

Propuesta de Conservación y Desarrollo Sustentable del Complejo Arrecifal de Banco Chinchorro en el Caribe Mexicano

DANIEL TORRUCO y ALICIA GONZÁLEZ

*Laboratorio de Arrecifes de Coral del Departamento de Recursos del Mar.
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Mérida.
Antigua Carretera a Progreso Km 6.
C.P. 97310 Mérida, Yucatán.
A.P. 73 CORDEMEX,
Yucatán, México.*

RESUMEN

Banco Chinchorro es el arrecife oceánico más grande que tiene México; con sus 864 km² de área en la laguna arrecifal, soporta arrecifes prístinos, parches coralinos, extensos seibadales, camas de macroalgas y arenales donde se presentan especies de gran importancia comercial tales como el caracol rosado (*Strombus gigas*) y la langosta espinosa (*Palinurus argus*). Posee islas de mangle con grandes colonias de anidamiento de aves marinas, lagunetas con especies en peligro tales como el cocodrilo (*Crocodile acutus*). Los hábitats que soportan globalmente a las especies en peligro, son amenazados por un reciente florecimiento del turismo y un megadesarrollo en áreas costeras adyacentes. A pesar de su reciente declaración como reserva de la biosfera, la protección de este sistema arrecifal es un reto donde se incluye: una dependiente ayuda económica, infraestructura y personal entrenado limitado o inexistente; un incremento de presiones en sitios específicos (especialmente en sitios populares de buceo en el arrecife coralino), la pequeña escala de vigilancia y de servicio civil con que cuenta la reserva, la falta de conocimiento ambiental y biológico de esa zona y la sobrepesca de especies de importancia comercial. Se presenta en este trabajo, una descripción de elementos necesarios para realizar una propuesta de administración con sólidas bases ecológicas y que sirva como parte de una estrategia para el desarrollo sustentable con patrones de protección y monitoreo de áreas frágiles del ecosistema. A pesar de su gran importancia, este trabajo analiza globalmente las variables socio-económicas del área, donde se muestra la necesidad de integrar mayor información. La metodología de descripción y diagnóstico del sistema incluye estudios de: fisiografía, hidrografía, cartografía y comunidades arrecifales importantes, dando como resultado esquemas de uso tradicional y propuestas de zonificación en el arrecife. Se presentan también recomendaciones y estrategias que tienen implicaciones para muchos sistemas arrecifales costeros en el Caribe Mexicano.

PALABRAS CLAVE: Biodiversidad, Áreas protegidas, Banco Chinchorro, Caribe Mexicano.

Conservation and Sustainable Development Proposal for the Chinchorro Bank Reef Complex in the Mexican Caribbean

ABSTRACT

The Chinchorro Bank is the largest reef complex in Mexico, measuring 864 Km² in area. It contains hábitats such as a lagoon which support pristine reefs, coral patches, extensive *Thalassia testudinum* bed, macroalgae beds and sandy bottoms, and commercially important species such as queen conch (*Strombus gigas*) and spiny lobster (*Palinurus argus*). They are also mangrove islands with large marine bird breeding colonies, and small lagoons with species in danger of extinction, such as crocodiles (*Crocodylus acutus*). These hábitats, which as a whole support the endangered species, are increasingly threatened by the growth of tourism and megadevelopments in nearby coastal areas. In addition to its recent declaration as a biosphere reserve, the protection of this reef system requires: economic support, infrastructure, trained personnel (currently limited or nonexistent), establishment of popular diving sites, different security stages and civil service, implementation of regular control of the zone through environmental and biological research, and restructuring of the capture of commercially important species via fundamental controls. This study presents a conservation and sustainable development proposal with solid ecological foundations, as well as protection and monitoring strategies for fragile areas of the ecosystem. Socio-economics variables are analyzed as a whole. The descriptive and diagnostic methodology integrates physiographic, hydrographic, cartographic and ecological analyses of the system's reef communities, proving traditional use schemes and reef zonation proposals. Recommendations and strategies are also presented for the administration of the system, as are the resulting implications for this Mexican Caribbean reef system.

KEY WORDS: Biodiversity, protected areas, Chinchorro Bank, Mexican Caribbean.

INTRODUCCIÓN

Desde décadas pasadas se ha venido incrementando la pérdida de biodiversidad biológica en las zonas tropicales, la explotación humana de los recursos naturales bajo patrones no sustentables han contribuido a la degradación y destrucción de variados hábitats naturales tanto terrestres como acuáticos. A pesar de la creciente publicidad sobre la conciencia ecológica y la designación reciente de años mundiales del océano y los arrecifes coralinos, los impactos humanos originan amenazas potenciales sin precedentes a muchas especies marinas, pero sobre todo a las interacciones biológicas del océano. Los ecosistemas costeros en México y en particular los del Caribe mexicano, son parte de una preocupación general debido a su relación con amplios megadesarrollos y a que en esas áreas la pesquería artesanal y el ecoturismo son recursos importantes de empleo y obtención de divisas. Los arrecifes de coral en particular, son utilizados para subsistencia, generación de ingresos, investigación y recreación, en donde la mayor parte de la explotación que

se ejerce en ellos es de naturaleza extractiva.

Una estrategia inicial para contrarrestar estas amenazas es el establecimiento de áreas protegidas y su utilización sustentable. A pesar de que existen una gama amplia de tipos de áreas protegidas, las grandes áreas de uso múltiple en donde se acoplan la conservación de hábitats y las actividades socioeconómicas son los mayores retos, sobre todo porque generalmente revisten preocupaciones políticas, económicas y éticas. Un gobierno inadecuado, una administración ignorante, ineficaz e insuficiente, escasa supervisión, falta de personal adiestrado y exigente, fondos inadecuados y una percepción pública inexacta puede ser una obstrucción para preservar la diversidad biológica marina como ha ocurrido en otros países (Kelleher 1989, Sobel 1993, Mumby *et al.* 1995). Una administración y gestión exitosa debe demostrar con evidencia científica cuantitativa como los recursos son protegidos y utilizados sustentablemente bajo su marco de regulación.

En México, los procesos para la planificación de áreas protegidas empiezan a adoptar la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que es necesario integrar datos de una amplia variedad de fuentes. Al incorporar datos de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), el SIG se ha transformado en una poderosa herramienta multidisciplinaria de detección y en algunos casos de predicción para los acercamientos sectoriales y globales de la administración de recursos (Hildebrand y Norrena 1992). En el entorno marino, además permite mejorar el inadecuado control terrestre y la cartografía de baja resolución.

Coincidiendo en que una adecuada administración de un área natural debe estar sustentada en una cooperación estrecha entre gobierno, instituciones, organizaciones no gubernamentales y usuarios locales y potenciales (Ordoñez-Díaz y Flores-Villela 1995), el presente trabajo propone algunas estrategias para la conservación de Banco Chinchorro, arrecife coralino oceánico. Esta propuesta está limitada desde un punto de vista científico, sin considerar las complejas relaciones socioeconómicas que tiene el Banco y solo está enfocada a aspectos físicos y biológicos del Banco.

MATERIAL Y MÉTODOS

En 1993-94 la sociedad para la conservación de la vida silvestre (WCS), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Unidad Mérida del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. (CINVESTAV) condujeron a una evaluación ecológica de Banco Chinchorro. Este arrecife fue considerado por esas instituciones como un área que necesitaba esa evaluación para garantizar su protección a causa de presiones de turismo y pesca ilegal.

Área de Estudio — Banco chinchorro es un sistema arrecifal coralino ubicado entre las coordenadas geográficas 18°47'-18°23'N y 87°14'-78°27'W (Fig. 1). Se localiza fuera de la costa 24 Km al sureste de la Península de Yucatán, con un canal que lo separa de la costa con profundidades mayores a 1000 m. El arrecife tiene la forma de un atolón con 4 islas: dos en el norte, una en el centro y una en el sur, posee una gran variedad de hábitats incluyendo una intrincada red de islotes de mangle, un

somero microsistema lagunar en la isla más grande (Cayo Centro). La laguna arrecifal es poco profunda con un gradiente batimétrico sur-norte y arrecifes de borde topográficamente complejos. El arrecife es un pináculo con más de 500 m de profundidad en la pendiente externa y fuerte crecimiento de corales en la zona de barlovento sur. Con una área total de 814.2 km², es el complejo arrecifal más grande de México y es un punto importante de pesca comercial.

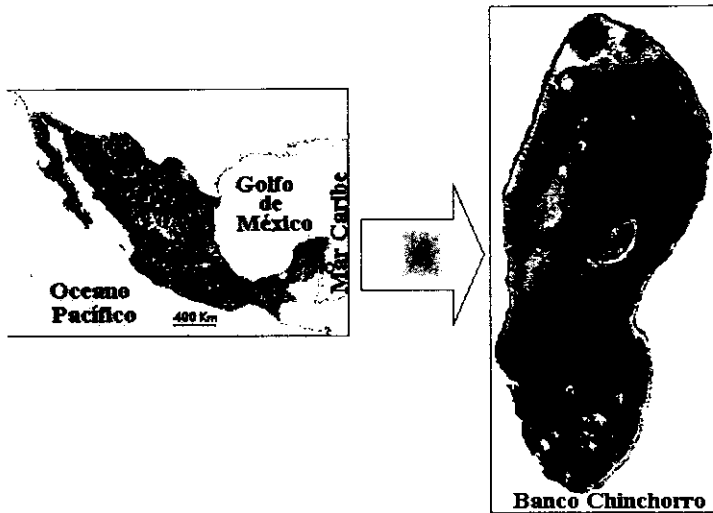


Figura 1. Localización del sitio de muestreo.

Material — Como material para el presente trabajo se utilizó una imagen multiespectral de bajo costo Lansat-MSS del 2 de abril de 1989, la cual fue inicialmente procesada por el programa IDRISI (Clark University, Syracuse, New York) y posteriormente con el programa Erdas Imagine v. 8.4. Dicha imagen fue utilizada para conformar parte de la batimetría lagunar y la clasificación del fondo de la laguna arrecifal. En conjunto con el análisis de la imagen, se utilizaron múltiples datos de campo tanto para evaluaciones ecológicas como para verificaciones de los patrones espaciales obtenidos con las imágenes. Así mismo, se contó con los registros de censos realizados entre los usuarios durante 1996-1997 para conocer los usos tradicionales del banco y las áreas de pesca más frecuentadas (Torruco 1995) y contrastar este esquema con las diferentes zonificaciones propuestas posteriormente por Torruco y González (1994) y INE (2000) y finalmente proponer con los resultados de este estudio áreas de conservación prioritaria.

Métodos — Las bandas de la imagen multiespectral fueron corregidas geoméricamente a partir de la cartografía básica del Almirantazgo Británico (Chart No. 1798) y vectores de profundidades conocidas. La clasificación del fondo arrecifal se logró mediante una clasificación supervisada de la imagen. Los datos de campo fueron utilizados tanto para la verificación de la imagen como para la obtención de la biodiversidad dada por la riqueza de especies, la diversidad obtenida por el índice de Simpson y la equidad como un indicador de la madurez prevaleciente en las diferentes áreas de la laguna arrecifal; dichos datos fueron interpolados utilizando el software Surfer V. 6.2 utilizando un kriging universal como algoritmo de interpolación.

RESULTADOS

Análisis de imágenes — A pesar de que la metodología utilizada no permitió separar firmas espectrales únicas, identificando cada clase con diferentes contenidos, el nombre de la clase asociado corresponde al recurso más representativo. La clasificación supervisada mostró 16 clases (máxima verosimilitud). Sin embargo, en la identificación de clases con los datos de campo y utilizando criterios adicionales de separación como son; el color, la textura y la profundidad, sólo se seleccionaron 11. Estos patrones espaciales de tonalidades representan fielmente toda el área de la laguna arrecifal. La correspondencia de estos patrones con el material geomorfológico y biológico se muestra en la capa del fondo arrecifal (Figura 2).

Análisis de datos — Utilizando los mapas de interpolación de los macrodescriptores comunitarios con los grupos de hexacorales y octocorales (los constructores arrecifales más importantes), se definen de manera cuantitativa las áreas con nodos de alta diversidad y madurez y por consiguiente las principales alternativas de conservación (Figura 3). La riqueza de especies usada como un indicador de la biodiversidad muestra en ambos grupos tres zonas de valores altos, una al norte del

banco, otra que rodea Cayo Centro y que se amplia hacia la rompiente de barlovento y la tercera que es quizá la más importante, que se ubica hacia el área sur-sureste del Banco (Figura 3a). La diversidad de Simpson, identifica con ambos grupos dos zonas de altos valores: una rodea Cayo Centro y la segunda en la parte sur-sureste del Banco (Figura 3b). La equitatividad de los octocorales muestra un esquema similar, a pesar de que las áreas con máximos valores se desplazan un poco hacia el sur, se siguen presentando tres nodos de altos valores que involucran a áreas muy cercanas a las definidas por los macrodescriptores anteriores. Los hexacorales por el contrario muestran las zonas de mayor madurez en la rompiente de sotavento frente a Cayo Centro y un nodo al nordeste del mismo Cayo (Figura 3c).



PATRON	AREA	DESCRIPCION
●	0.903	Substrato fangoso-algas verdes filamentosas.
●	172.07	Arena fina-parches de <i>Thalassia testudinum</i> -montículos de <i>Arenicola</i>
●	106.61	Substrato coralino
○	41.23	Arena-parches de <i>Laurencia</i> -montículos de <i>Arenicola</i>
●	89.57	Cebadal de <i>Thalassia testudinum</i>
●	109.11	Arena fina-Fragmentos de coral
○	64.45	Fanerógamas marinas y algas verdes
●	97.99	Arena muy gruesa-restos coralinos
○	72.81	Algas pardas
○	53.32	Substrato duro-restos libres de coral
●	6.12	Manglar

Figura 2. Capa del fondo de la laguna arrecifal de la reserva de la Biósfera Banco Chinchorro en el Caribe Mexicano. Se muestra el patrón de coloración, el área que representa y la descripción del fondo.

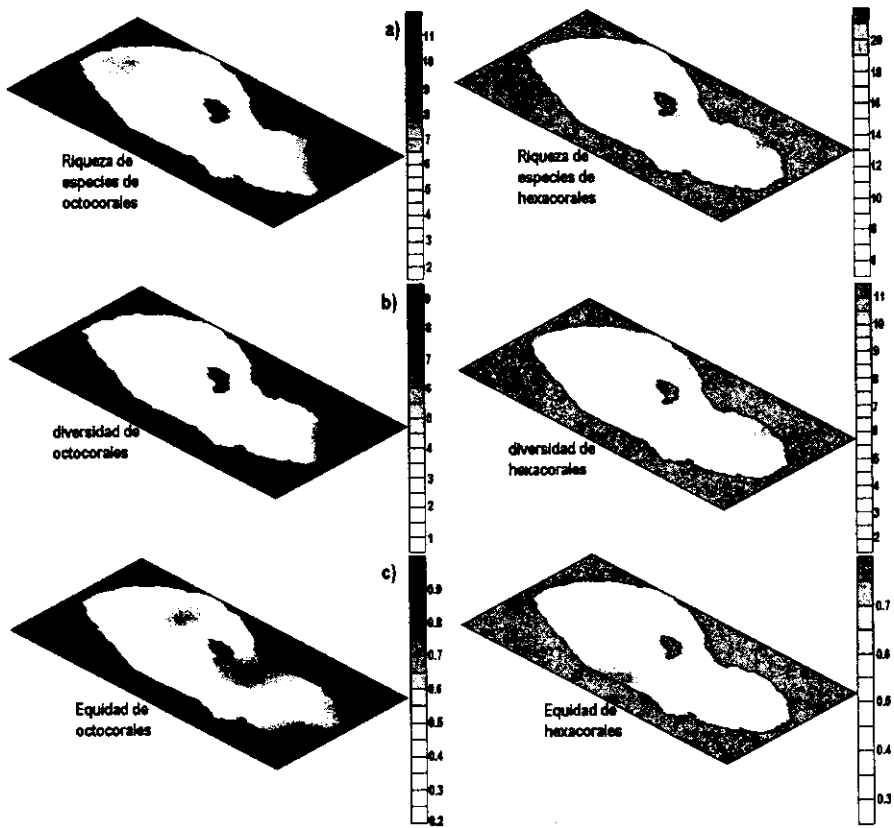


Figura 3. Representación de los valores de macrodescriptores comunitarios de los corales (duros y blandos) en la laguna arrecifal de la reserva de la Biósfera Banco Chinchorro en el Caribe Mexicano. a). Riqueza de especies. b). Diversidad. c). Equitatividad). Se muestran los nódulos de máximos y mínimos valores.

La utilización pesquera tradicional del Banco se determinó con la sobreposición de las capas del fondo arrecifal y de los censos realizados con las cooperativas pesqueras que explotan la zona (Figura 4a). El arrecife presenta una fuerte utilización en la barrera y en la laguna arrecifal; la primera con un área de 247.76 km² es utilizada especialmente para la pesca de la langosta (*Panulirus argus*), abadejo (*Mycteroperca bonaci*), pargos (*Lutjanus* spp.), cabrillas y mero (*Epinephelus* spp.). En la laguna (410.09 km²) con sus extensos ceibadales y zonas arenosas se pesca caracol rosado y con redes agalleras se realizan capturas de especies pequeñas de mojarra (*Gerres cinereus*) y jureles (*Caranx* spp), tanto para consumo como para carnada de huachinangos. La captura de barracudas en ésta

zona es también común. La zona norte es poco frecuentada y aparentemente no tiene ningún uso pesquero (141.51 km²). En la zona sur del banco existe un área de solapamiento donde coinciden los tres tipos de pesca (46.09 km²). Las diferentes capas de macrodescriptores para cada grupo coralino fueron reunidas en una sola que mostrara las características totales del grupo, posteriormente la reunión de ambas capas fueron la base para definir las áreas prioritarias de conservación, dicho esquema fue contrastado con la zonificación propuesta por Torruco y González (1994) y el INE (2000) (Figura 4).

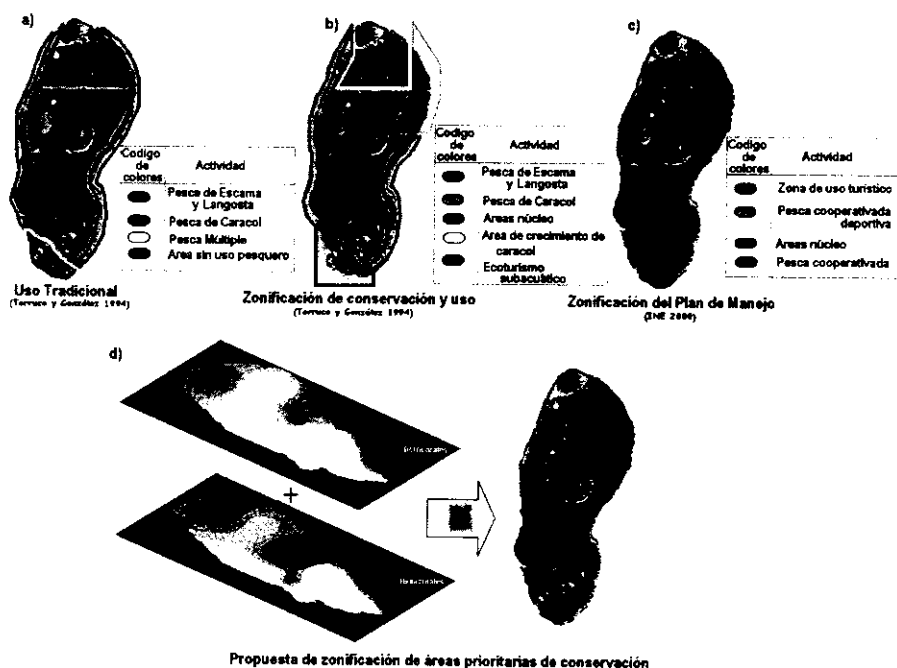


Figura 4. Representación de las diferentes propuestas de zonificación de la laguna arrecifal de la Reserva de la Biosfera de Banco Chichorro. a). Uso tradicional del arrecife (Torruco y González 1994). b). Zonificación de conservación y uso (Torruco y González 1994). c). Zonificación del programa de manejo (INE 2000). d). Propuesta de zonificación de áreas prioritarias de conservación (este trabajo).

DISCUSIÓN

Las áreas protegidas constituyen una estrategia social ante la naturaleza (Ordoñez-Díaz y Flores-Villela 1995), ya que son una forma de ordenamiento territorial y representan un factor de equilibrio, es por ello que han sido reconocidas como una solución a los problemas ambientales; sobre todo por su integración a las actividades sociales, culturales y económicas de la región (Miller 1980). La importancia de Banco Chinchorro radica en que es un ecosistema con límites precisos y susceptible a convertirse en un modelo de administración. Además de que el área tiene un gran potencial para desarrollar algunos tipos de turismo ecológico, que deben ser positivos para los usuarios del Banco sin alterar de manera irreversible los procesos ecológicos esenciales del ecosistema ni la organización social de los usuarios.

Los SIG han resultado una herramienta poderosa y flexible para la cartografía de áreas remotas costeras, particularmente cuando no pueden aplicarse técnicas convencionales fotogramétricas (Rodríguez-Bejarano 1991, Claro y Rhomann 1994). Además, la habilidad del SIG para integrar datos exhibe una amplia gama de fuentes y proporciona rápida y fácilmente productos accesibles lo que lo hacen muy conveniente para la planificación de la administración de recursos. Con la imagen de satélite se tiene una visión sinóptica del área; sin embargo el éxito de contar con múltiples puntos para la georeferencia estuvo dada por la geomorfología de Banco Chinchorro, cuya definición es clara y precisa. Además su utilización en esta localidad muestra que el sensor remoto del satélite puede ofrecer información valiosa de la estructura del arrecife, siempre y cuando a través de un intenso trabajo de campo se obtenga la georeferencia de la imagen y la separación espectral de las comunidades biológicas, las cuales se dificultan en ambientes marinos, debido principalmente a la columna de agua (Bainbridge y Reichelt 1988, Friel y Haddad 1992). Del análisis visual inicial de los datos se observa en general una separación de clases del fondo, sin embargo posteriormente con la diferencia de bandas, el análisis digital permitió descubrir cambios significativos texturales, que mostraban alta incidencia con los datos de campo, proporcionando una fuente de información con un bajo costo y una alta efectividad (Luczkovich et al. 1993, Zainal et al. 1993),

Los datos muestran que el substrato predominante en la laguna arrecifal de Banco Chinchorro es arenoso, ya que tanto las arenas finas como medias alcanzan un alto porcentaje del área total (aproximadamente el 50%) y están distribuidas principalmente en la parte norte, estas extensas áreas no son hábitat favorable para especies de alto valor comercial; sin embargo, se presentan con gran frecuencia juveniles de caracol rosado. La parte sur en donde el desarrollo de parches arrecifales es más intenso, presenta el 13.09 % del área total de substrato coralino, soportada por las condiciones óptimas de calidad y temperatura del agua. El área registrada más pequeña es de substrato fangoso que apenas alcanza el 0.11% del total; sin embargo, por sus características intrínsecas es una de las áreas más importantes en el Banco (Torruco y González 1992). La vegetación terrestre está compuesta principalmente por mangle, con un área de aproximadamente el 0.75 %. Una parte importante de la extensión del banco esta compuesta por praderas de

Thalassia, ya sea asociada con arena o con otras asociaciones fitobentónicas, estas plantas marinas han tenido un desarrollo extenso, debido a las condiciones arenosas en gran parte del sistema.

De los resultados obtenidos con la zonificación de los usos tradicionales del Banco, el área más extensa es la de pesca de langosta y escama (42.32%); sin embargo, la zona sur (12.9%) parece ser la más diversificada, originada probablemente por la presencia de los parches arrecifales, que sirven de abrigo y protección a las especies que se comercializan. Los esquemas de utilización propuestos anteriormente (Torruco y González 1994, INE 2000) designan áreas núcleos en esas zonas, sin embargo, la designación se había realizado de manera un tanto empírica, y si bien la magnitudes de las áreas son diferentes, la coincidencia geográfica es muy alta. Ambas propuestas de utilización controlada mencionan la designación de áreas núcleo y de amortiguamiento sin ninguna conexión aparente; sin embargo, la interpolación de la riqueza, diversidad y madurez de la comunidad coralina permite conocer el grado de conectividad y la forma topológica que presenta en el espacio esta relación; si partimos del objetivo inicial de la designación de áreas núcleo, que es el preservar zonas de alta biodiversidad, las áreas núcleo deberán identificarse con las áreas nodulares de valores altos, es por ello que se propone un rearrreglo de las áreas prioritarias de conservación esquematizadas en la Figura 4. También debe considerarse que las las zonas productivas son de uso múltiple a pesar de la especificidad de las mismas; sin embargo, esto mismo hace que al proponer una estrategia de utilización múltiple sea más fácilmente aceptada por los usuarios sobre todo si existe una reglamentación con fuertes bases científicas, ya que hasta ahora solo se han regulado por temporadas de vedas y cuotas de pesca sin ningún fundamento sólido.

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se pueden descubrir perspectivas de aplicación inmediatas en la conservación y mantenimiento de la biodiversidad de este ecosistema y proponer una diversificación de actividades. Debido a que las líneas generales de uso y conservación solo están basadas en aspectos ecológicos del arrecife, es necesaria la interacción de disciplinas sociales. Ya que el detalle y rigor de los aspectos socioeconómicos utilizados, muestran una cierta ambigüedad e imprecisión en algunos de los parámetros sociales, tanto demográficos como económicos mencionados en las anteriores propuestas. Esto crea la necesidad de mantener un determinado grado de precisión al momento de combinar estos criterios para mejorar la formulación presentada. Por otro lado, solo se utilizaron los grupos arrecifales con mayor importancia como constructores del arrecife; sin embargo, es recomendable que este análisis se realice con otros grupos arrecifales que tienen gran importancia en la dinámica y evolución del arrecife como pueden ser las esponjas, las macroalgas los hidrozoarios y los peces, que pueden dar información que ayuden a delimitar con mayor precisión la zonificación propuesta.

A pesar de que se ha demostrado que el arrecife del coral como recurso natural tiene un valor económico, social, cultural, e inherentemente proporciona servicios biológicos (Chávez e Hidalgo 1988, 1989, Chávez 1994). El arrecife del coral juega un papel importante en el aspecto social de muchas comunidades costeras; son un

recurso de gran belleza estética, incomparable biodiversidad marina y fuente de ingresos importantes para la población local. Y si bien los beneficios del arrecife de coral son muchos, es necesaria la inclusión de parámetros sociales y económicos que ponderen los valores del arrecife con la explotación que se realiza y con las directrices de conservación que buscan un desarrollo sustentable del área. Los beneficios económicos que fluyen del arrecifes de coral son tan diversos como el arrecife mismo e incluye protección de la línea costera, mantenimiento de las pesquerías, valores de la existencia, caliza y joyas. Sin embargo, el turismo subacuático (SCUBA) es el servicio económico de mayor importancia en economías basadas en el arrecife. Y aunque en Banco Chinchorro esta actividad es incipiente, el mantenimiento de un sustentable turismo arrecifal es con frecuencia el elemento central en la justificación de áreas marinas protegidas (Pendleton 1993). Al fomentar el uso sustentable del ambiente marino (Gilmour 1989), se beneficia la economía del área y se evita la degradación ambiental. Esta investigación ha mostrado la atención positiva que un conjunto finito de factores políticos, sociales y económicos son de importancia primaria a la preservación de la biodiversidad marina a través del uso de áreas marinas protegidas. Esperamos que la información proporcionada motive a otros investigadores a ejecutar en el futuro pruebas para determinar el nivel de causalidad entre factores de administración y la efectividad de las áreas marinas protegidas para preservar la biodiversidad de Banco Chinchorro.

LITERATURA CITADA

- Bainbridge, S.J. and R. E. Reichelt. 1988. An assessment of ground truthing methods for coral reef remote sensing data. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*. 2:439-444
- Chávez, E.A. 1994. Los recursos marinos de la Península de Yucatán. In: A. Yañez-Arancibia (Ed). *Recursos faunísticos del litoral de la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX. Serie Científica. 2: 1-12
- Chávez, E.A. y E. Hidalgo. 1988. Los arrecifes coralinos del Caribe noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. Mexico*. 15(1):167-176
- , 1989. The human impact on the coral reef environment in México. Pages 81-86 in: Chávez, E.A. (Ed) *Proc. Workshop Australia-Mexico on marine science*. CINVESTAV. U. Mérida. México.
- Clark, A.E. and S.O. Rhomann. 1994. Mapping and analyzing benthic habitats in the Florida Keys National Marine Sanctuary. *Procc. 2o. Thematic Conference on Remote Sensing of Marine Coastal Environments*. New Orleans 2:542-545.
- Friedl, C. and K. Haddad. 1992. GIS manages marine resources. *GIS World* 5(9): 33-36
- Gilmour, A.J. 1989. Coastal management in Australia. In: Chávez, E.A. (Ed) *Proc. Workshop Australia-Mexico on marine science*. CINVESTAV. U. Mérida. México. 133-142

- Hildebrand, I.P. and E.J. Norrena. 1992. Approaches and progress toward effective integrated coastal zone management. *Marine Pollution Bulletin* 25:94-97
- INE, 2000. *Programa de manejo Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro*. INE/SEMARNAP, México. 152 p.
- Kelleher, G. 1989. Managing the Great Barrier Reef. *Oceanus* 29(2):13-19
- Luczkovich, J.L., T.W. Wagner, J.L. Michalek and R.W. Stoffle. 1993. Discrimination of coral reef, seagrass meadows, and sand bottom types from space: A dominican Republic case study. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 59(3):385-389
- Miller, K. 1980. *Planificación de parques nacionales para el ecodesarrollo en América Latina*. Fundación para la Ecología y la Protección del Medio Ambiente. Madrid. España.
- Mumby, P., P.S. Raines, D.A. Gray and J.P. Gibson. 1995. Geographic information systems: A tool for integrated coastal zone management in Belize. *Coastal Management* 23:111-121
- Ordóñez-Díaz, M.J. O. Flores Villela. 1995. *Áreas naturales protegidas*. Pronatura. Conservation International Mexico, A.C.
- Pendleton, L.H. 1994. Environmental quality and recreation demand in a Caribbean coral reef. *Coastal Management*. 22:399-404
- Rodríguez-Bejarano, D. 1991. Técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica en el manejo de los recursos naturales. *Memorias del II taller Internacional de Procesamiento Digital de Imágenes y Visión*. IIMAS, UAMI, CCTF y UACH.
- Sobel, J. 1993. Conserving biological diversity through marine protected areas: A global challenge. *Oceanus*. 36(3):22-23
- Thomas, Y.F. 1992. Estudio por sensores remotos de los arrecifes de coral del Archipiélago de San Bernardo (Colombia). *Taller de arrecifes coralinos, Investigaciones y manejo. Boletín Ecotrópica: Ecosistemas tropicales*. 1:5-11
- Torruco, D. y M.A. González. 1992. *Procesos ecológicos de interacción entre la comunidad bentónica y la explotación pesquera en Banco Chinchorro, Quintana Roo*. Reporte Técnico CONACYT. México.
- Torruco, D. 1995. *Faunística y ecología de los corales escleractinios en los arrecifes de coral del sureste de México*. Phd. Dissertation. Universitat de Barcelona. 268 p.
- 1994. *Bases ecológicas para la administración ambiental y el desarrollo económico de Banco Chinchorro*. Reporte Técnico Wildlife Conservation Society.
- Zainal, A.J.M., D.H. Dalby and I.S. Robinson. 1993. Monitoring marine ecological changes on the east coast of Bahrain with lansat TM photo. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 59(3):415-421