- Wallace, C.C. 1997. The Indo Pacific centre of coral diversity re-examined at species level. Proceedings of the 8^o International Coral Reef Symposium, Panamá 1: 365-370.
- Wells, J.W. 1983. Annotated list of the scleractinian corals of the Galápagos Islands. pp. 212-295, En: P.W. Glynn y G.M. Wellington (eds.). Corals and coral reefs of the Galápagos Islands. University of California Press, Berkeley.
- Willis, B.L. 1990. Species concepts in extant scleractinian corals: considerations based on reproductive

biology and genotypic structures. Systematic Botany 15: 136149.

Willis, B.L., R.C. Babcock, P.L. Harrison y C.C. Wallace. 1997. Hybridization and breeding incompatibilities within the mating systems of mass spawning reef corals. Proceedings of the 8^o International Coral Reef Symposium, Panamá 1: 81-90.

Wilson, E.C. 1990. Mass mortality of the reef coral Pocillopora on the south coast of Baja California Sur, México. Bulletin of the Southern California Academy of Sciences 89: 39-41.

Wyrki, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. Bulletin of the Interamerican Tropical Tuna Commission 9: 271-304. Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River. 918 p.

TABLA 1. Número de especies y ejemplares de corales recolectados durante el trabajo de campo. Se señala con un asterisco (*) *aquellas especies que representan nuevos registros en las localidades respectivas. El símbolo "#"* marca a las especies que han sido registradas en la literatura para los lugares, pero de las cuales no se tienen ejemplares recolectados, ni de museo. Clave de localidades: 1) Isla San José; 2) Bahía San Gabriel; 3) Bahía Pichilingue; 4) Isla Cerralvo; 5) Punta Pericos; 6) Cabo Pulmo; 7) Bahía Chileno; 8) Isla San Benedicto; 9) Isla Socorro; 10) Isla Clarión.

ESPECIES	LOCALIDADES										TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Pocillopora capitata	1	8(*)	1(*)	1	1(*)	9	2		#			23
P. damicornis	21	18	16(*)	25	8(*)	17	6		4			115
P. eydouxi	1(*)					1(*)		7	2	5		16
P. meandrina	18	9	2(*)	4(*)	19(*)	15	8	#	8	#		83
P. verrucosa	6	2	2	25	8(*)	15	3	5	3			69
P. woodionesi								4(*)	2(*)	2		8
Pocillopora sp.		14										14
Porites australiensis								1	8	4		13
P. lichen								8	10	4(*)		22
P. lobata								8	15	10		33
P. lutea								7(*)	9(*)	6(*)		22
P. panamensis	28	13	23(*)	4	10()	6	13		1	2(*)		100
P. sverdrupi	14			#		#						14
Porites sp. 1								1	1	3		5

Continúa Tabla 1

Porites sp. 2								1	3	2	6
Porites sp. 3								1	4	3	8
Porites sp. 4									2	1	3
Psammocora brighami	1	1 (*)	5			#	#				7
P. stellata	6	14 (*)	23 (*)	17 (*)	10 (*)	5	3		#		78
P. superficialis				13 (*)				15	19	6	53
Pavona clavus	#	4	5 (*)	6 (*)	2 (*)	#	8 (*)		9		34
P. gigantea	1	7	4 (*)	5 (*)	7 (*)	5	8	11	10		58
P. maldivensis									4	#	4
P. minuta						2 (*)		20		8	30
P. variaras								10		#	10
Fungia curvata	#	7	#		1 (*)	#			2		10
F. distorta	10	2									12
RIQUEZA TOTAL DE ESPECIES	13	12	10	10	9	13	9	15	21	16	27
NUMERO TOTAL DE GÉNEROS	5	5	5	4	5	5	4	4	5	4	5
NUMERO TOTAL DE ESPECÍMENES COLECTADOS	107	99	81	100	66	75	51	99	116	56	850

TABLA 2. Especies de corales encontradas durante el trabajo de campo. Se presenta el nombre válido, los sinónimos y la distribución de los taxa en la región del Pacífico oriental tropical o el Indo Pacífico. Clave: MEX: México, ES; El Salvador; CR: Costa Rica; PAN: Panamá; COL: Colombia; ECU: Ecuador; CHI: Chile; CLIP: Atolón Clipperton; IP: Indo Pacífico. Datos de distribución tomados de Veron (1993), Reyes Bonilla (1993), Guzmán y Cortés (1993), López Pérez (1996) y referencias incluidas.

Phylum Cnidaria Hatschek, 1888

Clase Anthozoa Ehrenberg, 1834

Orden Scleractinia Bourne, 1900

Familia Pocilloporidae Gray, 1842

Género Pocillopora Lamarck, 1816

- (1) P. capitata Verrill, 1864 (MEX, CR, PAN, COL, ECU) **(1a)** P. capitata var. robusta Verrill, 1870 (1 b) P. robusta Verrill, 1870 **(1c)** P. capitata var. porosa Verrill, 1869 **(1d)** P. porosa Verrill, 1869 **(1e)** P. capitata var. pumila Verrill, 1870 (If) P. robusta var. pumila Verrill, 1870
- (2) P. damicornis (Linnaeus, 1758) (MEX, CR, PAN, COL, ECU, CHI, IP) **(2a)** P. damicornis var. caespitosa Dana, 1846 **(2b)** P. caespitosa Dana, 1846 **(2c)** P. lacera Verrill, 1869
- (3) P. eydouxi Milne Edwards y Haime, 1860 (MEX, CR, PAN, COL, ECU, IP) **(3a)** P. palmata Palmer, 1928
- (4) P. meandrina Dana, 1846 (MEX, CR, PAN, CLIP, IP) **(4a)** P. meandrina var. nobilis Verrill, 1864 **(4b)** P. nobilis Verrill, 1864
- (5) P. verrucosa (Ellis y Solander, 1786) (MEX, CR, PAN, COL, ECU, CLIP, IP) **(5a)** P. elegans Dana, 1846

(6) P. woodjonesi Vaughan, 1918 (MEX, IP) (7)

Pocillopora sp. (MEX, CLIP)

Familia Poritidae Gray, 1842

Género Porites Link, 1807

(8) P. panamensis Verrill, 1866 (MEX, CR, PAN, COL, ECU)

(8a) P. californica Verrill, 1870

(8b) P. nodulosa Verrill, 1870

(8c) P. porosa Verrill, 1870

(9) P. sverdrupi Durham, 1947 (MEX)

(10) P. australiensis Vaughan, 1918 (MEX, IP) (11) P.

lichen Dana, 1846 (MEX, IP)

(12) P. lobata Dana, 1846 (MEX, ES, CR, PAN, COL, ECU. IP)

(12a) P. excavata Verrill, 1870

(12b) P. paschalensis Vaughan, 1906

(13) P. lutea Milne Edwards y Haime, 1860 (MEX, iP)

(*) Porites sp. No.. 1, 2, 3, 4 (todas, formas no determinadas).

Familia Siderastreidae Vaughan y Wells, 1943

Género Psammocora Dana, 1846

(14) P. brighami (Vaughan, 1907) (MEX, CR, PAN, ECU, IP) (15) P.

stellata (Verrill, 1866) (MEX, CR, PAN, COL, ECU, IP)

(15a) Stephanocora stellata Verrill, 1866

(15b) Stephanaria stellata Verrill, 1870

(16) P. superficialis Gardiner, 1898 (MEX, CR, PAN, COL, ECU, CHI, IP)

Familia Agariciidae Gray, 1847

Género Pavona Lamarck, 1801

(17) P. clavus (Dana, 1846) (MEX, CR, PAN, ECU, CLIP, IP) (17a) P.

clivosa Verrill, 1869

(17b) P. galapagensis Durham y Barnard, 1952 (17c) Solenastrea

ecuadoriana Durham y Barnard, 1952

(18) P. gigantea Verrill, 1869 (MEX, SAL, CR, PAN, ECU, CLIP, IP) (19) P. maldivensis (Gardiner, 1905) (MEX, CR, ECU, IP) (20) P. minuta Wells, 1954 (MEX, IP)

(21) P. variaras Verrill, 1864 (MEX, CR, PAN, COL, ECU, CLIP, IP) (21a) P. explanulata (Lamarck, 1816)

Familia Fungiidae Dana, 1846

Género Fungia Lamarck, 1801

(22) F. curvata Hoeksema, 1989 (MEX, CR, PAN, COL, ECU, IP) (22a) Fungia elegans Verrill, 1870 (22b) Cycloseris elegans (Verrill, 1870)

(23) F. distorta Michelin, 1842 (MEX, CR, ECU, IP) (23a)

Cycloseris mexicana Durham, 1947

Referencias donde aparecieron las descripciones originales (en orden cronológico, señalándose el taxón correspondiente a cada una) y los sistemas de clasificación empleados en el estudio.

Linnaeus, C. 1758. System a Naturae. Regnum Animate. 10° ed. British Museum (Natural History). 500 p. [2]

Ellis, J. y D. Solander. 1786. The natural history of many curious and uncommon zoophytes. White and Son, Londres. 208 p. [5]

Lamarck, M.C. 1816. Histoire naturelle des Animaux sans vertebres. II. Verdière Libraire. Paris. 540 p. [21a]

Michelin, H. 1843. Fungia distorta. Magazine du Zoologie 5: 5 [23]

Dana, J. D. 1848. Zoophytes. U. S. Exploring D. 1846. Zoophytes. U.S. Exploring Expedition during the years 1838-1842. U.S. Government. 740 p. [2a, 2b, 4, 5a, 11, 12, 17]

Milne Edwards, H. y J. Haime. 1860. Historie naturelle des coralliaires. 3: 1-560. París. [3, 13]

Verrill, A. E. 1864. List of the polyps and corals sent by the Museum of Comparative Zoology to other institutions in exchange, with annotations. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology of Harvard 1: 29-60. [1, 4a, 4b, 21]

Verrill, A. E. 1866. On the polyps and corals of Panama, with descriptions of new species. Proceedings of the Boston Society of Natural History 10: 323-333. [8, 15, 15a]

Verrill, A. E. 1869a. Synopsis of the polyps and corals of the North Pacific Exploring Expedition. Additions and corrections. Communications of the Essex Institute 6: 75104. [1c, 1d, 2c]

Verrill, A.E. 1869b. On new and imperfectly known echinoderms and corals from the Gulf of California. Proceedings of the Boston Society of Natural History 12: 381-396. [17a, 18]

Verrill, A.E. 1870a. Notes on Radiata. Part 6. Review of the polyps and corals of the west coast of America. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences 1: 377-558. [1a, 1b, 1 e, If, 8a, 8b, 8c, 15b]

Verrill, A.E. 1870b. Descriptions of echinoderms and corals from the Gulf of California. American Journal of Science 49: 93-100. [12a, 22a, 22b]

- Gardiner, S.M. 1898. On the fungid corals collected by the author in the south Pacific. Proceedings of the Zoological Society of London 35: 525-539. **[16]**
- Gardiner, S.M. 1905. The fauna and geography of the maldive and Laccadive Archipelagoes. Madreporaria. 2: 933-957. **[19]**
- Vaughan, T.W. 1906. Report of the scientific results of the expedition to the eastern Pacific, October 1904 to March 1905. Part VI. Madreporaria. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard 50: 59-72. **[12b]**
- Vaughan, T.W. 1907. Recent Madreporaria of the Hawaiian Islands and Laysan. United States National Museum Bulletin 59: 1-427. **[14]**
- Vaughan, T.W. 1918. Some shoal- water corals from Murray Island, Cocos- Keeling and Fanning Island. Publications of the Carnegie Institution of Washington 213: 51-234. **[6, 10]**
- Palmer, R.C. 1928. Fossil and Recent corals and coral reefs of western Mexico. Three new species. Proceedings of the American Philosophical Society in Philadelphia 67: 21-31. **[3a]**
- Vaughan, T.W. y J.W. Wells. 1943. Revision of the suborders, families and genera of the Scleractinia. Geological Society of America Special Paper 44: **1-363.[Sistema de clasificación]**
- Durham, J.W. 1947. Corals from the Gulf of California and the North Pacific coast of America. Geological Society of America Memoir 20: 1-46. [9, 23a]
- Durham, J.W. y J.L. Barnard. 1952. Stony corals of the eastern Pacific collected by the Velero III and Velero IV. Allan Hancock Pacific Expeditions 16: 1-110. **[17b, 17c]** Wells, J.W. 1954. Recent corals of the Marshall Islands. United States Geological Survey Professional Paper 260-T: 385-486. **[20]**
- Hoeksema, B.W. 1989. Taxonomy, phylogeny and biogeography of mushroom corals (Scleractinia: Fungiidae). Zoologische Verhandlinger 254: 1-295. **[22, Sistema de clasificación]**
- Veron, J.E.N. 1993. A biogeographic database of hermatypic corals: species of the central Indo Pacific, genera of the world. Australian Institute of Marine Science Monograph Series 9: 1-450. **[Sistema de clasificación]**
- Veron, J.E.N. 1995. Corals in space and time. Comstock/ Cornell. Ithaca 321 p. **[Sistema de clasificación]**

TABLA 3. Riqueza de especies encontrada por transecto en las localidades visitadas. El Total A se refiere a las especies observadas exclusivamente en los transectos, mientras que el Total B, indica el total de especies encontradas (sumando transectos y colectas). Clave: 1) Isla San José; 2) Bahía San Gabriel, 3) Bahía Pichilingue; 4) Isla Cerralvo; 5) Punta Perico; 6) Cabo Pulmo; 7) Bahía Chileno; 8) Isla San Benedicto; 9) Isla Socorro; 10) Isla Clarión.

TRANSECTO	LOCALIDAD									
	GOLFO DE CALIFORNIA							ISLAS REVILLAGIGEDO		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	5	4	3	2	6	8	7	6	6
2	1	5	4	6	2	4	8	5	5	4
3	1	3	3	3	2	3	6	4	4	4
4	3	1	4	3	1	4	5	4	4	3
5	4	3	4	2	2	3	4	4	4	3
6	2	2	6	3	2	2	6	4	4	3
7	5	2	2	2	3	3	4	3	4	3
8	4	2	6	7	3	3	3	3	3	2
9	4	3	7	3	4	5	3	1	3	2
10	4	2	6	6	4	7	4	1	1	2
MEDIA + I.C.	2.9+0.9	2.8+0.8	4.6+1.0	3.8+1.1	2.5+0.	4.0+1.0	5.1+1.2	3.6+1.1	3.8+0.8	3.2+0.8
TOTAL A	6	5	7	8	5	7	8	8	9	8
TOTAL B	11	12	9	9	9	9	8	14	19	13

TABLA 4. Resultados de la prueba a posteriori aplicada al análisis de varianza que comparó los datos de riqueza de especies por transecto, obtenidos en diferentes zonas coralinas del Golfo de California (GC) y las Islas Revillagigedo (IR).

LOCALIDAD	PROMEDIO DE ESPECIES POR TRANSECTO (ERROR TIPICO)		
Punta Pericos (GC)	2.5 (0.31)	X	
Bahía San Gabriel (GC)	2.8 (0.42)	X	
Isla San José (GC)	2.9 (0.48)	X	X
Isla Clarión (IR)	3.2 (0.39)	X	X
Isla San Benedicto (IR)	3.6 (0.56)	X	X
Isla Cerralvo (GC)	3.8 (0.57)	X	X
Isla Socorro (IR)	3.8 (0.42)	X	X
Cabo Pulmo (GC)	4.0 (0.49)	X	X
Bahía Pichilingue (GC)	4.6 (0.49)	X	X
Bahía Chileno (GC)	5.1 (0.59)		X
ANÁLISIS GENERAL	3.63 (0.16)		

Conclusión: La riqueza promedio de especies en las 10 localidades no difiere significativamente, a excepción de: Bahía

Chileno > Bahía San Gabriel = Punta Pericos

TABLA 5. Riqueza específica de corales registrada en algunas comunidades arrecifales importantes del Pacífico mexicano (no incluye los resultados del presente estudio, pero éstos aparecen en la Tabla 1). El listado completo de referencias por localidad se presenta en Reyes Bonilla y López Pérez (en prensa).

LOCALIDAD	RIQUEZA	LATITUD (N)	REFERENCIAS PRINCIPALES
Norte del Golfo de California	1	29 ¹ -31 ¹	Squires, 1959; Reyes Bonilla, 1993a
Centro del Golfo de California	2	27 ¹ -29 ¹	Squires, 1959; Reyes Bonilla, 1993a
Costa occidental de Baja California	1	23 ⁰ -24 ¹	Reyes Bonilla, 1993a
Islas Marías, Nay.	7	21°	Carrquiry y Reyes Bonilla, 1997;
Punta Mita, Nay.	9	29°	Carrquiry y Reyes Bonilla, 1997
Los Arcos, Jai.	7	2D°	Medina Rosas, 1997
Tenacatita, Jai.	6	20°	López Uriarte y Pérez Vivar, 1995
Manzanillo, Col.	7	19°	Pérez Vivar y Reyes Bonilla, sometido
Zihuataneio, Gro.	5	17°	Salcedo Martínez et al., 1988
Puerto Angel, Oax.	8	15°	Leyte Morales, 1996
Huatulco, Oax.	12	15°	Glynn y Leyte Morales, 1997

TABLA 6. Resultados de la correlación entre la riqueza de especies y géneros coralinos registrados en las diez localidades estudiadas del Golfo de California y las Islas Revillagigedo, y diversos factores oceanográficos.

FACTOR	RIQUEZA DE ESPECIES	RIQUEZA DE GÉNEROS
Temperatura máxima	r= -0.703; P= 0.023	r= 0.306; P= 0.390 NS
Temperatura mínima	r= 0.598; P= 0.068 NS	r= -0.654; P= 0.040
Temperatura promedio	r= 0.761; P= 0.011	r= -0,159; P= 0.662 NS
Intervalo de temperatura	r= -0.684; P= 0.029	r= 0.576; P= 0.081 NS
Concentración de pigmentos	r= -0.378; P= 0.282 NS	r= 0.498; P= 0.143 NS
Frecuencia de ciclones	r= 0.764; P= 0.010	r= -0.443; P= 0.201 NS

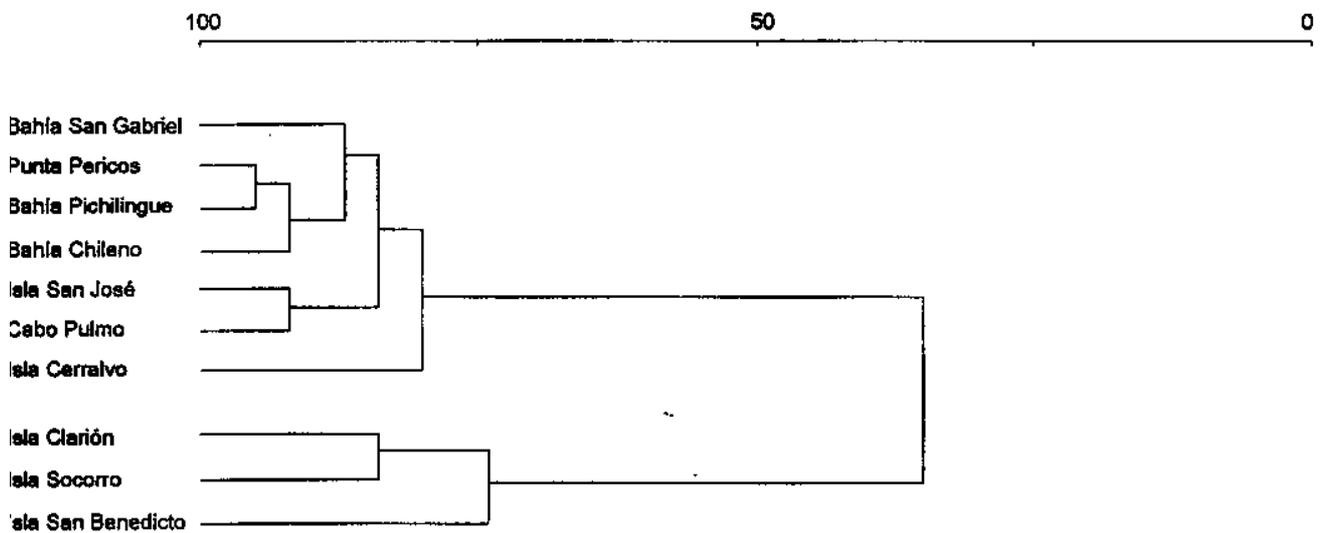


Figura 1. Dendrograma de agrupamiento trazado a partir de la matriz de similitud (índice de Jaccard) entre las diez localidades estudiadas, en el Golfo de California y las Islas Revillagigedo.

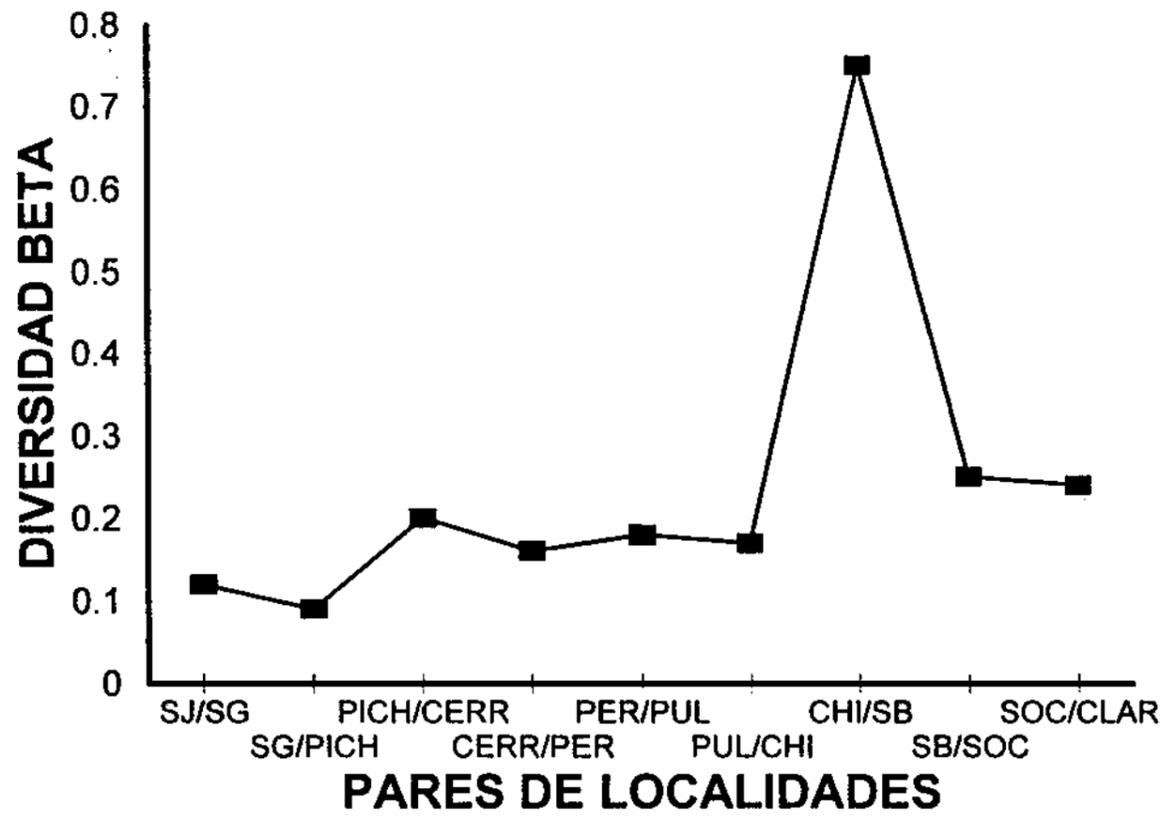


Figura 2. Valores del índice de diversidad beta, obtenidos al comparar pares de localidades coralinas geográficamente adyacentes del Golfo de California y las islas Revillagigedo.

ANEXO 1

Listado de resultados directos e indirectos (*) obtenidos por el proyecto hasta la fecha de envío del informe final.

REPORTES DE SERVICIO SOCIAL

Morelos Villegas, A.D. 1997. Informe de Servicio Social, realizado en el presente proyecto. Salazar Delgado,

A. 1998. Informe de Servicio Social, realizado en el presente proyecto.

TESIS TERMINADAS

López Forment de Los Cobos, M.B. 1997. Estructura poblacional de Fungia distorta Michelin, 1842, en la Isla San José, Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, Guadalajara.

(*)

PRESENTACIONES EN REUNIONES CIENTÍFICAS

López Forment, M.B. y H. Reyes Bonilla. 1997. Análisis de la estructura poblacional de Fungia distorta

(Anthozoa: Scleractinia) en la Isla San José, Baja California Sur, México. Resúmenes del VII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés. UAS, Mazatlán. p. 56. (*)

Morelos Villegas, A.D., J.D. Carriquiry y H. Reyes Bonilla. 1997. Estructura detallada, edades y tasas de mortalidad del coral Porites panamensis (Anthozoa: Scleractinia) en dos zonas del sur del Golfo de California. Resúmenes del VII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés. UAS, Mazatlán, p 55. (*)

Reyes Bonilla, H. y E. Barjau González. 1998. La colección de corales hermatípicos

(Anthozoa: Scleractinia) del Museo de Historia Natural de la UABCS. Resúmenes del

XI Congreso Nacional de Oceanografía. UABC, Ensenada (a ser presentado en Abril).

Beltrán Ramírez, V.H. y H. Reyes Bonilla. 1998. Estructura de la comunidad de siete arrecifes coralinos del sur del Golfo de California. Resúmenes del XI Congreso Nacional de Oceanografía. UABC, Ensenada (a ser presentado en Abril).

Foubert Corona, Z.C. y H. Reyes Bonilla. 1998. Variación en la estructura de la comunidad del arrecife de Cabo Pulmo durante 1987-1997. Resúmenes del XI Congreso Nacional de Oceanografía. UABC, Ensenada (a ser presentado en Abril).

Reyes Bonilla, H., V.H. Beltrán Ramírez, E. Ochoa López e I. Suárez González. 1998. Efectos de El Niño 1997-98 sobre corales y arrecifes coralinos del Golfo de California, Islas Revillagigedo y Clipperton. Resúmenes del XI Congreso Nacional de Oceanografía. UABC, Ensenada (a ser presentado en Abril).

PUBLICACIONES EN PRENSA

Ochoa López, E. y H. Reyes Bonilla. 1997. Range extension of Psammocora stellata (Scleractinia: Siderastreidae) in the Gulf of California, México. *Revista de Biología Tropical* 45 (3).

Reyes Bonilla, H., F. Sinsal Duarte y O. Arizpe Covarrubias. 1997. Gorgonias y corales pétreos (Anthozoa: Gorgonacea y Scleractinia) del arrecife de Cabo Pulmo, México. *Revista de Biología Tropical* 45 (4): 1439-1443.

PUBLICACIONES SOMETIDAS

Reyes Bonilla, H. En revisión. Range extension of Pocillopora damicornis (Scleractinia: Pocilloporidae) in the Gulf of California, México. *Revista de Biología Tropical*.

TESIS EN PROCESO

Beltrán Ramírez, V.H. En preparación. Estructura comunitaria de siete arrecifes coralinos del su del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, UABCS.

Foubert Corona, Z.C. En preparación. Variación en la estructura de la comunidad del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, durante 1987-1997. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, UABCS.

(*)

MANUSCRITOS POR SOMETER (TÍTULOS TENTATIVOS)

Foubert Corona, Z.C. y H. Reyes Bonilla. Changes in community structure of Cabo Pulmo reef, Gulf of California (1987-1997). Coral Reefs. (*)

Beltrán Ramírez, V.H. y H. Reyes Bonilla. Community structure of seven coral reefs of the Gulf of California and the Revillagigedo Islands. Atoll Research Bulletin.

Reyes Bonilla, H. y V.H. Beltrán Ramírez. Conservation value of reef coral communities of the southern Gulf of California, México. Conservation Biology.

Reyes Bonilla, H. Corals and coral reefs of the Pacific coast of México. En: J. Cortés (ed.). Corals and coral reefs of Latin America. Elsevier, Holanda. (Trabajo por invitación) (*)

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto representa el trabajo conjunto de muchos estudiantes y colaboradores del Laboratorio de Ecología del Bentos de la UABCS. Particularmente quisiera agradecer la ayuda de la P.B.M. Zeida Cristina Foubert Corona, encargada directa de la captura de la información y de parte del trabajo administrativo del proyecto. Alma Dora Morelos Villegas (CINVESTAV, Mérida), auxilió en la determinación y confirmación de identidad de un gran número de ejemplares, y capturó en papel la información de centenares de ejemplares de coral. James Ketchum Mejía (Museo de Historia Natural, UABCS) apoyó con la identificación de las especies del género Porites, y con la colecta de un gran número de ejemplares en las Islas Revillagigedo. Martha López (UC Berkeley), Carlos Cintra (Moss Landing Marine Labs.), Andrés López (110- UABC), Edgardo Ochoa, Víctor Hugo Beltrán, Fernando Salazar, Lázaro Cadena, Marco Antonio Medina, Adriana Salazar (UABCS), el Dr. José D. Carriquiry y Gladys Mendez (110- UABC, Ensenada), entre otros, formaron parte en un momento u otro del grupo de colectores del proyecto. La colaboración de los doctores Peter W. Glynn (Univ. de Miami), John E.N. Veron (AIMS) y Stephen D. Cairns (Smithsonian Institution) fue clave para confirmar la identificación de varias especies y para clarificar detalles taxonómicos del grupo. Salvador Lluch y Daniel Lluch (CIBNOR, La Paz) amablemente nos facilitaron la información sobre productividad oceánica requerida para el estudio. Por último, agradecemos enormemente el apoyo logístico y moral del M.C. Oscar Arizpe C., responsable del laboratorio donde se condujo el estudio.