

92



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

"COMPOSICION DE ESPECIES DE MACROCORALES HERMATIPIICOS DE ZONAS ARRECIFALES SOMERAS DE VERACRUZ, VER.: SU USO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION EN EL CASTILLO DE SAN JUAN DE ULUA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

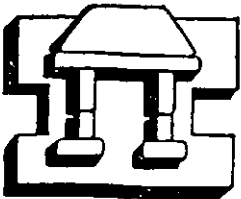
B I O L O G O

P R E S E N T A :

EDUARDO PALACIOS CORIA

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. GUILLERMO J. HORTA PUGA

294264



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEX.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Es mi deseo, no obligación, dedicar a todas aquellas personas involucradas en este mi primer paso hacia el Biólogo que siempre he deseado ser:

A mis Padres, Norma Aída Coria Montes de Oca y Rafael Palacios Beas, por regalarme el primer don: la Vida. Una mención muy especial y enorme para ti, Mamá, ya que gracias a tu enorme corazón, coraje y ejemplo es posible escribir esto y nunca dejaste de creer en mí, aún en mis peores momentos. Gracias por ser como eres, Mamá.

Al amor de mi vida y más allá, Marycarmen, porque acepto el reto de vivir la vida conmigo y nunca dejo de alentarme en la buenas, las malas y las revisiones. Además, Gracias por graduarme de Papá.

A mi pedacito de cielo, mi bebe, que me impulsa a seguir siempre adelante.

A mis hermanos Blanca Estela, Rafael y Norma Angélica ,porque son una parte esencial en mi vida. También a sus pieles: Mario, Citlalli y Sergio

A mis suegros Pablo Cárdenas y Ma. Del Carmen Miranda, nada más por darme al amor de mi vida y a mis cuñados: Pablo, Alejandra, y Arturo.

A mis lindos sobrinitos: Norma Valerie, Mario, Karla y Regina.

A mis carnalazos que siempre cuentan conmigo y yo con ellos: Cesar Castro y Edgar Tovar.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, maestro y buen amigo, M. en C. Guillermo Javier Horta Puga, gracias por tus consejos y el tiempo que le dedicaste a esta tesis.

M. en C. Adolfo Cruz, Biol. Ma. De los Ángeles Sanabria y Biol. Ángel Moran, sus prudentes observaciones y consejos le dieron calidad a este trabajo.

A los biólogos Edgar Tovar, Gilberto Acosta, José Luis Tello, Guadalupe Barba y Xochitl Coromoto por su colaboración en el trabajo de campo y los buenos ratos que pasamos.

A todo el personal de la UBIPRO con el que tuve la suerte de convivir, me falta memoria para los nombres pero me sobran agradecimientos para las personas.

A mis jefes de la C.N.V.E.. de la S.S.A: Dr. Oscar Velásquez, Dr. Jorge Méndez, Dr. Carlos Contreras, Dr. Héctor Olguín y Dr. Francisco Rodríguez por su apoyo y comprensión durante el desarrollo de este trabajo. Mención especial para todos mis compañeros en las brigadas.

A mis cuates de la carrera: Memo, Luis Manuel, Oswaldo, Vicente, Martín, Manolo, Lety, Marisol, América... y demás que se me olviden.

A TODOS Y PRINCIPALMENTE A DIOS, MIL GRACIAS.

RESUMEN

El coral es ampliamente usado como material de construcción en muchas áreas costeras ya que a menudo es el único material disponible o el de más fácil acceso. En México el mejor ejemplo de esto es la ciudad de Veracruz, la cual presenta una gran cantidad de edificios construidos con coral como lo es el castillo de San Juan de Ulúa que en su mayoría esta construido con bloques de coral masivos obtenidos muy probablemente de los arrecifes más cercanos y accesibles. La investigación bibliografica acerca de la evolución arquitectónica de esta fortaleza permitió conocer las diversas etapas de construcción, cronología, cantidad y tipo de coral utilizado, permitiendo suponer que todo el material de origen coralino empleado en la construcción fue extraido de las zonas someras del arrecife de la Gallega. La determinación de la composición de la comunidad arrecifal en el momento de la construcción se baso en un análisis de similitud para comparar la composición de especies de macrocorales hermatípicos en las diferentes etapas de construcción del castillo y en tres zonas someras actuales escogiéndose los arrecifes de Hornos, Gallega e Isla Verde aplicando la talla mínima de bloque como, un volumen hipotético de los corales a ser considerados como parte de la comunidad arrecifal. Para establecer la comparación solo se tomaron en cuenta aquellas colonias masivas que tuvieran un tamaño mínimo similar al observado en los muros del castillo. Se determino e identifico la proporción de las especies de coral utilizadas en cada etapa de construcción realizando 5 muestreos en donde se localizaron 14 muros contándose 6764 bloques coralinos, se tomaron medidas de largo y ancho de cada bloque para determinar la talla mínima. La identificación se realizo utilizando las características morfológicas, se contaron los bloques correspondientes a cada especie y se determino su abundancia relativa. Se encontró que para la construcción del Castillo se emplearon 6 especies de corales hermatípicos de las cuales *A. palmata*, *C. natans* y *Diploria spp* fueron las de mayor uso en las diferentes etapas de construcción, por lo que probablemente estas especies eran de las más abundantes al momento de su extracción. Para determinar la composición de especies de la comunidad coralina reciente solo se utilizaron los datos obtenidos en el arrecife de Isla Verde ya que los datos obtenidos de los otros dos arrecifes no se consideraron indicadores adecuados para comparar la composición de especies en las comunidades arrecifales actuales. Se ubicaron 22 estaciones en donde se aplico el método de muestreo por cuadrantes de 25 m². En cada una de las estaciones se identificaron y contabilizaron los corales presentes en base a sus características morfológicas y tamaño. Se encontraron 6 géneros presentes considerándose como especie predominante a *Diploria spp.* con base en su abundancia relativa, en la actualidad esta es la única especie con colonias masivas de tamaño comparable a las usadas en la construcción del Castillo.

INDICE

RESUMEN	I
INDICE	II
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	III
INTRODUCCIÓN	
El uso del coral como material de construcción	1
Historia de la ciudad de Veracruz y de la Fortaleza de San Juan de Ulúa.....	2
Impacto de las actividades de construcción en el SAV	6
Análisis retrospectivo de macrocorales hermatípicos en el castillo de San Juan deUlúa	7 8
OBJETIVOS	12
Objetivo General	
Objetivos particulares	
Hipótesis del estudio	
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	13
MATERIALES Y MÉTODOS	
Diseño metodológico	17
Muestreo: Castillo de San Juan de Ulúa	18
Muestreo: Zonas arrecifales someras	22
Trabajo de gabinete	23
RESULTADOS	
Investigación documental	24
Castillo de San Juan de Ulúa	27
Composición de especies en zonas arrecifales someras	37
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
Consideraciones sobre la zona arrecifal de extracción de cada especie	41
Composición de la comunidad y sus variaciones	43
CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

- I. Especies coralinas presentes o ausentes por etapa de construcción.
- II. Abundancia total y relativa de ladrillos por especie en cada etapa de muestreo.
- III. Talla mínima de bloque de construcción de cada especie por cada etapa de construcción el Castillo de San Juan de Ulúa.
- IV. Composición de especies de corales hermatípicos en la plataforma arrecifal de Isla Verde Veracruz.
- V. Composición de corales hermatípicos en la plataforma arrecifal de Isla Verde de acuerdo al criterio de talla mínima obtenida a partir de los bloques de origen coralino del castillo de San Juan de Ulúa.
- VI. Investigación bibliográfica.

FIGURAS

1. Localización de Sistema Arrecifal Veracruzano en el Golfo de México.
2. Fortaleza de San Juan de Ulúa.
3. Evolución Constructiva de San Juan de Ulúa, Ver.
4. Bloques de coral utilizados en la construcción del Castillo de San Juan de Ulúa.
5. Mapa de la Planicie arrecifal de Isla Verde.
6. Obras construidas en la fortaleza de San Juan de Ulúa "Elementos tipológicos".
7. Forma de la hemisfera.
8. Bloque rectangular dentro de la hemisfera.
9. Mapa de la ubicación de los muros muestreados en el Castillo de San Juan de Ulúa.
10. Castillo de San Juan de Ulúa.- Porcentaje de especies coralinas utilizadas en la construcción.
11. Etapa II.- Proporción de especies coralinas utilizadas en la construcción.
12. Etapa III.-Proporción de especies coralinas utilizadas en la construcción.
13. Etapa IV.-Proporción de especies coralinas utilizadas en la construcción.
14. Etapa V.- Proporción de especies coralinas utilizadas en la construcción.
15. Etapa VI-Isla Verde.-Proporción de especies presentes en la plataforma arrecifal y proporción de especies susceptibles de ser usadas como material de construcción.
16. Porcentaje de uso de las diferentes especies de corales hermatípicos utilizados en la construcción del Castillo de San Juan de Ulúa.

INTRODUCCIÓN

EL USO DEL CORAL COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Un factor importante en la destrucción de arrecifes coralinos es la minería de coral con fines de construcción y uso industrial (Guilcher, 1988). Para la gente que vive en muchas áreas costeras y atolones, el coral es a menudo el único material disponible para construcción, incluso en mayor escala que la madera de árboles (Wells y Hanna, 1992). Históricamente, el uso de coral como material de construcción había tenido relativamente poco impacto debido a que las poblaciones cercanas a las costas o islas eran pequeñas y la construcción se realizaba a pequeña escala, pero en años recientes la minería del coral se ha incrementado dramáticamente como un resultado directo, en la mayoría de los casos, del rápido crecimiento del turismo, que implica la construcción de hoteles y toda la infraestructura relacionada, como carreteras, muelles, pistas de aterrizaje, etc. (Ormond y Douglas, 1996). La minería del coral se practica, en gran escala, en las Maldivas, Islas Mauricio, Ceylan, India, Indonesia, Islas Filipinas, las Comores, Saba y los atolones del Pacífico (Wells, 1984; Hulm y Pernetta, 1993; Sluka y Miller, 1998).

El coral es utilizado ampliamente en la construcción de carreteras y oficinas en la capital de las Maldivas, Malé, y para puertos y malecones en algunas islas, donde fueron utilizados cerca de 93,000 m³ de roca coralina. Se espera que la demanda proyectada de corales sea de 2000 m³ por año, hasta 1995 (Brown y Dunne, 1988).

Muchos de los arrecifes impactados por la minería muestran escasos signos de recuperación aún después de 10 años y se estima que podrían necesitar más de 50 años para regenerarse, asumiendo que existiera un mínimo de perturbación durante este periodo. Algunos nunca se recuperarán. Se ha estimado que si la minería del coral continua al ritmo actual, el atolón Male Norte podría ser erosionado completamente en el año 2014 (Wells y Hanna, *op. cit.* 1992).

En la Polinesia Francesa la mayor fuente de material de construcción, principalmente para carreteras y desarrollo urbano, han sido siempre los corales. La extracción de este material ha llevado a la multiplicación de sitios explotados, en su mayoría cerca de Papeete, Tahiti, donde solo en 1985 se ubicaron 36 sitios de minería de coral. En la isla Phuket, Tailandia, los arrecifes han sido minados durante 70 años, lo que ha dado como resultado una fuerte perturbación (Guilcher, 1988).

La minería de coral también es ampliamente practicada a lo largo de la costa de Tanzania con altos niveles de extracción. En esta zona los recursos alternos en materiales de construcción son escasos, lo que lleva a la explotación de los arrecifes coralinos que las rodean (Dulvy *et al.*, 1995). En Ceylan aproximadamente 10 000 toneladas de corales vivos son extraídos de los arrecifes cada año (Dulvy *op. cit.*, 1995).

En Indonesia, los arrecifes de coral también han sido usados desde hace tiempo con fines de construcción y producción de cal. Esta actividad destruye amplias planicies arrecifales y el costo económico de esta

destrucción se ha estimado en 7000 USD por km² de planicie arrecifal minada. En Bali se usa principalmente para la construcción de hoteles (Cesar *et al.*, 1997). En Java, Edinger *et al* (1997) reportan que en el 75 % de las construcciones en la villa Karimunjava se utiliza el coral como principal material de construcción.

En Sudan, en la costa central del Mar Rojo, existe una antigua ciudad llamada Suakin, desocupada en la actualidad, que esta totalmente construida de coral, por lo que se le conoce como la Ciudad Coralina de Suakin. Consta de aproximadamente 300 edificios de tipo islámico; su origen se remonta al siglo XVI (Greenlaw, 1976).

En las Islas Pescadoes, al oeste de Taiwán, la gente usa corales para construir paredes y rompevientos, incluso con fines agrícolas si es posible (K. Soong com. pers.) En la isla de Negros, en las Filipinas, existen algunas viejas iglesias hechas de roca coralina que datan de la era española. (D. Fenner com. pers.). Los corales son utilizados también para hacer yeso de construcción, además de que se usan para neutralizar la melaza de la caña de azúcar en La Réunion, Islas Mauricio (Bernard A. Thomassin com. pers). En la ciudad de Belice, aproximadamente en la década de los 40's, se utilizo *Acropora cervicornis* para la construcción y rellenado de una carretera (Melanie D. McField com. pers.).

Con respecto a México, se tiene conocimiento de que los indígenas que habitaron en la península de Baja California antes de la conquista, emplearon bloques de coral y coral pulverizado para la construcción de casas (del Barco, 1757, en Reyes – Bonilla, 1993). Sin embargo, la ciudad de Veracruz presenta el mayor número de edificios construidos con coral, ya que sólo el centro de la ciudad consta de 1106 edificaciones construidas con este material, entre las que podemos citar el Palacio de Gobierno (construido en 1627), Aduana y Comisaria (1843-1844), Teatro (1834 - 1835), plaza del mercado (1840-1843), carnicería y pescadería (1605), cuarteles y galería (finales del siglo XVIII), atarazanas (1719-1732), la parroquia (1721) el Castillo de San Juan de Ulúa (1544-1846), entre muchos otros (Lerdo de Tejada, 1858).

HISTORIA DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y DE LA FORTALEZA DE SAN JUAN DE ULÚA

En 1519, al mando de Juan de Grijalva, arribaron los españoles a las playas y cayos arrecifales de Chalchihucuecan, nombre nahuatl de la zona que actualmente es ocupada por la ciudad de Veracruz (Rodríguez y Manrique, 1991), concretamente, llegaron al islote que sería bautizado como San Juan de Ulúa. La elección del sitio de ataque obedeció a razones de índole marinera por considerar que el islote ofrecía protección contra los peligrosos vientos del norte; pero quizá también nació de conjeturas hechas a partir de informaciones indígenas, acerca de que, desde ese sitio, se podía encontrar, sin grandes dificultades, el paso más corto para ascender al altiplano, asiento del imperio azteca gobernado por Moctezuma (García Díaz, 1992).

Al asumir Hernán Cortés el nombramiento de justicia mayor y Capitán general, se fundo la Villa Rica de la Vera Cruz el 22 de abril de 1519 sobre los arenales situados frente al islote de San Juan de Ulúa, cambiando de

ubicación pocas semanas después debido principalmente por la carencia de elementos básicos de construcción, como piedra y madera, así como de serios problemas para el abasto de agua. El nuevo emplazamiento se ubicó sobre la costa, en un llano situado entre el pueblo totonaco de Quiahuitlán y el mar (García Díaz, 1992). Posteriormente, en 1525 la ciudad fue situada al lado del río Huitzilipán o Canoas (actualmente, el pueblo y el río son llamados La Antigua, Veracruz) buscando mejores condiciones para el embarque y desembarque de mercancías. En 1599 la ciudad fue ubicada en su actual localización, en el lugar conocido como las Ventas de Buitrón, sitio original donde fue fundada en 1519, ya que desde el punto de vista geográfico y mercantil, el enclave elegido era el más apropiado, o menos malo, para reducir los costos en la transferencia de mercancías desde el altiplano hasta el puerto (García Díaz, 1992). De esta manera, el puerto de Veracruz quedó situado en el Sistema Arrecifal Veracruzano, el cual es un complejo arrecifal formado por dos grupos de arrecifes (grupos N y S) separados debido al afluente del Río Jamapa-Atoyac, en la vecindad con Boca del Río, entre el puerto de Veracruz y el pueblo de Anton Lizardo (Figura 1).

La Fortaleza de San Juan de Ulúa fue construida para proteger a los veleros españoles de los fuertes vientos conocidos como “nortes”, para defensa del puerto de Veracruz y las costas colaterales del vasto territorio recién conquistado y de los ataques de bucaneros y piratas; después fue utilizada como prisión de Estado para reos civiles y militares generalmente sentenciados a muy largas condenas (Figura 2). Su edificación se realizó sobre el islote del arrecife La Gallega, constituido por madrepora llamada vulgarmente “piedra muca” o “múcara”; la construcción se comenzó en 1544, empleándose en este proceso más de 200 años y un costo que sobrepasa la enorme cifra de 40 millones de pesos, que equivaldrían a más de mil millones de pesos actuales. Al consumarse la Independencia Nacional, fue el último reducto de las tropas españolas, que de allí, después de un tenaz y prolongado asedio, fueron desalojados en noviembre de 1825 por el general don Miguel Barragán con la cooperación del marino don Pedro Sáinz de Baranda. Posteriormente, jugó un papel importante contra la flota naval francesa en 1838 y 1863, y contra la norteamericana en 1847 y 1914. Finalmente, cuatro años después de la caída de la dictadura porfirista, la fortaleza dejó de ser prisión por decreto del Primer Jefe del Ejército Constitucionalista, para convertirse, ya convenientemente reformada, en museo histórico regional, en talleres de carpintería y maestranza y en productor astillero en pequeña escala. En la actualidad es un lugar muy visitado por turistas nacionales y extranjeros (Martínez, 1968).

Figura 1. Localización del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) en el Golfo de México

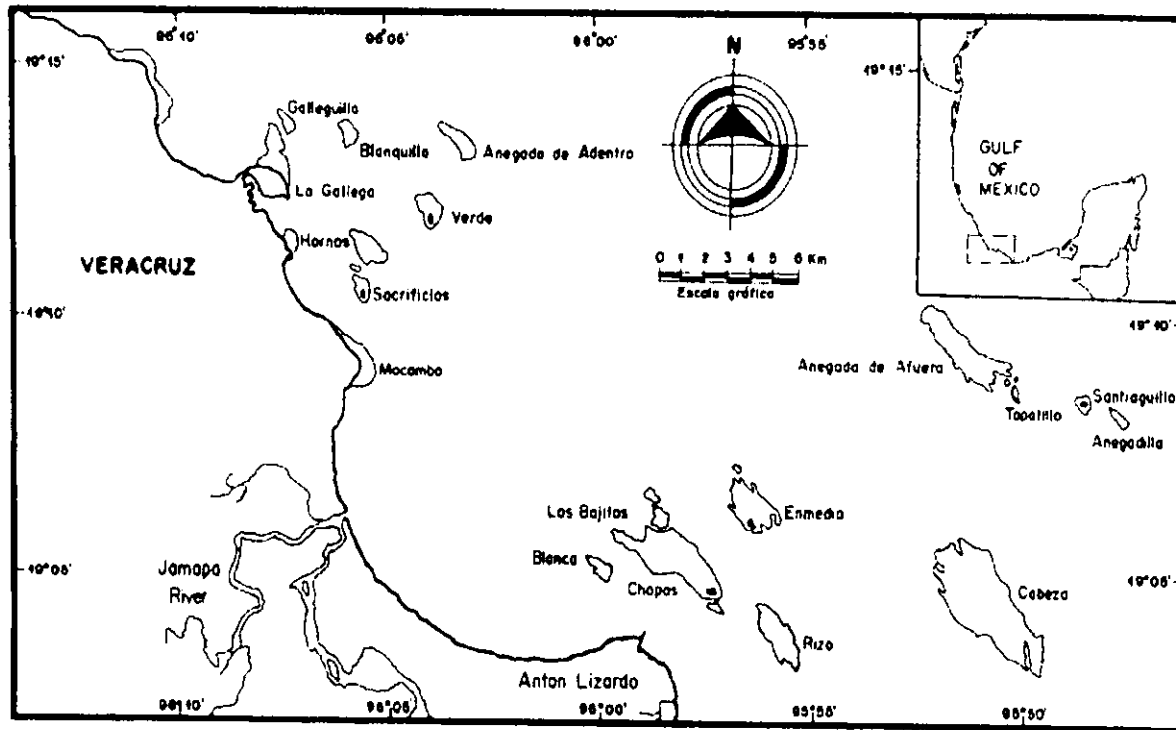
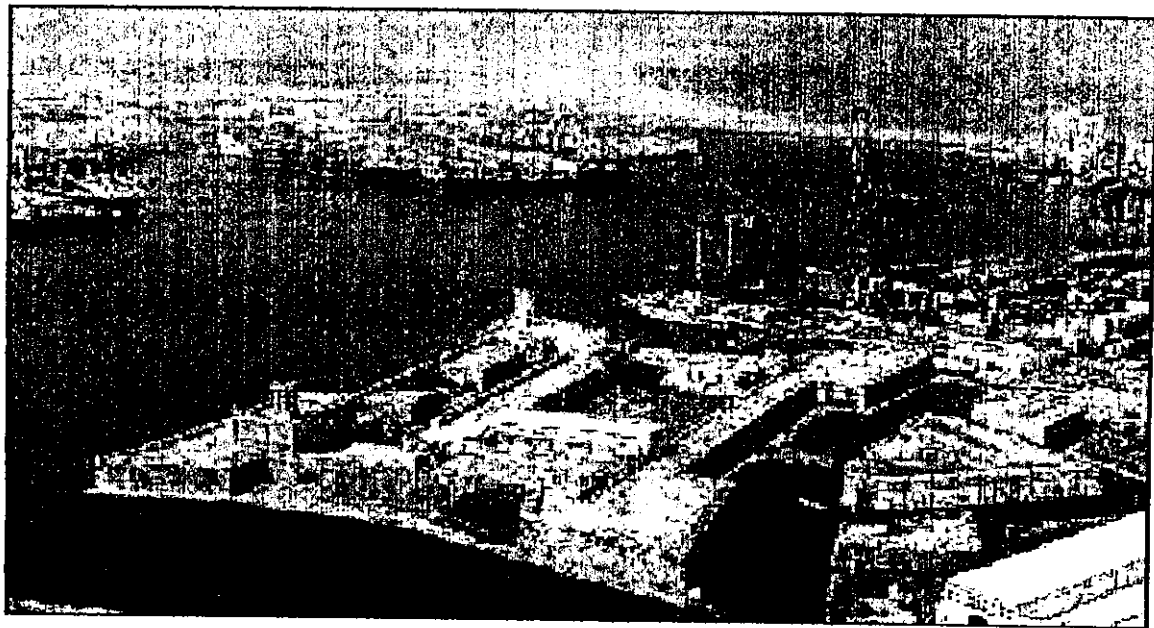


Figura 2. Fortaleza de San Juan de Ulúa



IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SAV

El uso de corales pétreos (Piedra de Múcar o Múcara, como es conocida en el estado de Veracruz) con fines de construcción y la modificación de la línea de costa por construcción de fortalezas, puertos y rompeolas, han sido la causa principal de cambios importantes en la morfología arrecifal y la estructura de comunidades coralinas someras en Veracruz.

Casi toda la construcción del Castillo de San de Ulúa fue hecha utilizando bloques de corales masivos que probablemente fueron obtenidos de las áreas arrecifales someras adyacentes. El coral también fue pulverizado y mezclado con arena para obtener un mortero utilizado para unir las piezas de construcción. Las especies coralinas más utilizadas fueron: *Siderastrea radians*, *Porites astreoides*, *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Colpophyllia natans*, *Montastraea annularis* y *M. cavernosa*. (Carricart-Ganivet, 1998). También se utilizó *Acropora palmata* (obs. pers.).

Como la ciudad de Veracruz estaba situada donde no había disponibilidad de materiales de construcción, la necesidad de estos promovió el uso de los corales como ladrillos. La parte de la ciudad rodeada por la antigua muralla, actualmente es el centro de la ciudad. Todos los edificios públicos de los siglos XVII y XVIII, tales como hospitales, iglesias, conventos, oficinas de gobierno coloniales, la aduana, hoteles, etc.; en el centro de la ciudad y el baluarte fueron construidos con "Piedra de Múcar". Algunas construcciones pequeñas en los alrededores de la ciudad fueron también construidas con el mismo material. Sin embargo, no existen registros de la cantidad de cabezas de coral utilizadas, pero seguramente fueron cientos de toneladas. Por consiguiente, la construcción de la ciudad y el puerto de Veracruz muy seguramente implicó un extenso daño del ambiente arrecifal.

Mapas antiguos de Veracruz, de los siglos XVII y XVIII, muestran tres arrecifes aparentemente bien desarrollados: Ebreos, Gavias y Caleta, que en la actualidad no se encuentran. La posición geográfica y la morfología de los arrecifes Ebreos y Gavias no esta bien definida, no se sabe si eran arrecifes de plataforma aislados y bien desarrollados, o si sólo eran pequeños cayos arenosos situados sobre la plataforma arrecifal oeste del arrecife La Gallega. Sin importar lo que eran, están destruidos completamente en la actualidad. Es muy probable que los corales de estas estructuras arrecifales fueran utilizados como bloques de construcción. Otra posibilidad es que, en la actualidad, estén enterrados debajo de la terraza que conecta la isla de San Juan de Ulúa con tierra firme. También los arrecifes como Hornos y La Gallega fueron perturbados severamente por la extracción de coral. Aunque no existen registros de la cantidad de coral utilizado para propósitos de construcción, los corales seguramente fueron obtenidos de los arrecifes más cercanos y accesibles, como La Gallega, Hornos, Ebreos, Gavias y Caleta. De esta manera, el ambiente arrecifal ha sufrido cambios significativos por la actividad del hombre (Horta-Puga com.pers)

La abundancia relativa de una especie en una comunidad indica la proporción en la que esta especie contribuye a la abundancia total, en términos del número de individuos (McNaughton y Wolf, 1979).

Las mediciones sobre estructura de la comunidad que se pueden obtener en arrecifes de coral provienen del uso de métodos de cuadrantes y transectos en línea. A partir de estas técnicas es posible calcular la cobertura coralina y obtener valores de diversidad, número y tamaño de colonias coralinas (Loya, 1972; Scheer, 1978; Dodge *et al.*, 1982).

En relación con la distribución de los arrecifes de coral de la porción sudcentral del Golfo de México se pueden ubicar en la provincia biogeográfica del Caribe (Vargas-Hernández *et al.*, 1993). Sin embargo, esta no es rica en áreas arrecifales, la turbiedad de sus aguas y la escasez de lechos rocosos no permiten las condiciones adecuadas para ello, de tal forma que en el Golfo, las formaciones coralinas aparecen dispersas en pequeñas áreas. Una de estas áreas se ubica frente al Puerto de Veracruz y el pueblo de Antón Lizardo al oeste del Golfo de México, es un complejo arrecifal conocido como Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) (Figura 1). Es el sistema más extenso en el Golfo, y representa el límite occidental de distribución de arrecifes coralinos en el Atlántico (Tunnell 1988, Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

En general, la profundidad en las plataformas arrecifales del SAV oscila entre 0.5 y 2 m; están formadas por arenas de origen coralino y restos de moluscos principalmente, estas presentan pequeños parches de *Thalassia testudinum* (ceibadales o pastos marinos), zonas de coral y zonas de restos esqueléticos de coral; las especies coralinas más frecuentes en la plataformas arrecifales son *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Siderastrea radians*, *Porites astreoides* y *P. porites* (Carricart -Ganivet y Horta Puga, 1993).

ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE MACROCORALES HERMATÍPICOS EN EL CASTILLO DE SAN JUAN DE ULÚA

En el caso del castillo de San Juan de Ulúa, no existen datos acerca de la cantidad de material coralino empleado, pero la evolución arquitectónica de sus etapas de construcción se encuentran bien documentada por los trabajos de Gomedel y Escalante (1544), Eraso (1570), Antonelli (1590), Franck (1689), de la Cámara Alta (1763) y Tejada (1846) (Muñoz, 1994) (Figura 3).

En los muros del castillo se observan a simple vista bloques hechos de colonias coralinas hermatípicas masivas en buen estado de conservación, es decir, no se encuentran muy dañadas o erosionadas por el paso del tiempo (Figura 4).

Figura 3. Evolución Constructiva de San Juan de Ulúa, Ver.

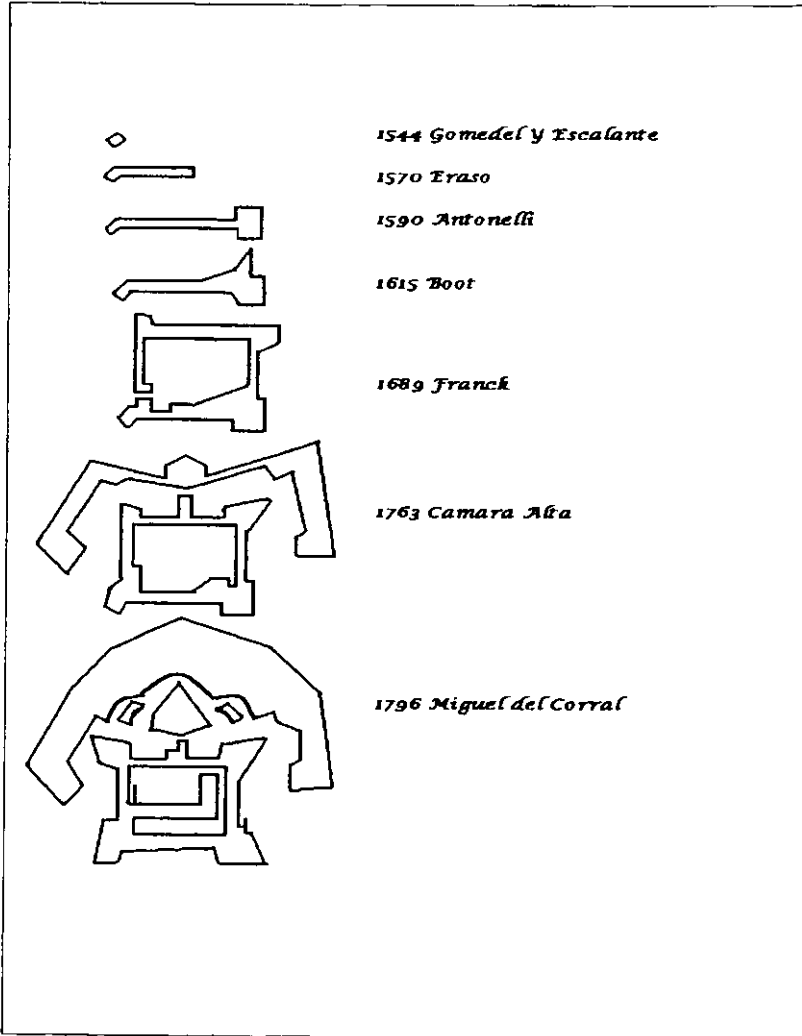


Figura 4. Bloques de coral utilizados en la construcción del Castillo de San Juan de Ulúa.



Estos bloques de construcción exhiben las suficientes características morfológicas del esqueleto para identificar a los bloques de origen coralino incluso, en el caso de algunos bloques, hasta nivel de especie; debido a esto, es posible identificar las especies utilizadas, número y tamaño de bloques usados por especie en los muros en cada etapa de construcción. Por otra parte, realizando un estudio de la composición de especies en comunidades coralinas hermatípticas en zonas arrecifales someras actuales del SAV, sería posible observar qué especies son las más importantes en cuanto a valor de abundancia relativa dentro de la comunidad, con el fin de evaluar el efecto sobre la comunidad de macrocorales hermatípticos debido a causas antropogénicas, principalmente por su extracción con fines de construcción.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar una comparación entre las especies de macrocorales hermatípicos utilizadas en la construcción del Castillo de San Juan de Ulúa con respecto a las especies existentes en las comunidades arrecifales someras adyacentes.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la composición de especies de las comunidades de macrocorales hermatípicos en la planicie arrecifal de los arrecifes La Gallega, Hornos e Isla Verde.
- Determinar las especies de coral usadas y su abundancia absoluta y relativa en cada una de las etapas de construcción del Castillo de San Juan de Ulúa.
- Realizar una investigación bibliográfica de carácter histórico-arquitectónico para determinar el lugar de extracción de los corales usados en la construcción del castillo de San Juan de Ulúa.
- Comparar los resultados de la composición de especies, obtenidos en el castillo de San Juan de Ulúa entre sí y determinar: Si existen diferencias en cuanto a la proporción de especies utilizadas durante cada etapa de construcción muestreada en el castillo

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El SAV está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental (PEMEX, 1987, en Vargas - Hernández *et al.*, 1993) que se elevan desde profundidades cercanas a los 40 m. Está construido en un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al Pleistoceno reciente, y es producto del descenso en el nivel del mar, debido al último periodo de glaciación, el Wisconsiniano (Emery 1963, PEMEX, 1987, en Vargas - Hernández *et al.*, 1993), por lo que los arrecifes se desarrollaron en el Holoceno solamente, hace 9000-10000 años (Morelick y Koenig, 1967; Kühlmann, 1975). El SAV se divide en dos grupos (grupos N y S) debido al afluente del Río Jamapa - Atoyac, del cual fluyen sus aguas hacia el Golfo en la vecindad con Boca del Río, entre Veracruz y Anton Lizardo. Todos estos arrecifes están geomorfológicamente orientados en dirección NO-SE, como respuesta a las corrientes marinas superficiales y vientos prevaletentes en el área, que cambian la dirección de su flujo de acuerdo a la temporada. Algunos arrecifes presentan un cayo arenoso emergido en el extremo SE, donde pueden vivir algunos animales y plantas terrestres (Heilprin, 1890; Emery, 1963; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Gutiérrez *et al.*, 1993) (Figura 1).

En los arrecifes del SAV el área somera de crecimiento coralino activo corresponde a la zona denominada Planicie Arrecifal, conocida también como plataforma o laguna arrecifal. Es un área bien iluminada con una profundidad de 1 a 1.6 m con aguas claras y turbulencia moderada. El fondo de esta zona es dominado tanto por los pastos marinos, *Thalassia testudinum*, como por comunidades coralinas (Emery 1963; Kuhlmann 1975; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Gutiérrez *et al.*, 1993). Las principales especies coralinas constructoras de arrecifes en el SAV son: *Acropora cervicornis*, *A. palmata*, *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Siderastrea radians*, *S. siderea*, *Montastraea annularis*, *M. cavernosa* y *Colpophyllia natans* (Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1993; Gutiérrez *et al.*, 1993).

Las zonas específicas de muestreo son los arrecifes Hornos, Isla Verde y La Gallega (Figura 1):

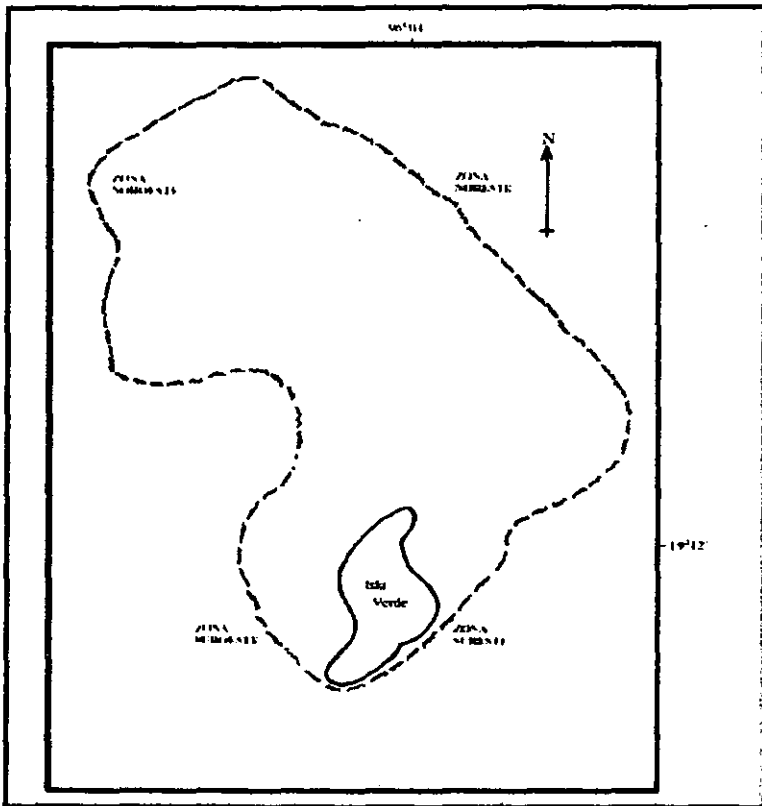
-El arrecife de Hornos es un arrecife de tipo costero y se localiza a los 19°11'29" N y 96°07'19" W. Abarca 1 km de la costa y en su parte más ancha mide 250 m.

-La Gallega es un arrecife de tipo plataforma y se localiza a los 19°13'13" N 96°07'37" W, actualmente se encuentra unido al puerto de Veracruz por una escollera construida a principios de siglo; su eje más largo es en dirección NW-SE con 2.37 km. Y su parte más ancha mide 1.25 km; en su extremo sur se encuentran construidos el Castillo de San Juan de Ulúa y una serie de edificaciones para el funcionamiento adecuado del puerto.

-Isla Verde es un arrecife de tipo plataforma y se localiza a los 19°11'50" N y 96°04'06" W; a 5.37 km de la costa; su eje más largo es en dirección NW-SE con 1.12 km y su parte más ancha mide 750 m; en su

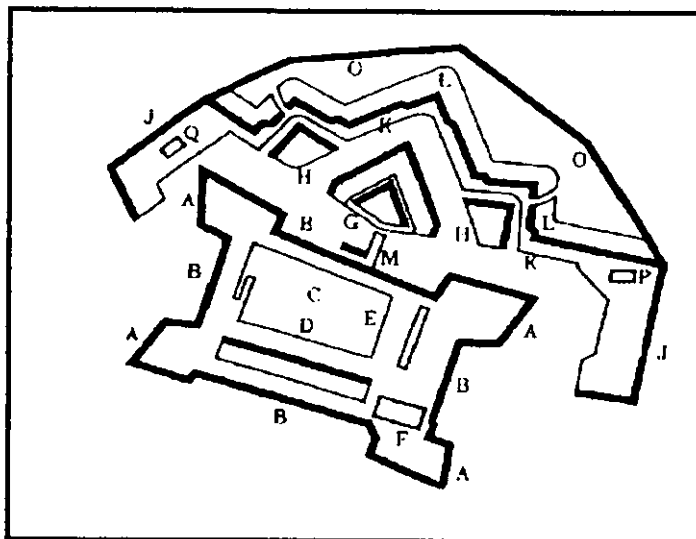
extremo sur presenta un pequeño cayo de 225 m de longitud por 125 m de anchura, conocido como Isla Verde. (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993) (Figura 5).

Figura 5. Mapa de la Planicie arrecifal de Isla Verde.



El Castillo de San Juan de Ulúa tiene un área total de 48542.36 m² y presenta una serie de edificaciones catalogadas como Obra permanente (siglos XVI al XVIII), Obras exteriores (Siglo XVIII) y Obras avanzadas (Siglo XIX) (Figura 6).

Figura 6. Obras Construidas en la Fortaleza de San Juan de Ulúa "Elementos Tipológicos"



OBRA PERMANENTE

Siglos XVI al XVII

A.- Bahuartes

B.- Cortinas

C.- Plaza de Armas

D.- Casa del Gobernador

OBRAS EXTERIORES

Siglo XVIII

G.- Rebellín

H.- Media Luna

J.- Batería Baja

K.- Camino cubierto

L.- Glacia

OBRAS AVANZADAS

Siglo XIX

Q.- Batería del Glacia

P.- Polvorín

Q.- Puerto de guardia

Diseño e Investigación: Arquitecto Francisco Muñoz Espejo

La primera organización territorial del islote de la Gallega fue ordenada por el primer virrey de la Nueva España a su llegada en 1535; el ingeniero Gomedel y Escalante erigen la llamada Torre vieja; actualmente se conservan la pequeña torre y la sección del muro reconstruidas en 1552, dentro de las estructuras de la fortaleza (Muñoz, 1994) (Figura 3) en adelante, esta se denominara como Etapa I.

Del periodo 1560 - 1590, el Coronel Cristóbal de Eraso concluye las obras pendientes del muro de argollas y la construcción de un baluarte en su extremo, con la consigna de guarnecer 300 soldados y resguardar la real flota naviera española de los vientos del Norte (Muñoz , 1994) (Figura 3) denominada Etapa II.

De 1687 a 1691 el Ingeniero Jaime Franck construyó la fortificación abaluartada de San Juan de Ulúa, utilizando la torre vieja, el muro de argollas y su baluarte, con el objetivo de concentrar una mayor guarnición para la defensa de la Nueva Ciudad de Veracruz; con el rango de ciudadela se integraron al interior del recinto una casa para el gobernador de la isla, un hospital para inválidos, una capilla, un almacén de pólvora y un acceso de embarcaciones menores (Muñoz, 1994) (Figura 3) denominada Etapa III.

De 1742 a 1763 se reforma y moderniza la fortaleza de San Juan de Ulúa, construyendo estructuras externas, estas contraguarnidas se desplantan en el perímetro noreste, se catalogan baterías bajas y se nombran de Guadalupe y San Miguel, un camino las unía y en medio la batería San José protegía la puerta del Fuerte (Muñoz, 1994) (Figura 3) denominada Etapa IV.

De 1766 a 1796 a cargo del ingeniero Miguel del Corral, la fortaleza cobró la forma que actualmente tiene, incorporando puestos de guardia, garitas, un foso inundado y obras exteriores de influencia europea (Vaubaniana) tales como el rebellín, lunetas, camino cubierto (o de ronda) y glacis, el fuerte contaba para entonces con una capacidad de artillería de 103 cañones, 4 morteros de fierro y 16 pedreros de bronce (Muñoz, 1994) (Figura 3) denominada Etapa V.

La última estructura de defensa se construye en 1843, consistente en una línea de defensa que reforzaría el perímetro noreste de la fortaleza; la obra construida con rellenos sobre el arrecife, consiste en una batería lineal que cubría perimetralmente la fortaleza, se instalaría artillería inglesa instalada sobre basamentos giratorios (Muñoz , 1994) (Figura 3) denominada Etapa VI.

MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO METODOLÓGICO

Con el fin de determinar el lugar o lugares de extracción de corales para la construcción de las diferentes etapas del castillo de San Juan de Ulúa, se realizó una investigación sobre documentos existentes referentes a su evolución arquitectónica principalmente en la biblioteca del Museo de Antropología e Historia de la ciudad de México, en el Archivo General de la Nación de la ciudad de México y en el Archivo y Biblioteca Históricas de la Ciudad de Veracruz. De esta investigación se obtuvo la siguiente información:

- Número de etapas de construcción, ubicación y extensión.
- Cronología de las etapas de construcción (inicio y final de construcción)
- Referencias al uso de coral (Piedra de Múcar o Múcara) en las diferentes etapas.
- Cantidades de material coralino usado.
- Lugar o lugares de extracción del material coralino.

Para obtener datos que permitan una descripción de la composición de la comunidad de corales en el castillo de San Juan de Ulúa, se consideró adecuado utilizar las paredes los muros por las siguientes razones:

1. Existen un total de 6 etapas de construcción pertenecientes a diferentes épocas: Gomedel y Escalante 1544, Eraso 1570-1590, Franck 1687-1691, Camara Alta 1742-1763, Miguel de Corral 1766-1796 y Tejada 1846.
2. En los muros correspondientes a cada etapa se observa que están contruidos en su mayoría con material de origen coralino.
3. El estado de conservación de los bloques de origen coralino es adecuado para identificar el género e incluso la especie de coral a la cual corresponde.
4. El castillo fue construido sobre el islote del arrecife La Gallega y probablemente la mayor parte del material de origen coralino fue extraído de este arrecife.
5. Los bloques de material coralino empleados en la construcción posiblemente provienen de colonias masivas de las zonas arrecifales someras, principalmente en la planicie arrecifal.

Debido a esto, para establecer una comparación con la composición de especies de corales en la actualidad, sólo se pueden tomar en cuenta aquellas colonias masivas que tengan un tamaño mínimo similar al de las especies usadas en la construcción o macro corales.

En los arrecifes propuestos se consideró lo siguiente: La Gallega es un arrecife situado justo enfrente del puerto de Veracruz, por esta razón, sobre su cayo arenoso se construyó el Castillo de San Juan de Ulúa, además de ser la probable fuente principal para la extracción de piedra Múcar

El arrecife de Hornos se encuentra unido a la línea costera de la ciudad de Veracruz, este arrecife fue aprovechado como fuente directa de materiales para construcción de casas, monumentos y protección del puerto, por lo que el impacto antropogénico ha sido directo debido a su accesibilidad (Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

El arrecife Isla Verde se encuentra más alejado de la costa (5.37 Km) y su acceso es un poco más difícil, estas condiciones implican un probable menor impacto de las actividades humanas por extracción de corales con fines de construcción.

Esto nos da tres puntos de muestreo, que por su situación geográfica nos podrían indicar el grado de impacto ambiental ocasionado por causas antropogénicas, principalmente por la extracción de macrocorales con fines de construcción, sobre la composición de especies de corales hermatípicos en zonas arrecifales someras.

MUESTREO

Castillo de San Juan de Ulúa

Se realizaron 5 muestreos durante los meses de octubre de 1997, febrero, abril, mayo y junio de 1988 para identificar y determinar la proporción de cada especie de coral utilizada en cada etapa de construcción I-1544, II-1570, III-1590, IV-1615, V-1689, VI-1763, y VII-1796, (Figura 3). En cada uno de los muestreos se procedió de la siguiente manera:

a) Para obtener datos en el castillo de San Juan de Ulúa, se ubicaron muros correspondientes a cada etapa de construcción, con ayuda del mapa de los elementos tipológicos del castillo (Muñoz, 1994). Debido a que la forma y extensión de cada una de las etapas de construcción del castillo no son similares, no es posible establecer zonas de muestreo de igual tamaño, por lo que de cada etapa se ubicaron tantos muros como fue posible, por lo que no fue posible establecer una unidad mínima de muestreo. Además, no todas las zonas del castillo fueron accesibles debido a que en la actualidad se realizan obras de remodelación a cargo del INAH, por lo que las zonas de muestreo se establecieron en lugares que no presentaran aspectos de remodelación, principalmente recubrimientos de yeso (repeyo). En cada muro seleccionado se muestreo en la medida de lo posible el área disponible, por lo que fue un muestreo dirigido.

b) Para la identificación de las especies coralinas presentes en cada muro; debido a que el castillo tiene la designación de patrimonio nacional, no se extrajeron fragmentos de coral para realizar una identificación taxonómica más precisa, por lo que la identificación se realizó en el mismo lugar, utilizando las características morfológicas del esqueleto, que en la mayor parte de los casos su estado de conservación permite la

identificación incluso a nivel de especie, utilizando las claves de identificación de corales escleractinios de Carricart-Ganivet (1985).

c) Se contó el número de ladrillos correspondiente a cada especie, con el fin de evaluar la proporción de cada especie en las diferentes etapas de construcción. La proporción representa la abundancia relativa mediante la siguiente fórmula:

Abundancia Relativa (AR)

$$AR_i = (\text{No. Individuos de la especie } i / \text{No. total de individuos de todas las especies}) \times 100$$

Definiendo la abundancia como el número de individuos de una especie (Scheer, 1978; McNaughton y Wolf, 1979) y la abundancia relativa como su expresión porcentual del total.

d) De cada ladrillo se tomaron las medidas de Largo y Ancho de la superficie expuesta del bloque; estas medidas se utilizaron con el fin de obtener el área ocupada en superficie por cada género y para determinar la talla mínima de bloque. Aunque las medidas disponibles sólo son de superficie, para los propósitos de este trabajo se considero que cada ladrillo de origen coralino fue extraído de una colonia coralina masiva, ya que las especies identificadas (excepto en el caso de *Acropora palmata*, especie que crece de manera ramificada) exhiben esta forma de crecimiento en zonas someras. La forma de extrapolar una medida bidimensional, que es la única que se puede obtener de los corales en las paredes del castillo, a una medida tridimensional, de la cual es posible obtener un volumen es haciendo las siguientes consideraciones:

Un coral masivo tiene idealmente una forma hemiesférica, producto de la posibilidad teórica de crecimiento en todas las direcciones, excepto hacia el sustrato (Figura 7). Por lo cual, para fines prácticos, es posible determinar su volumen o masa esquelética con la fórmula de la hemiesfera siguiendo los criterios sugeridos por varios autores (Dodge y Thomson 1974, Pichon 1975 y Dodge y Vaisnys 1977).

En los corales que crecen en el arrecife se puede determinar relativamente fácilmente su volumen si consideramos tres medidas importantes (independientemente de la forma propia del coral):

Largo : máxima dimensión horizontal de la colonia

Ancho: máxima dimensión de la colonia a lo largo de una dirección perpendicular a la medida de largo

Altura.: máxima dimensión vertical de una colonia

Las dos primeras representan un diámetro y por si solas nos permiten conocer la cobertura del espécimen. Al agregar una tercera medida, la altura, se puede obtener un radio promedio de la colonia, lo cual a su vez con la fórmula de la hemiesfera nos permite conocer su volumen (Dodge y Thomson 1974, Dodge y Vaisnys 1977)

$$\text{Volumen (masa esquelética)} = 4(r^3)/6$$

$$\text{Donde: } r = (\text{Largo}/2 + \text{Ancho}/2 + \text{Altura})/3$$

Si aceptamos el hecho de que un coral utilizado como bloque de construcción, fue extraído del arrecife, y que este se cortó para darle la forma de un bloque regular, que es el que más fácilmente se emplea en la construcción, tratando de obtener el mayor tamaño de bloque posible, obtendremos idealmente un

paralelepípedo recto, que esta contenido dentro de la hemiesfera (Figura 8). El conocimiento del tamaño de una de las caras del paralelepípedo, o lo que es lo mismo la superficie expuesta de un ladrillo en cualquiera de las paredes del castillo, nos permite obtener el valor del radio, midiendo desde la parte media hacia alguna de las aristas, u obteniendo los datos a partir de los datos de largo y ancho y usando el teorema de Pitágoras, en el cual con base en el conocimiento de los catetos, se puede obtener el valor de la hipotenusa (Figura 8). De esta forma podemos obtener la talla en volumen de coral.

Considerando los puntos anteriores se puede hacer una reconstrucción de la composición de especies utilizadas durante cada época en que se hicieron cada una de las paredes, tomando en cuenta la abundancia relativa de cada especie, pero en individuos de cierta talla en adelante. Es decir, la reconstrucción que puede hacerse de la composición de especies sólo es parcial, ya que nada más se incluye a "macrocorales", es decir, individuos (colonias) de por lo menos cierto tamaño. La talla mínima considerada para separar las colonias masivas de la pequeñas, en la composición de especies, está relacionada directamente con el tamaño del bloque más pequeño que fue utilizado en las diferentes etapas de construcción. Si obtenemos el volumen hipotético del coral del que fue obtenido el bloque más pequeño usado en la construcción, tendremos en consecuencia el volumen o talla mínima de los corales que deben ser considerados, del arrecife, para determinar el porcentaje de colonias masivas o macrocorales.

e) Con estos datos se obtendrá una estimación de la composición de especies de macrocorales hermatípicos de zonas someras para el SAV y para cada época señalada.

Figura 7. Forma Hemiesferica

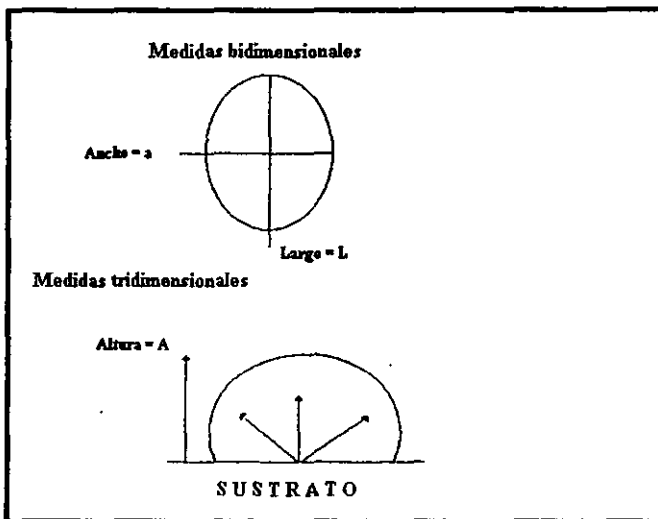
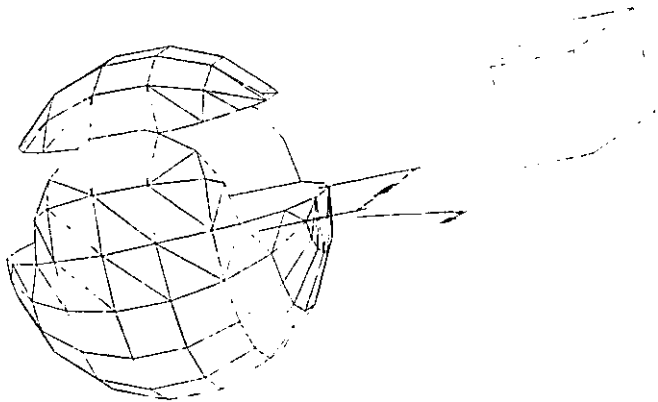


Figura 8. Bloque rectangular obtenido de una hemiesfera.



Zonas arrecifales someras

Se realizaron muestreos en los meses de octubre, abril, mayo y junio para determinar la composición de especies en la comunidad coralina reciente para los arrecifes Gallega, Hornos e Isla Verde. En las zonas someras de los arrecifes de Hornos y la Gallega se realizó un muestreo prospectivo en el cuál se observó que la cobertura coralina en la plataforma arrecifal es prácticamente inexistente por lo que no se realizaron cuadrantes en estos arrecifes.

a) Se ubicaron 22 estaciones de muestreo en el arrecife de Isla Verde en la planicie arrecifal, ya que en esta zona es donde probablemente se extrajeron los corales con fines de construcción, por lo que fue un muestreo dirigido.

b) En cada estación se utilizó el método de muestreo en cuadrantes de área de 25 m² (5x5 m), que es el más adecuado y utilizado en estudios para corales hermatípicos en zonas someras de arrecifes coralinos (Loya, 1972 y 1978; Scheer, 1978; Dodge *et al.*, 1982). Para determinar la composición de especies en la comunidad arrecifal, realizándose 1 cuadrante por cada estación de muestreo.

c) En cada cuadrante se identificaron al máximo nivel taxonómico posible los corales presentes con base en las características morfológicas del esqueleto, mediante las fotografías y claves de identificación de Carricart - Ganivet (1985), donde describe 25 especies de corales escleractinios, uno de los listados taxonómicos más completos para corales en el Sistema Arrecifal Veracruzano.

d) En cada cuadrante se contó el número de individuos de cada especie de coral hermatípico y a partir de estos datos se evaluó la composición de especies, con base en la abundancia relativa de cada especie en la comunidad (Scheer, 1974; Bak y Engel, 1979). Para los fines de esta evaluación, un individuo se define como cualquier colonia coralina que no tenga conexión histológica con otra (Connell, 1973; Babcock, 1988). La abundancia relativa se determinará mediante la fórmula descrita en la sección anterior.

e) Se registraron las siguientes medidas para cada individuo: Largo, Ancho y Altura, esto con el fin de obtener un estimado de su volumen (masa esquelética) o talla, usando la fórmula sugerida por Pichón (1975), donde los corales de forma masiva son considerados como una hemiesfera:

$$\text{Volumen (masa esquelética)} = 4(r^3)/6$$

$$\text{Donde: } r = (\text{Largo}/2 + \text{Ancho}/2 + \text{Altura})/3$$

Trabajo de gabinete

Castillo de San Juan de Ulúa.

Con los datos colectados en campo, primeramente se determino la talla mínima mediante la cual un coral pueda ser considerado como bloque de construcción, usando la fórmula matemática propuesta por Pichón (1978) para obtener la talla de colonias coralinas de forma masiva. Esto se utilizo para cada especie, excepto en el caso de los bloques de *A. Palmata*, ya que el modo de crecimiento de esta especie de manera natural es arborescente.

Usando los datos de abundancia relativa por cada especie en las etapas de construcción y los macrocorales existentes en la planicie arrecifal de Isla Verde, se hicieron gráficas del porcentaje de uso de cada especie durante cada etapa y en la actualidad, con el fin de observar si existen cambios importantes en la abundancia relativa de cada especie durante la evolución arquitectónica del castillo, comparado con las especies existentes en la actualidad.

RESULTADOS

INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Los documentos y libros consultados acerca de la descripción e historia del puerto de Veracruz señalan que prácticamente todos los edificios de la antigua ciudad amurallada de Veracruz están contruidos de coral o piedra múcar que era extraída de los arrecifes cercanos. Las siguientes citas consignan ese hecho.

En la obra "Cien viajeros en Veracruz: crónicas y relatos" de Poblett Miranda (1992), en el tomo III, páginas 41 y 42, William Bullock relata:

- Toda la ciudad, así como el castillo de San Juan de Ulúa, están contruidos con coral (Madrépora meandrites) y la argamasa que forma el cemento es del mismo material y se usa en techos y pavimentos. Es tan duro, que en algunos lugares, mediante fricción, adquieren un pulimento que semeja al mármol-

En el mismo tomo, página 15, J.R. Porntsett en 1822 escribe:

- La entrada por la puerta de la ciudad, que estaba fortificada en parte, y presenta una calle con aceras de madrepora-

En el tomo V de la obra citada, en la página 285 otro viajero, R. A. Wilson relata:

- Noventa años después de la conquista de México, el marqués de Monterrey cambió el puerto a Ulúa, y fundó la actual ciudad de Veracruz. Primero fue construida de madera, pero dado que varias veces se quemó fue reconstruida con el presente material, una piedra porosa llena de restos de animales que se obtiene del fondo del puerto. Cuando esta piedra se colecta y se cubre con cemento, forma un material de construcción muy durable-

Lerdo de Tejada en 1858 en su obra Apuntes Históricos de la Heroica Ciudad de Veracruz.

- El centro de la ciudad de Veracruz consta de 1,106 edificios públicos, entre los que se encuentran el Palacio de Gobierno, la aduana y sus almacenes, comisaría, maestranza de artillería, almacenes de proveeduría, cuarteles de galera, escuela práctica de artillería, mercado, carnicería, pescadería, teatro, 3 hospitales, iglesia parroquial, 4 conventos, iglesia de Nuestra Señora de Loreto y la capilla de la Divina Pastora. Todos los edificios son contruidos con la madrepora que se extrae de los arrecifes inmediatos y con ladrillos unidos con mezcla de cal y arena. Los cimientos de todos ellos son formados con una madrepora más sólida que se forma también de los mismos arrecifes-

Hacia 1869 Francisco del Paso y Troncoso, en su obra La Ciudad de Tablas, también señala esta característica de la ciudad

- Retrocediendo al año actual (1869) media centuria, y considerando el tiempo presente de nuestra niñez, hemos visto surgir a la plaza fortificada con sus murallas, puertas y baluartes; a la ciudad Heroica tres veces, con sus ruinas en el centro del caserío, mostrando la población orgullosa techos caídos y paredes acribilladas, como pueden ostentar los jirones de su bandera un regimiento aguerrido, a la

Veracruz de sólidas construcciones, hechas a toda costa con piedra múcara de sus arrecifes arrancada y con cal en los hornos elaborada-

Posteriormente, durante las obras de construcción en el puerto también se realizó una importante extracción de coral en los arrecifes cercanos al puerto, hecho que consigna Aragón en 1902 en el libro México: It's Social evolution:

-Dado que se requería aumentar la profundidad de la bahía, se utilizaron 5 barcos draga para aumentar hasta 8.5 - 10 m la profundidad y se extrajeron 6,500,000 metros cúbicos de arena y 46640 de corales madreporas.. en total se emplearon 531000 metros cúbicos de roca natural-.

En lo que respecta al uso de coral como material principal en la edificación y evolución constructiva del Castillo de San Juan de Ulúa, se tiene registro de que las primeras construcciones en el islote de San Juan de Ulúa, a raíz de la conquista de México en 1521, fueron barracas de madera, cal, canto, ladrillo y coral, que se utilizaban como cuarteles y viviendas para la guarnición militar de la isla (Aburto 1998). Don Luis de Velasco, en un informe de 1544 describe la existencia de: un torreón de la altura de un hombre en mampostería de piedra múcara y, además, sostiene que Ulúa es el mejor sitio para realizar los desembarcos de naves en el golfo. Fray Antonio de Ciudad Real, en 1584, escribe:

-Dicen que los que algo entienden que se podía hacer en aquella isla (Gallega) una población muy grande si quisiesen ponerse a ello haciendo pretilos de piedra, la cuál puede traerse de otras isillas y arrecifes que hay allí cerca- (Miranda Poblett, 1992; tomo I).

Era un hecho que en este islote se iba a construir una obra de mucha importancia en el plano militar y marítimo - comercial, sin embargo, aún cuando se tenía una idea clara de construir una fortificación capaz de dar protección a una casa de comercio, el principal problema radicaba en los problemas de traslado que enfrentarían trayendo cantera de Peñuelas (lugar cercano a Córdoba, Veracruz), Campeche o La Habana; ladrillo de Medellín, Tejería ó la Villa Rica de la Vera Cruz, etc. Se intento hacer hornos para fabricar ladrillos en el islote, pero no funcionó, decidiéndose entonces por el coral o piedra muca, de cuya resistencia se dudó en un principio, además de requerirse de un gran esfuerzo para cortarlo debajo del agua, sacarlo y formar los bloques. Los ingenieros encargados del proyecto llegaron a una conclusión, en el sentido de que al construir los muros de coral en cimientos del mismo material conservarían su resistencia gracias al agua de mar que estarían absorbiendo constantemente. Como mortero o pegamento utilizaron cal, arena y el mismo coral, convenientemente molido (Aburto, 1998).

Vigneaux asienta (Poblett, 1992):

-Frente al muelle, a unos ochocientos metros, se eleva el castillo de San Juan de Ulúa, en un islote de base de madreporas. Es un paralelogramo irregular, con cuatro bastiones en uno de los cuales hay un faro, otro esta lleno de ruinas, provocado por la explosión de un almacén de pólvora durante el bombardeo del puerto por los franceses en 1838 La puerta mira al mar y esta defendida por una media luna, más allá de la cual se desarrollan aún más baterías bajas. Todas estas defensas, así como las

murallas, los monumentos y la mayor parte de las casas de Veracruz, están construidas en piedra madrepora, llamada de múcara, la única que se encuentra en las cercanías-

Lerdo de Tejada (1890) también registró sus observaciones acerca del uso de corales en obras de construcción:

-Aquel islote es una parte del bajo llamado la Gallega, este bajo, lo mismo que los demás arrecifes inmediatos, esta formado de una especie de madrepora, conocida vulgarmente como piedra mucara, la cual se emplea para la construcción de todos los edificios de la ciudad y del castillo, por no encontrarse en las inmediaciones de la costa otra clase de piedra propia para el mismo objeto... Toda ella (la obra del castillo de San Juan de Ulúa) con excepción del Palacio del gobernador y algunas pequeñas obras que no constituyen una parte esencial de la fortaleza, esta construida en forma de bóveda bastante espesa para resistir los golpes de las bombas, y aún la clase de piedra que se ha empleado en la clase de construcción, que es la mucara que se saca de los arrecifes, hace que el fuego de la artillería no cause grandes daños-

De la obra de Calderón Quijano, Historia de la Fortificaciones en Nueva España, se tomo el siguiente párrafo, que corresponde a la Relación de San Juan de Ulúa por Antonelli, en México a 10 de marzo de 1590, y donde se lee que:

-En la ysla de Sacrificios y la Gallega hay mucha piedra para mampostería muy buena y me an certificado oficiales que desta piedra se a hecho cal, assi que se podra aprovechar en hazer cal-

En la misma obra, Calderón Quijano escribe que:

-Para la obra de dichos cuarteles y de un convento de religiosas bethlemitas, se venia empleando piedra del bajo de la Gallega, con la aprobación de Prosper-

En 1686, el ingeniero alemán Jaime Franck observo serias cuarteaduras en los muros de la fortaleza, que no correspondian a impactos de cañonazos, sino a movimientos de la cimentación debido a la erosión que originaban las corrientes, sobre todo en tiempos de "nortes". Para resolver este problema su propuesta concreta fue seguir utilizando el coral como material principal de construcción (A.G.N. 1687).

Por otra parte, Geronónimo de Pineda, en 1734 escribe que:

-La cal es muy buena porque es de piedra laja de cabeza macho (que es de lo que se hace) se saca de los arrecifes de los contornos, así como la piedra de mampostea y que por ser criada una y otra bajo del agua, y la arena con que se rellena es de la orilla del mar, una y fragua tanto que más por la misma piedra, que por la mezcla del mortero... El fondo que tiene todo este vajo de la Gallega y sus cantiles es de piedra de cabeza, laja y platos, que toda ella es buena para mampostear, y particularmente la que llaman cabeza por ser la mayor y más ligera, pero se debe advertir que hay dos géneros de la piedra de cabeza, la una, la que hacen la cal (que se llama laja de cabeza) y es la más dura y sólida, la otra es muy dócil blanda y ligera, de figura redonda, con unas vetas o venas que salen de su centro, que lo tienen en un lecho y llenan en todo (y la que tiene el vajo le sirve de resguardo) y lagunas destas piedras que son muy pesadas en la superficie forman una labor tan exquisita que deleitan la vista por el modo que hace

con un cordoncillo con el que rematan las referidas venas...los sillares que se necesitan para la expresada obra pueden venir de aquella piedra, en donde hay gran cantidad para este y otros proyectos-

En cuanto a la manera de obtener los corales para la construcción, varios autores coinciden (Aburto 1998, Martínez 1968) en señalar que los presos eran los encargados de extraerlas, cortarlas y colocarlas en los muros, al respecto, en 1874 Don Pedro Llanas escribe:

-... tienen que (los presos) ir a arrancar de los bajos o lugares que estan a flor de agua, la piedra muca, teniendo para ello que estar sumergidos en el agua muchas veces hasta el pescuezo ... la piedra, que con tanto esfuerzo se arranca, la conducen esos seres infortunados a lomo entre el agua por todo aquel trayecto hasta la fortaleza.-

Aparentemente, no solo se extraía el material coralino de las zonas someras, sino también de zonas más profundas, como lo consigna Miguel de Montalvo en 1759:

- Convendrá mucho no retardar el revajo de las laxas existientes y limpiar bien el canal y canalitos y expresados hasta encontrar con la Madre o Zepa natural de ellas estables, porque pretenden quitar o revajar algo estas de manera que se deje fondo corriente, que puedan trancitar por ensima navios de alto bordo, es maniobra mui ardua y de mucho costo, pero por ahora no lo se conseguira , con la laxa que esta fuerte y vecina al fuertte viejo, y este fondeadero que estamos presisa, según lo reconocio y dijo el asentista de piedra (que es buzo) ofreciendo dejarla pareja con fondo de cinco brazas y media de agua (10.15 m.) y la laxa vizarra... -

La información acerca de la ubicación, extensión e ingenieros encargados de cada una de las etapas de construcción del castillo de San Juan de Ulúa se obtuvieron del documento: "Evolución Constructiva de San Juan de Ulúa" (Del Murallon S. XVI a Fortaleza Abaluartada S. XIX) elaborado por el Arq. Francisco Muñoz Espejo (1994) responsable del área de Arquitectura y Restauración en San Juan de Ulúa, INAH, Veracruz. En éste se presenta un croquis que incluye información complementaria de cada una de las etapas. (Figura 4). Sin embargo, dado que varias de las etapas se encuentran parcial o totalmente cubiertas por otras y esto podría llevar a una localización errónea de los muros correspondientes a cada etapa, se utilizó el croquis de Obras Construidas en la Fortaleza de San Juan de Ulúa: Elementos tipologicos 1998 (Figura 6), realizado por el mismo autor, donde se muestra el periodo al que corresponden las diferentes zonas del castillo.

La información obtenida permiten tener evidencias para concluir que el material de construcción de origen coralino utilizado en la construcción de edificios en el puerto de Veracruz se extrajo de los arrecifes del SAV además de ser el único material disponible. En cuanto al Castillo de San Juan de Ulúa, muy posiblemente todo el material de origen coralino utilizado fue extraído del arrecife la Gallega, tanto de las zonas someras como de las profundas.

Aunque no se dispone de datos exactos en cuanto a la cantidad de toneladas empleadas, por el número de edificios construidos con coral en la ciudad de Veracruz y la enorme cantidad empleada en estas obras, hacen de esta ciudad una de las principales zonas donde la minería del coral con fines de construcción tiene un elevado porcentaje de uso, comparable a zonas como las islas Maldivas, Filipinas, etc

CASTILLO DE SAN JUAN DE ULÚA

Especies de corales utilizadas en la construcción

En los muestreos realizados en el Castillo de San Juan de Ulúa y la zona arrecifal somera de Isla Verde, se identificaron hasta nivel de especie, excepto en algunos casos, 11 especies de corales pertenecientes al Orden Scleractinia. A continuación se presenta una lista sistemática de estas especies.

FILO CNIDARIA Hatscheck, 1888

CLASE ANTHOZOA Ehrenberg, 1834

SUBCLASE ZOANTHARIA De Blainville, 1830

ORDEN SCLERACTINIA Bourne, 1900

SUBORDEN ASTROCOENIIDA Vaughan y Wells, 1943

Familia Acroporidae Verrill, 1902

1. *Acropora palmata* (Lamarck, 1816)

SUBORDEN FUNGIINA Verrill, 1865

Familia Siderastreidae Vaughan y Wells, 1943

2. *Siderastrea siderea* (Ellis y Solander, 1786)

3. *S. radians* (Pallas, 1766)

Superfamilia Poriticae Gray, 1842

Familia Poritidae Gray, 1842

4. *Porites astreoides* (Lamarck, 1816)

5. *P. branneri* (Rathbun, 1879)

6. *P. porites* (Pallas, 1766)

SUBORDEN FAVIINA Vaughan y Wells, 1943

Superfamilia Faviicae Gregory, 1900

Familia Faviidae Gregory, 1900

Subfamilia Faviinae Gregory, 1900

7. *Colpophyllia natans* (Houttuyn, 1772)

8. *Diploria clivosa* (Ellis y Solander, 1786)

9. *D. strigosa* (Dana, 1848)

Subfamilia Montastreinae Vaughan y Wells, 1943

10. *Montastraea annularis* complex (*M. annularis*, *M. franksi*, *M. faveolata*).

11. *Montastrea cavernosa* (Linneo, 1767)

Tanto en el castillo como en la plataforma arrecifal de Isla Verde las colonias o bloques de construcción fueron identificados parcialmente *in situ*, por lo que no fue posible determinar a que especie pertenecían los individuos de los géneros que a continuación se mencionan:

—El género *Diploria* tiene 2 especies representadas en el SAV: *D. clivosa* (Heilprin, 1890; Villalobos, 1971; Kühlmann, 1975; Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1985) y *D. strigosa* (Heilprin, 1890; Villalobos, 1971; Kühlmann, 1975; Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1985; Tunnell, 1988). *D. clivosa* se caracteriza por presentar de 25 a 38 escleroseptos por cm lineal a lo largo de sus valles, mientras que *D. strigosa* presenta de 15 a 30 por cm lineal. Esta característica es la única que permite separar a estas especies morfológicamente, y sólo se puede observar al microscopio.

—El género *Porites* se encuentra representado por 3 especies en el SAV: *P. astreoides*, *P. brameri* y *P. porites* (Heilprin, 1890; Villalobos, 1971; Kühlmann, 1975; Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1985; Tunnell, 1988), la distinción morfológica de estas especies se basa en el diámetro de los coralitos; en *P. astreoides* tienen un diámetro de 1.25-1.50 mm., en *P. brameri* es de 0.7-1 mm. y en *P. porites* es de 1.5-2 mm; estas características sólo se pueden determinar con ayuda de un microscopio.

—El género *Siderastrea* se encuentra representado por 2 especies en el SAV: *S. siderea* y *S. radians* (Heilprin, 1890; Villalobos, 1971; Kühlmann, 1975; Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1985; Tunnell, 1988). Morfológicamente se distinguen por el número de escleroseptos por coralito, *S. siderea* presenta usualmente más de 48 escleroseptos, mientras que *S. radians* presenta de 24 a 40. Esta característica sólo se distingue utilizando un microscopio.

Cabe destacar que los géneros *Porites* y *Siderastrea* se encontraron en cantidades muy bajas en el castillo de San Juan de Ulúa, y sólo se mencionan como parte de la descripción de los corales hermatípicos encontrados en esta zona.

Composición de especies de corales utilizadas en la construcción

Se muestrearon 14 muros, los que representan un área total de 676 m², de los cuales 445.6 m² están cubiertos por bloques y/o fragmentos de coral (66 % de superficie cubierta por coral) (Figura 9).

Se contaron un total de 6764 bloques coralinos, de los cuales, 2503 pertenecen al género *A. palmata* (37 % del total de bloques muestreados), *Diploria* spp. ocupa el segundo lugar con 2400 bloques (35.5 %). De *C. natans* se muestrearon 1262 bloques (18.7 %), mientras que las especies de *M. annularis* con 490 bloques (7.2 %), *M. cavernosa* con 101 bloques (1.5 %) y *Siderastrea* spp. con 8 bloques (0.1 %) en conjunto representan menos del 10 % del total de bloques (Figura 10). Por otra parte, también se identificaron un total de 2515 fragmentos coralinos, de los cuales 993 corresponden a *A. palmata* (39.5 % del total de fragmentos), de *Diploria* spp. se contaron un total de 167 fragmentos (18 %), 80 de *C. natans* (8 %), 44 de *M. annularis* (4.8 %), 11 de *M. cavernosa* (1.2 %) y 1 de *Porites* spp. (0.1 %). A continuación se presentan los resultados por etapa de construcción

Tabla I
Especies coralinas presentes o ausentes por etapa de construcción en el Castillo de San Juan de Ulúa

ESPECIE	<i>Acropora palmata</i>	<i>Colpophillya natans</i>	<i>Diploria</i> spp.	<i>Montastrea annularis</i>	<i>M. cavernosa</i>	<i>Porites</i> spp.	<i>Siderastrea</i> spp.
Etapa I	Ausente	Ausente	Presente	ausente	ausente	ausente	ausente
Etapa II	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Etapa III	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	ausente	Presente
Etapa IV	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	ausente	ausente
Etapa V	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	ausente	Presente

Tabla II
Abundancia total y relativa de ladrillos por especie en cada etapa de muestreo

ETAPA II

ESPECIE	<i>Acropora palmata</i>	<i>Colpophillya natans</i>	<i>Diploria</i> spp.	<i>Montastrea annularis</i>	<i>M. cavernosa</i>	<i>Siderastrea</i> spp.
Abundancia	585	318	812	100	17	3
Abundancia relativa	0.32	0.17	0.44	0.05	0.01	0.002

ETAPA III

ESPECIE	<i>Acropora palmata</i>	<i>Colpophillya natans</i>	<i>Diploria</i> spp.	<i>Montastrea annularis</i>	<i>M. cavernosa</i>
Abundancia	1069	515	1073	311	66
Abundancia relativa	0.35	0.17	0.35	0.10	0.02

ETAPA IV

ESPECIE	<i>Acropora palmata</i>	<i>Colpophillya natans</i>	<i>Diploria</i> Spp.	<i>Montastrea annularis</i>	<i>M. cavernosa</i>
Abundancia	2	109	41	2	2
Abundancia relativa	0.01	0.70	0.26	0.01	0.01

ETAPA V

Especie	<i>Acropora palmata</i>	<i>Colpophillya natans</i>	<i>Diploria</i> spp.	<i>Montastrea annularis</i>	<i>M. cavernosa</i>	<i>Siderastrea</i> spp.
Abundancia	847	320	474	77	16	5
Abundancia relativa	0.49	0.18	0.27	0.04	0.01	0.003

Figura 9. Mapa de ubicación de los muros muestreados en el Castillo de San Juan de Ulúa

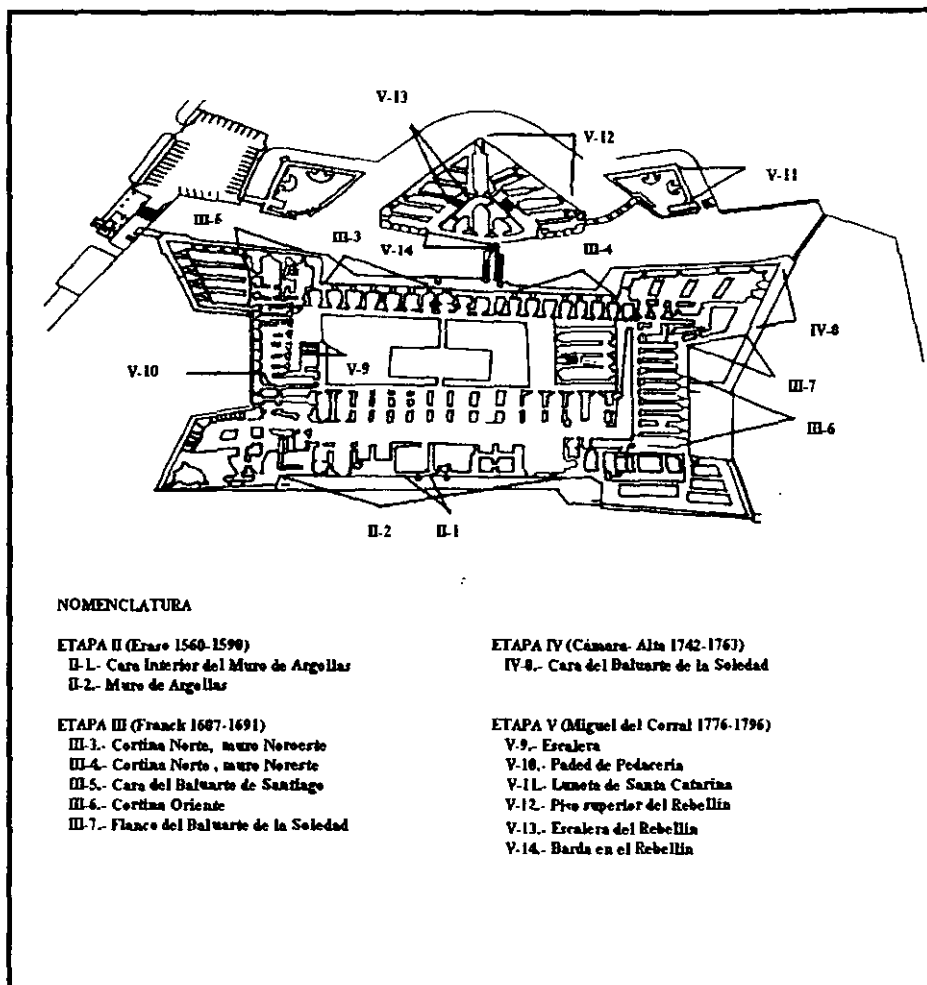
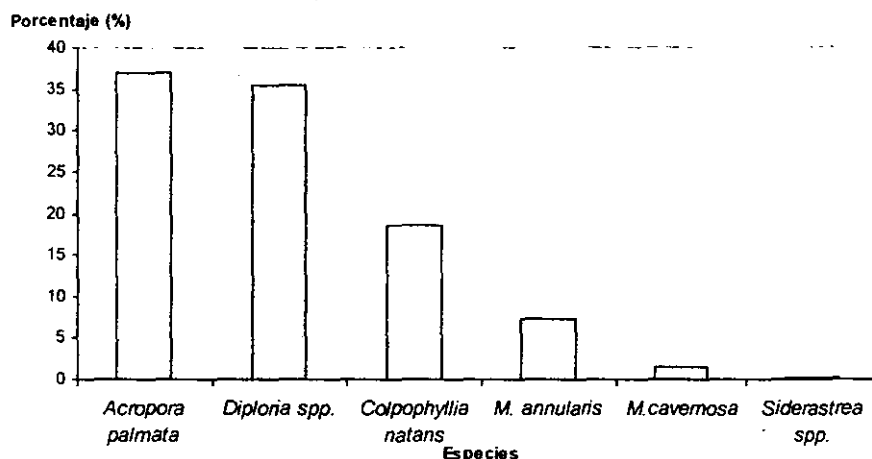


Figura 10.- Castillo de San Juan de Ulúa
Porcentaje de especies coralinas utilizadas en la construcción.



Etapa I (Gomedel y Escalante 1544)

Se localizó un muro de construcción con fecha probable de 1544 en el interior de una bóveda. Se trata de una pared pequeña de aproximadamente 5 m de alto por 70-90 cm de ancho, cubierta (repellada) casi en su totalidad. Probablemente sea la pared expuesta más antigua del Castillo. Se observaron 2 fragmentos de *Diploria* spp. No se ubicaron zonas de muestreo debido a que por ser de las zonas más antiguas de construcción, quedaron cubiertas por las obras posteriores, por lo que se descartó en la composición de especies.

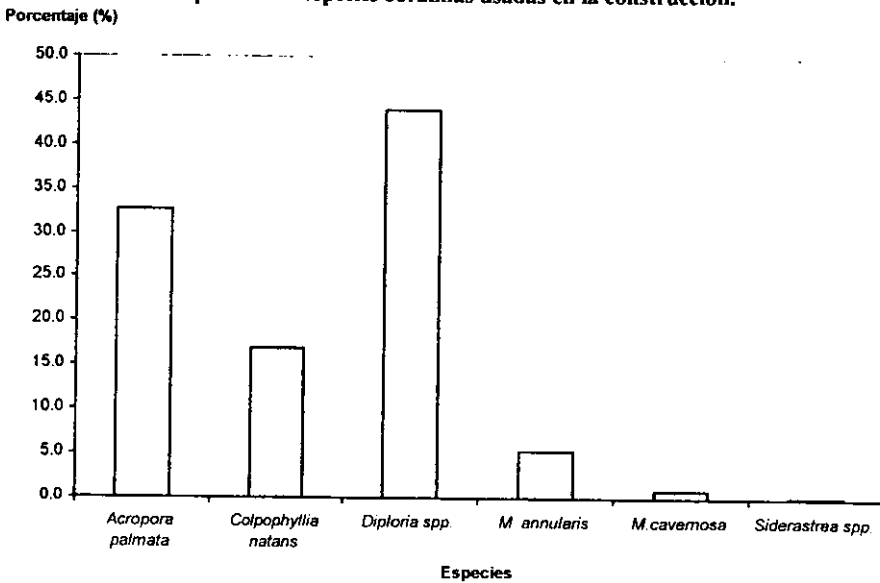
Etapa II (Eraso 1570-1590)

De esta etapa se localizaron dos muros EII 1 y EII 2 (Figura 9), de los cuales se muestreo un área total de 114 m², donde el 55 % (62.87 m²) se encuentra cubierto por bloques de origen coralino y el 2.4 % (2.68 m²) por fragmentos, también de origen coralino; en este caso no fue posible muestrear una mayor área debido a que muchos de los muros han sido recubiertos, además de que en algunas zonas el paso se encuentra restringido por el estado de deterioro de los muros.

Se identificaron a las especies de *A. palmata*, *C. natans*, *Diploria* spp. , *M. annularis*, *M. cavernosa* y *Siderastrea* spp. (Tabla I).

En esta etapa se contaron un total de 1835 bloques de construcción de origen coralino, de los cuales, 812 pertenecen al género *Diploria* spp. (44 % del total de bloques muestreados), *A. palmata* ocupa el segundo lugar con 585 bloques (32.7 %). De *C. natans* se muestrearon 318 bloques (17 %), mientras que de las especies de *M. annularis* con 100 bloques (5 %), *M. cavernosa* con 17 bloques (1 %) y *Siderastrea* spp. con 3 bloques (0.2 %) en conjunto representan menos del 10 % del total de bloques muestreados (Tabla II, Figura 11).

Figura 11.- ETAPA II
Proporción de especies coralinas usadas en la construcción.



El tamaño mínimo de bloque por especie de coral, calculado de acuerdo a la fórmula propuesta, es el siguiente: *C. natans* 1825.6 cm³, *Diploria* spp. 1333.2 cm³, *M. annularis* 1825.6 cm³, *M. cavernosa* 2515.8 cm³ y *Siderastrea* spp. 3553.3 cm³ (Tabla III).

Etapa III (Franck 1687-1691)

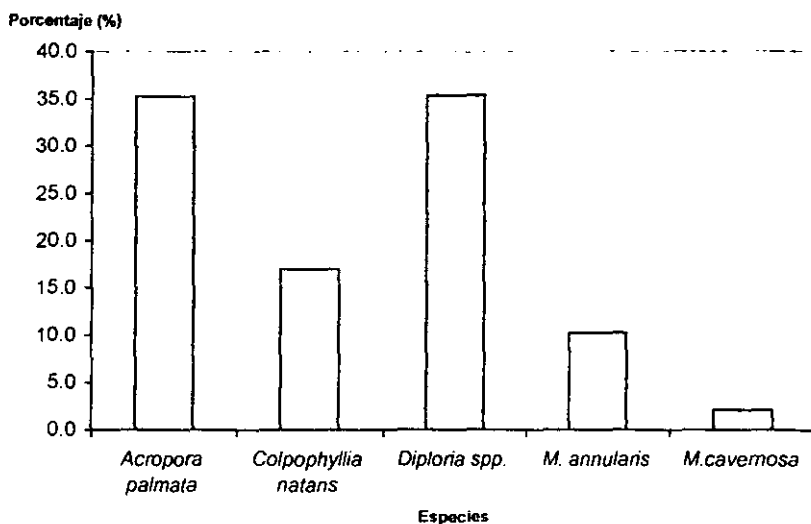
De este periodo se localizaron varios muros de construcción EIII 3, EIII 4, EIII 5, EIII 6 y EIII 7 (Figura 9). Debido a que corresponden en su mayor parte a la estructura principal de la fortaleza que se conserva hasta nuestros días, se muestreó un total de 270 m². Al igual que en la etapa anterior, no fue posible muestrear un área mayor debido a las obras de restauración que se efectúan en el castillo y a que en varias zonas el acceso es restringido por el estado de deterioro de los muros.

De esta etapa se identificaron a las siguientes especies: *A. palmata*, *C. natans*, *Diploria* spp. , *M. annularis*, *M. cavernosa* y *Siderastrea* spp (Tabla I).

En esta etapa, se contaron un total de 3034 bloques coralinos, de los cuales 1069 corresponden a la especie *A. palmata* (35 %), 1073 a *Diploria* spp. (35 %), 515 a *C. natans* (17 %), 311 de *M. annularis* (10 %) y 66 de *M. cavernosa* (2 %). De *Siderastrea* spp. sólo se encontró un pequeño fragmento, que por su tamaño no fue considerado como bloque de construcción, más bien se le consideró como parte de un recubrimiento (Tabla II, Figura 12).

El tamaño mínimo de bloque por especie de coral, calculado de acuerdo a la fórmula propuesta, es el siguiente: *C. natans* 1825.6 cm³, *Diploria* spp. 1855.7 cm³, *M. annularis* 2761.8 cm³ y *M. cavernosa* 2293.8 cm³ (Tabla III).

Figura 12.- ETAPA III
Proporción por especies coralinas utilizadas en la construcción.



Etapa IV (Cámara Alta 1742-1763)

De esta etapa sólo fue posible ubicar un muro EIV 8 (Figura 9), debido a que la mayor parte de estas obras quedaron recubiertas por los trabajos posteriores de ampliación a cargo del Ing. Miguel del Corral.

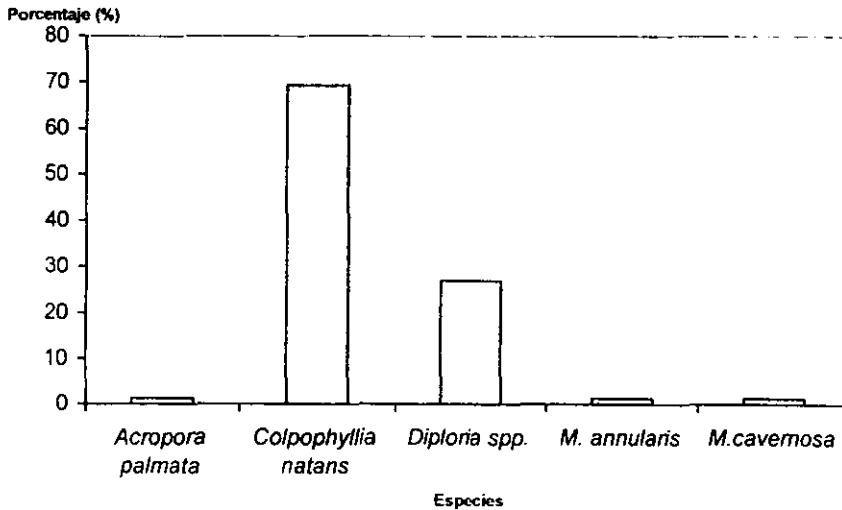
Se muestreo un total de 27 m². No se pudo muestrear un área mayor debido a que, por tratarse de una zona de acceso restringido al público a causa de obras de remodelación, sólo se pudo trabajar con una escalera de mano de aproximadamente 3 m de altura y en la zona en que el muro permanecía intacto.

De esta etapa se identificaron a las siguientes especies: *A. palmata*, *C. natans*, *Diploria* spp., *M. annularis*, y *M. cavernosa* (Tabla I).

Se contaron un total de 156 bloques coralinos, de los cuales 109 pertenecen a *C. natans* (70 %), 41 de *Diploria* spp. (26.1 %), 2 de *A. palmata* (1.3 %), 2 de *M. annularis* (1.3 %) y 2 de *M. cavernosa* (1.3 %) (Tabla II, Figura 13).

El tamaño mínimo de bloque por especie de coral, calculado de acuerdo a la fórmula propuesta, es el siguiente: *C. natans* 1097.6 cm³, *Diploria* spp. 1449.7 cm³, *M. annularis* 2650 cm³ y *M. cavernosa* 68051.9 cm³ (Tabla III).

Figura 13.- ETAPA IV
Proporcion de especies coralinas usadas en la construcción.



Etapa V (Miguel del Corral 1766-1796)

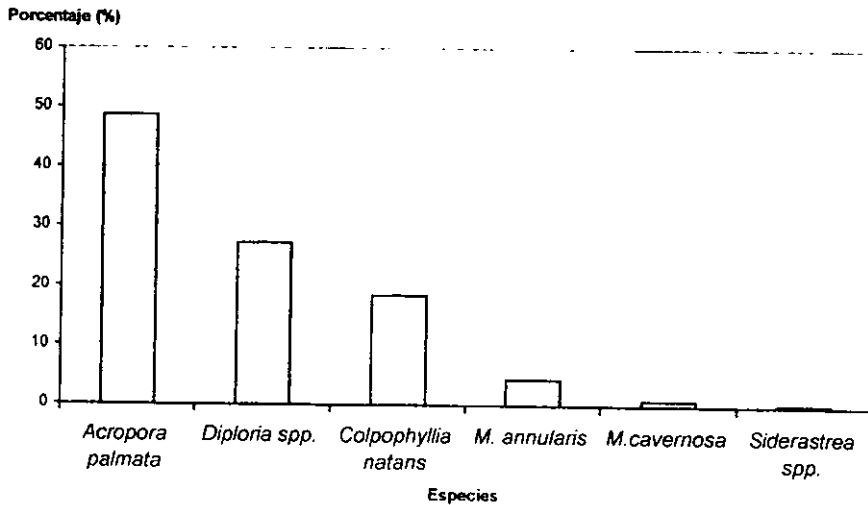
En esta etapa se ubicaron varios muros, EV 9, EV 10, EV 11, EV 12, EV 13 y EV 14 (Figura 9) debido a que, igual que la etapa III, forman parte de la estructura principal que se conserva en la actualidad. El área total muestreada fue de 265 m², de la cual el 57 % (152 m²) esta cubierto por bloques de origen coralino, y el 1.3 % (3.45 m²) por fragmentos del mismo material.

De esta etapa se identificaron a las siguientes especies: *A. palmata*, *C. natans*, *Diploria* spp., *M. annularis*, *M. cavernosa*, y *Siderastrea* spp. (Tabla I).

Se contaron un total de 1739 bloques coralinos, de los cuales 847 pertenecen al coral *A. palmata* (49 %), 474 de *Diploria* spp. (27 %) 320 de *C. natans* (18 %), 77 de *M. annularis* (4 %), 16 de *M. cavernosa* (1 %) y 5 de *Siderastrea* spp. (0.3 %) (Tabla II, Figura 14).

El tamaño mínimo de bloque por especie de coral, calculado de acuerdo a la fórmula propuesta, es el siguiente: *C. natans* 1825.6 cm³, *Diploria* spp. 2285.7 cm³, *M. annularis* 1855.7 cm³, *M. cavernosa* 2650.6 cm³ y *Siderastrea* spp. 2457.6 cm³ (Tabla III).

Figura 14.- ETAPA V
Proporción de especies coralinas usadas en la construcción.



Etapa VI (Tejada 1846)

De esta etapa, correspondiente a las obras avanzadas del siglo XIX, no fue posible muestrear, ya que sobre el glacis y el polvorin se edificó el Arsenal Nacional de la Marina y es zona de acceso restringido a personal militar. En la batería del glacis se encuentra la zona de acceso principal para los turistas y se encuentra totalmente pavimentada.

Tabla III
Talla mínima de bloque de construcción de cada especie por cada etapa de construcción en el Castillo de San Juan de Ulúa.

ESPECIES	ETAPA II	ETAPA III	ETAPA IV	ETAPA V
<i>C. natans</i>	1825.6 cm ³	1825.6 cm ³	1097.6 cm ³	1825.6 cm ³
<i>Diploria</i> spp.	1333.2 cm ³	1855.7 cm ³	1449.7 cm ³	2285.7 cm ³
<i>M. annularis</i>	1825.6 cm ³	2761.8 cm ³	2650 cm ³	1855.7 cm ³
<i>M. cavernosa</i>	2515.8 cm ³	2293.8 cm ³	68051 cm ³	2650.6 cm ³
<i>Siderastrea</i>	3553.3 cm ³	-	-	2457.6 cm ³

Composición de especies en zonas arrecifales someras

Arrecife de Hornos

Las observaciones hechas en este arrecife fueron las siguientes: en la zona pegada al muelle se encontró una pequeña zona de arena, seguida por una zona de proliferación del pasto marino *Thalassia testudinum*, en los bordes de la cresta arrecifal se encontró una gran cantidad de bloques coralinos muertos, habitados en un 80-90 % por zoantideos (anémonas coloniales) *Palythoa caribaeorum* y *Zoanthus sociatus* y una densidad extremadamente baja de corales vivos en la plataforma arrecifal, sólo se observaron 2 individuos que eran pequeñas colonias de *Siderastrea* sp. Con base en lo anterior, se llegó a la conclusión de que este arrecife no resulta un indicador adecuado para observar la composición de especies en las comunidades arrecifales actuales, debido al grado de perturbación ambiental del que ha sido objeto por las actividades antropogénicas.

Arrecife La Gallega

En este arrecife también se observó una densidad extremadamente baja de colonias coralinas. En este caso, los géneros presentes son *Acropora*, *Diploria* y *Siderastrea*. También se observó que en los bordes de la cresta arrecifal existe una gran cantidad de bloques coralinos muertos, donde aproximadamente el 90-95% se encontraban cubiertos por los zooantideos *Palythoa caribaeorum* y *Zoanthus sociatus*, además de una gran cantidad de asteroideos, equinoideos, nudibranchios, gasterópodos, holoturoideos, poliquetos y crustáceos. Al igual que en Hornos, se considera que la perturbación ambiental es demasiado extensa y grave como para considerarlo un indicador adecuado de la composición de especies en la comunidad coralina en zonas arrecifales someras actuales.

Arrecife Isla Verde

En el muestreo realizado en la plataforma arrecifal de Isla Verde, se identificaron 6 géneros de corales escleractinios: *Acropora*, *Colpophyllia*, *Diploria*, *Montastraea*, *Porites* y *Siderastrea*.

En los cuadrantes realizados en la plataforma arrecifal se contaron un total de 1155 colonias de corales hermatípicos, de las cuales 916 (79.3 %) corresponden a *Diploria* spp. , 84 (7.2 %) a *Siderastrea* spp. 80 (6.9 %) a *Porites* spp. 51 (4.4 %) a *M. annularis*, 14 (1.2 %) a *C. natans*, 8 (0.69 %) a *M. cavernosa* y 2 (0.17%) de *A. Palmata* (Figura 15, Tabla IV)

Figura 15.- ISLA VERDE
Proporción de especies presentes en la plataforma arrecifal y
proporción de especies susceptibles de ser usadas como material de
construcción.

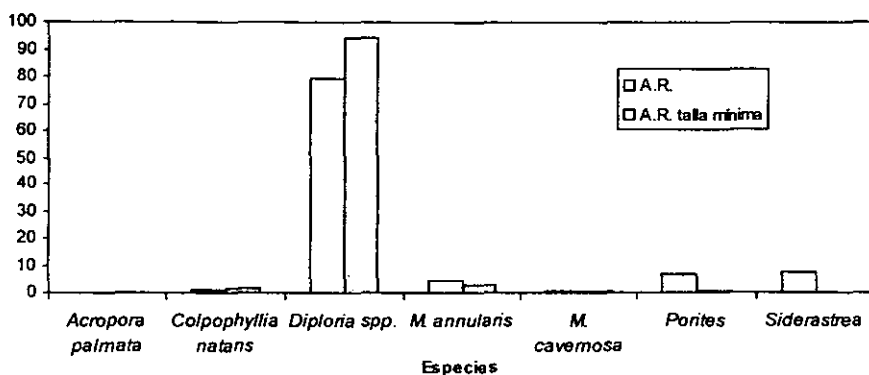


Tabla IV
Composición de especies de corales hermatípicos en la plataforma arrecifal de Isla Verde
Veracruz

ESPECIES	<i>Acropora palmata</i>	<i>C. natans</i>	<i>Diploria</i> spp.	<i>Montastraea annularis</i>	<i>M. cavernosa</i>	<i>Porites</i> spp.	<i>Siderastrea</i> spp.
Abundancia	2	14	916	51	8	80	84
Abundancia relativa	0.17	1.2	79.3	4.4	0.69	6.9	7.2

Usando el criterio de talla mínima por especie, para obtener una submuestra de la comunidad coralina cuya composición sea directamente comparable con la determinada a partir de los datos derivados del muestreo en las paredes del castillo de San Juan de Ulúa, se obtuvo lo siguiente: del género *Diploria* spp. se consideraron como macro corales a todas aquellas colonias que presentaran una talla mínima de 1333.2 cm³ (observado en la etapa II); de *C. natans* se consideró como talla mínima 1097.6 cm³ (observado en la etapa IV); para *M. annularis* 1825.6 cm³ (observado en la etapa II); para *M. cavernosa* 2293.8 cm³ (observado en la etapa III) y *Siderastrea* spp 2457.6 cm³ (observado en la etapa V) (Tabla III). De acuerdo con este criterio se obtuvieron los siguientes resultados: un total de 642 colonias presentan tallas adecuadas para ser consideradas como posibles bloques de construcción; 603 (93.9 %) pertenecen al género *Diploria* spp. , 17 (2.6 %) a *M. annularis*, 11 (1.7 %) a *C. natans*, 4 (0.6 %) a *M. cavernosa*, 3 (0.5 %) de *Siderastrea* spp. (Tabla V). En lo que respecta al género *Porites* dado que no se encontraron bloques de este género en ninguna de las etapas muestreadas en el castillo de San Juan de Ulúa, no se determinó una talla mínima, aunque se observaron en la planicie arrecifal pocas colonias de tamaño masivo susceptibles de emplearse como posibles bloques de construcción.

Tabla V
Composición de macrocorales hermatípicos en la plataforma arrecifal de Isla Verde, de acuerdo al criterio de talla mínima obtenido a partir de los bloques de origen coralino del Castillo de San Juan de Ulúa.

ESPECIES	<i>C. natans</i>	<i>Diploria</i> spp.	<i>Montastraea annularis</i>	<i>M. cavernosa</i>	<i>Siderastrea</i> spp.
Abundancia	11	603	17	4	3
Abundancia relativa	1.7	93.9	2.6	0.6	0.5

Para hacer una evaluación más completa de la actual composición de especies en las comunidades coralinas hermatípicas en zonas someras de los arrecifes se realizó una investigación bibliográfica de los estudios efectuados por diversos autores acerca del SAV. Los resultados obtenidos (Tabla VI) muestran que, en los arrecifes estudiados por estos autores, el género *Diploria* presenta altos valores en cuanto a cobertura, densidad y abundancia en la plataforma arrecifal y los géneros *Siderastrea* y *Porites* son importantes sólo en lo que respecta a la abundancia, es decir, existen muchas colonias, pero de tamaños pequeños que representan poco en cuanto a cobertura (Chávez, 1973; Albuérne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Bravo-Ruiz y Camacho-Ruiz, 1989; Partida, 1992; Bernárdez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta Puga, 1993; Barba-Santos, 1998).

Tabla VI
Investigación bibliográfica

ARRECIFE	<i>Acropora palmata</i>	<i>C. natans</i>	<i>Diploria</i> spp.	<i>Montastraea annularis</i>	<i>M. cavernosa</i>	<i>Porites</i> spp.	<i>Siderastrea</i> spp.
V en general pejel, 1991	Abundante en TB de 0-6 m CA	Abundante en TS 3-9 m y en TB 3-6 M CM	D. strigosa PA Abundan 15-17 m CM . D.Clivosa 0-1 m CM TS y TB	Abundante en TS 6-19 m CM	Abundante en TS 6-19 m CM Y TB 9-25 m	Cp abundantes en PA	Cp en PA, CM en taludes de 9-21 m
V en general innell, 1988	Abundante en TB de 0-10 m CA	Abundante en TS 15-17 m	D. strigosa PA Abundan 15-17 m CM D. Clivosa 0-1 m CM TS y TB	Abundante TB y TS 15-17 m	Abundante TB y TS 15-17 m	Cp relativamente abundantes en PA	Mediana abundancia en PA, Cp. CM en TS y TB 9-18 m
La de Lobos hávez, 1973	Abundante en TB de 0-5 m CA	No reporta	D. strigosa PA Abundan 5-18 m CM D. Clivosa 0-1 m CM TS	Abundante TB y TS 18-25 m CM	No reporta	No reporta	CM en TS y TB 9-21 m
Blanquilla avo-Ruiz y macho-Ruiz, 1993	Abundante en TB de 3-6 m CA	Abundante en TS 3-9 m y en TB 3-6 M CM	D. strigosa TB Abundan 5-18 m CM D. Clivosa 0-1 m CM	Abundante TB 3-9 m CM	Abundante TB 0-3 m, TS 3-9 m	Abundancia mediana en TB a dif. Profundidad	CM en ambos taludes de 9-18 m
Isla Verde rtida, 1992	No reporta	Escasa en PA, CI pequeñas	D. strigosa TB Abundan 5-18 m CM D. Clivosa 0-1 m PA CM	No repota	No reporta	Tercera en abundancia en PA, Cp.	2° en abundancia en PA, Cp.
Chopas nardez de la ranja, 1993	Reporta Mortalidad	No reporta	CM abundantes en TS y TB en 3-17 m, CM en PA abundantes.	Abundante en PA, CI	Abundante PA, CI, Cp	CM relativamente abundantes en ambos taludes	Abundante en Taludes, 9-20 m, Escasa en PA, Cp.

Nomenclatura: TB= Talud de Barlovento; TS= Talud de Sotavento; PA= Plataforma Arrecifal; CA= Colonias arborescentes; CI= Colonias Masivas, CI= Colonias Incrustantes; Cp= Colonias Pequeñas.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La información obtenida acerca de la evolución arquitectónica del castillo de San Juan de Ulúa, permite suponer que prácticamente todo el material de origen coralino que fue utilizado en su construcción proviene de la planicie arrecifal de La Gallega, ya que de acuerdo con los textos citados, el coral era el material adecuado para este propósito y se le podía extraer con facilidad, además de ser muy abundante en La Gallega.

Los resultados obtenidos en el castillo de San Juan de Ulúa, muestran que tres grupos de corales hermatípicos *A. palmata*, *C. natans* y *Diploria* spp. , fueron los de mayor uso como material de construcción y en consecuencia de los que se extrajo un mayor volumen de las zonas arrecifales someras adyacentes (Figura 10).

Consideraciones sobre la zona arrecifal de extracción de cada especie

La distribución batimétrica promedio de *A. palmata* en los arrecifes del SAV es de 3-7 m en el talud arrecifal de barlovento, formando una zona bien definida, y su presencia en la planicie arrecifal es casi nula o inexistente (Chavez, 1973; Albuérne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Jordan-Dahlgreen, 1992; Bernárdez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta Puga, 1993). Sin embargo, durante la década de los 70's y parte de los 80's, se registró una mortalidad masiva de este género en las zonas someras del SAV, lo que provocó que en la actualidad sean sumamente escasas las colonias vivas en esta zona (Tunnell, 1988; Jordan-Dahlgreen, 1992; Horta-Puga *et al.*, 1997) considerando este rango de distribución posiblemente su extracción durante las etapas de construcción fue en la zona del talud de barlovento y no de la planicie arrecifal.

La distribución batimétrica promedio de *C. natans* en el SAV es de 2-15 m de profundidad en los taludes arrecifales, donde se encuentran colonias masivas, aunque tienen un menor porcentaje de cobertura con respecto a *M. annularis*, *M. cavernosa* y *Siderastrea* spp. (Chavez, 1973; Albuérne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Jordan-Dahlgreen, 1992; Bernárdez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta Puga, 1993). En la planicie arrecifal es posible encontrar algunas colonias de esta especie pero son muy escasas, esto implica que posiblemente durante la construcción del castillo, la extracción de esta especie se tuviera que realizar fuera de la plataforma arrecifal, sobre los taludes arrecifales.

El género *Diploria* presenta los valores más altos en cuanto a cobertura y abundancia en las zonas someras de los arrecifes del SAV, donde se encuentra una gran cantidad de colonias masivas por lo que se le puede considerar como la especie dominante en dicha zona, aunque también se encuentra en los taludes a profundidades que van de los 3-17 m (Chávez, 1973; Albuérne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Bravo-Ruiz y

Camacho-Ruiz, 1989; Partida, 1992; Bernárdez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Barba-Santos, 1998). Considerando, además, que es una de las 3 especies que presentan elevados porcentajes de uso como material de construcción en el castillo: 44 % en la Etapa II, 35 % en la Etapa III, 26.1 % en la Etapa IV y 27 % en la Etapa V (Figura 16), y que un 93.9 % de las colonias susceptibles de ser usadas como material de construcción pertenecen a este género de acuerdo al criterio de talla mínima (Tabla V) se puede decir que probablemente su distribución en la planicie arrecifal de la Gallega durante las distintas etapas es similar a la distribución observada actualmente en el SAV, y fue de esta zona donde probablemente se extrajo la mayor cantidad para ser utilizada como material de construcción.

La especie *M. annularis*, tiene un porcentaje menor de uso en las etapas de construcción: 5 % en la Etapa II, 10 % en la Etapa III, 1.3 % en la Etapa IV y 4 % en la Etapa V (Figura 16); esto posiblemente indica que al momento de la colecta eran escasas las colonias masivas de estas especies en las zonas someras de La Gallega. Esta posibilidad es apoyada por el hecho de que en la actualidad, en la planicie arrecifal de Isla Verde, esta especie tiene valores mínimos en las áreas someras en la composición de especies (4.4 %) (Tabla IV) y son pocas las colonias que pueden considerarse como macrocorales (2.6 % del total, considerando el criterio de talla mínima) (Tabla V); pero que tienen una distribución amplia a profundidades que van de 3 a 14 metros en los taludes arrecifales y es en esta zona donde se encuentran formas masivas (Chavez, 1973; Albuérne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Bravo-Ruiz y Camacho-Ruiz, 1989; Espejel, 1991; Bernárdez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993) esto implica que posiblemente la distribución de esta especie durante las etapas contempladas fuera similar en el arrecife La Gallega, lo que permite suponer que fueron extraídas de la zona de los taludes.

M. cavernosa es otra especie que presenta porcentajes muy bajos de uso en las etapas de construcción, incluso inferiores a los de *M. Annularis*: 1 % en la Etapa II, 2 % en la Etapa III, 1.3 % en la Etapa IV y 1 % en la Etapa V (Figura 16); y su presencia en la plataforma arrecifal de Isla Verde consta de colonias incrustantes de escaso tamaño y durante los muestreos realizados sólo el 0.6 % de las colonias observadas puede ser considerado como susceptible de uso como material de construcción (Tabla V). De manera general, en el SAV se encuentran colonias masivas en los taludes a profundidades de 3-9 m en promedio (Chávez, 1973; Albuérne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Bravo-Ruiz y Camacho-Ruiz, 1989; Espejel, 1991; Bernárdez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

Siderastrea spp. tiene un porcentaje de uso muy bajo y sólo se encuentra en 2 etapas de construcción: 0.2 % en la Etapa II y 0.3 % en la Etapa V (Figura 16), por lo que es posible que al momento de la extracción también fuera poco abundante en las zonas someras del arrecife; actualmente en la planicie arrecifal de los arrecifes Hornos y la Gallega es prácticamente la única especie viva que se puede encontrar, aunque en número bastante escaso y las colonias son muy pequeñas para considerarlas como macrocorales. De acuerdo con lo reportado en este trabajo y por los autores citados, (Chavez, 1973; Albuérne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Bravo-Ruiz y Camacho-Ruiz, 1989; Espejel, 1991; Bernárdez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993) *Siderastrea* spp presenta valores moderados de abundancia en la planicie arrecifal, siendo el

segundo género de importancia después de *Diploria spp.* (Tabla IV), pero son escasas las colonias de tamaño masivo (0.5 % de acuerdo al criterio de talla mínima) (Tabla V) y presentan una mayor distribución en los taludes arrecifales a profundidades de 9-21 m, donde es posible encontrar un mayor número de colonias masivas (Chavez, 1973; Albuerne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Bravo-Ruiz y Camacho-Ruiz, 1989; Espejel, 1991; Bernardez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta Puga, 1993); esto también sugiere la posibilidad de que este género tuvo una distribución similar en las áreas someras del arrecife La Gallega durante las etapas de construcción del castillo.

Del género *Porites* se encontró que es el tercero en cuanto a abundancia relativa en la composición de especies de la comunidad de macro corales en la planicie arrecifal de Isla Verde (4.4 %) (Tabla IV), y no se encontró ninguna colonia en los arrecifes de Hornos y La Gallega. En el castillo de San Juan de Ulúa sólo se encontró un pequeño fragmento que no puede ser considerado como bloque de construcción, y, por consiguiente, no se obtuvo una talla mínima para este género; en consecuencia es posible que se le utilizara poco como material de construcción dado que existían pocas colonias de este género y que incluso las existentes no tuvieran un tamaño adecuado susceptible de usarse como bloque de construcción.

Composición de la comunidad y sus variaciones

Considerando el porcentaje de uso por especie, con los datos disponibles a lo largo de la evolución en las etapas de construcción, se encontró que *A. palmata* muestra una tendencia a la disminución en dicho porcentaje a lo largo de las etapas de construcción (Figura 16), mientras que en la actualidad de acuerdo a lo reportado por Jordan (1992) *A. Palmata* es una especie característica de la zona del talud de barlovento a profundidades de 3-6 m, donde forman una zona bien definida y característica en los arrecifes del SAV (Chavez, 1973; Albuerne *et al.*, 1980; Tunnell, 1988; Bravo-Ruiz y Camacho-Ruiz, 1989; Espejel, 1991; Bernardez de la Granja, 1993; Carricart-Ganivet y Horta Puga, 1993) por lo que presumiblemente la extracción de esta especie se realizó en la zona del talud de barlovento del arrecife de La Gallega.

C. natans presenta la misma tendencia a la disminución en porcentaje de uso (Figura 16), considerando la distribución batimétrica actual de esta especie en el SAV, esta disminución pudiera ser atribuida al hecho de que esta especie no presenta valores importantes en cuanto a número de colonias masivas en plataformas arrecifales en el SAV, por lo que cabe la posibilidad de que se tuviera que extraer de zonas más profundas, sobre ambos taludes del arrecife La Gallega.

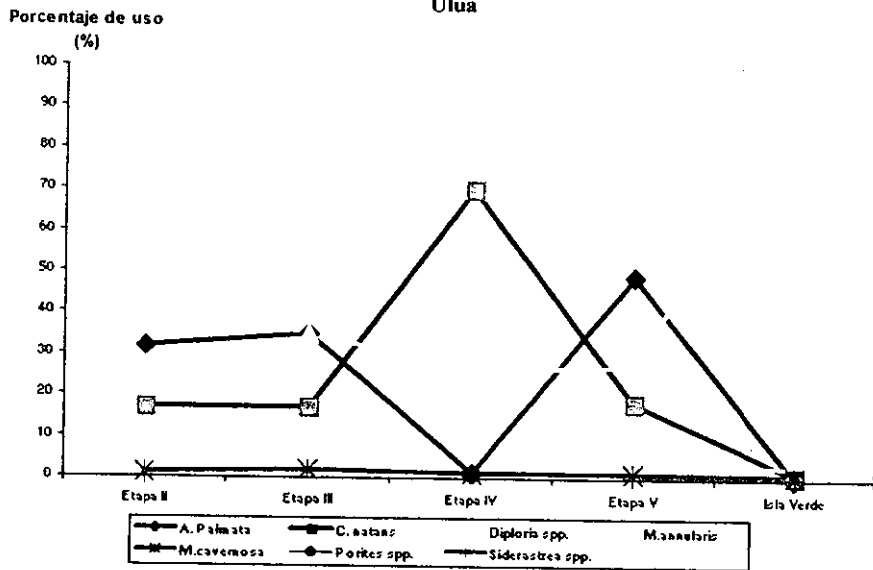
El género *Diploria spp.* muestra también una tendencia a la disminución en cuanto a porcentaje de uso, aunque sus valores son relativamente constantes en todas las etapas de construcción (Figura 16), lo que posiblemente indica que era una de las especies más abundantes al momento de su extracción durante todas las etapas de construcción. Esta posibilidad parece adecuada considerando que en la actualidad, en la planicie arrecifal del SAV *Diploria spp.* es el género dominante en cuanto a composición de especies de macro corales hermatípicos, es decir, en cuanto a valores de abundancia total y relativa (Tabla IV)

La tendencia de uso de *M. annularis*, *M. cavernosa* y *Siderastrea* spp. es muy baja, (Figura 16) por lo que se puede considerar que su uso era más bien restringido a la disponibilidad de especies masivas en las zonas donde se colectaba y, por consiguiente, no existía un número significativo de colonias masivas en la planicie arrecifal de La Gallega y considerando la distribución de estas especies en la actualidad en el SAV, es posible que dicha distribución fuera similar durante la extracción en las diferentes etapas de construcción.

En la planicie arrecifal de Isla Verde se encontró que, de acuerdo con la talla mínima propuesta para considerar a una colonia coralina como macrocoral y adecuada para usarla como bloque de construcción, solamente el género *Diploria* spp. presenta colonias de talla apropiada para estos fines en un porcentaje alto (93.9 %) y es el género predominante en la planicie arrecifal. Las especies *A. palmata*, *C. natans*, *M. annularis*, *M. cavernosa*, *Porites* spp. y *Siderastrea* spp. se encuentran en porcentajes muy bajos, y son escasas las colonias de estos géneros que tengan una talla que permita considerarlos como macro corales, en conjunto inferior al 10 % (Tabla V).

Actualmente, en los arrecifes del SAV siete especies constituyen el 85 % de la cobertura coralina: *D. clivosa*, *D. strigosa*, *M. annularis*, *M. cavernosa*, *S. Sidera* y *Colpophyllia natans*. *Acropora palmata* era también una especie importante antes del fenómeno de mortalidad masiva que disminuyó considerablemente la población de esta especie en el SAV (Jordan, 1992). En las diferentes etapas de construcción del castillo de San Juan de Ulúa se observaron 6 de estas especies: *Diploria* spp., *M. annularis*, *M. cavernosa*, *Siderastrea* spp., *Colpophyllia natans* y *Acropora palmata*, de las cuales 3 presentan un elevado porcentaje de uso: *Acropora palmata* (37 % del total de bloques muestreados) *Diploria* spp. (35.5 %) y *Colpophyllia natans* (18.7 %) y que en total representan el 91 % del material de origen coralino empleado (Figura 10).

Figura 16.- Porcentaje de uso de las diferentes especies de corales hermatípicos utilizadas en la construcción del Castillo de San Juan de Ulúa



CONCLUSIONES

- Los resultados de la investigación documental de la evolución arquitectónica del castillo de San Juan de Ulúa son una evidencia que permiten suponer que todo el material de origen coralino empleado en la construcción fue extraído de las zonas someras del arrecife La Gallega.
- En la construcción del castillo de San Juan de Ulúa se emplearon 6 especies de corales hermatípicos: *Acropora palmata*, *Colpophillya natans*, *Diploria* spp., *Montastraea annularis*, *M. cavernosa* y *Siderastrea* spp.
- Tres especies de corales hermatípicos fueron las de mayor uso en las diferentes etapas de construcción: *Acropora palmata*, *Colpophillya natans* y *Diploria* spp. , por lo que existe la posibilidad de que estas especies fueran de las más abundantes al momento de su extracción en las diferentes etapas de construcción.
- La composición de especies de la comunidad de macrocorales hermatípicos en la planicie arrecifal de Isla Verde muestra que el género *Diploria* spp. presenta los valores más altos en cuanto a abundancia relativa y se puede considerar como la especie predominante en esta zona.
- La tendencia a la disminución en el porcentaje de uso de *Acropora palmata*, *Colpophillya natans* y *Diploria* spp. , permiten suponer que el impacto por la extracción sobre la comunidad coralina del arrecife La Gallega fue extenso, lo que posiblemente causó un importante decremento en las especies coralinas.

BIBLIOGRAFÍA

- ☐ **Aburto, R.** (1998) San Juan de Ulúa: Historia de una fortaleza. Edit. Galaxie, INAH Veracruz, México: 120.
- ☐ **Babcock, R.C.** (1988) Age structure, survivorship and fecundity in populations of massive corals. Proc. 6th Internat. Coral Reef Symp. Australia. 2: 625-633.
- ☐ **Bak, R. M. P. y Engel, M. S.** (1979) Distribution, abundance and survival of juvenile hermatypic corals (Scleractinia) and the importance of life history strategies in the parent coral community. Marine. Biology. 54: 341-352.
- ☐ **Barba, M.** (1998) Estructura poblacional de *Diploria* spp. (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) en la planicie del arrecife Isla Verde Veracruz, Ver. Tesis de Lic. Biología. UNAM ENEP Iztacala, México: 88.
- ☐ **Begon, M. y Mortimer, M** (1986) Population Ecology. 2th. Blackvell Scient Pub. Oxford, RU: 220.
- ☐ **Bernardez, A.** (1991) Estructura de la Comunidad de los corales escleractinos del arrecife Chopas. Tesis de Lic. en Biología. UNAM Facultad de Ciencias, México.
- ☐ **Bravo-Ruiz, J., Camacho-Ruiz, J. y Carricart-Ganivet, J.P.,** (1989) Composición de especies y zonación de corales escleractinios en el arrecife "La Blanquilla", Veracruz, X Congreso Nacional de Zoología, Sociedad Mexicana de Zoología (SOMEXZOO). Programa y resúmenes. D.F., México: 24.
- ☐ **Brown, B.E. y Dunne, R. P.** (1988) The environmental impact of coral mining on coral reefs in the Maldives. Environmental Conservation. 15 (2): 159-165.
- ☐ **Brown, B.E., Dunne, R. P. y Scoffin, T.P.** (1995) Coral rock extraction in the Maldives, central Indian Ocean - limiting the damage. Coral Reefs. 14:236.
- ☐ **Calderón-Quijano, J. A.** (1953) Historia de las fortificaciones en la Nueva España. Publicaciones de la Escuela de Estudios Hispano-americanos Sevilla, España: 334

- ☐ Cairns, S.D. (1982) Stony corals (Cnidaria: Hydrozoa, Scleractinia) of Carrie Bow Cay, Belize. *Smith. Contr. Zool.* 12:271-312.
- ☐ Carricart Ganivet, J. P. (1985) Descripción de las especies de corales escleractinios de Isla de Enmedio, Veracruz. Tesis de Lic. Biología. UNAM ENEP Iztacala, México: 116.
- ☐ Carricart Ganivet, J. P. (1998) Corales escleractinios "Piedra de Múcar" y San Juan de Ulúa, Veracruz. *Ciencia y Desarrollo*. 24 (141): 70-73.
- ☐ Carricart Ganivet, J. P. y Horta Puga, G. (1993) Arrecifes de coral en México. In: Salazar-Vallejo, S. I. y González, N. E. (eds) *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO y CIQRO, México: 865.
- ☐ Cesar, H., Lundin, C.G., Bettencourt, S. y Dixon, J. (1997) Indonesian coral reefs—An economic analysis of a precious but threatened resource. *Ambio*. 26 (6): 345-350
- ☐ Chavez, E. (1973) Observaciones generales sobre las comunidades arrecifales de Lobos Veracruz. *Esc. Nac. Cienc. Biol. México*. 20:13-21.
- ☐ Clark, S. & Edwards, A. J. (1995) Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: Evaluation of a case study in the Maldiv Islands. *Coral Reefs*. 14 (4): 201-213.
- ☐ Connell, J. H. (1973) Population ecology of reef - building corals. In: Jones, O.A. y Endean, R. (eds.) *Biology and Geology of Coral Reefs. II: Biology I*. Academic Press. Florida, EU: 429.
- ☐ Daniel, W. W. (1993) *Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud*. Editorial Noriega-Limusa. D. F., México: 221-349.
- ☐ Dodge, R. E. (1982). Quantitative assessment studies in Bermuda: a comparison of methods and preliminary results. *Bulletin of marine science*. 32(3): 745-760.
- ☐ Dodge, R.E. & Thomson J. (1974) The natural radiochemical and growth records in contemporary hermatypic corals from the Atlantic and Caribbean. *Earth Planet. Science Letters*. 23:313-322
- ☐ Dodge, R.E. & Vaisnys, J.R. (1977) Coral populations and growth patterns: responses to sedimentation and turbidity associated with dredging. *J Mar Res.* 35 (4):715-730

- ☐ **Dulvy, N. K., Stanwell-smith, D. & Darwall, W. R.** . (1995) Coral mining at Mafia Island, Tanzania. a management dilemma. *Ambio* 24: 358-65
- ☐ **Edinger, E. N., Azhar, I., Rao, A., Bachtiar, T. & Risk, M. J.** (1997) Coral reef conservation and coral biodiversity in central Java, Indonesia. *American Zoologist* 37(5): 166A.
- ☐ **Emery, K. O.** (1963) Estudios regionales - arrecifes coralinos en Veracruz, México. *Geofísica Internacional*. 3(1): 11-17.
- ☐ **Espejel, M.** (1991) Aspectos Geológicos y Ecológicos de la distribución de los Escleractinos en los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz. Golfo de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias UNAM. D. F., México.
- ☐ **García, Díaz.** (1992) Veracruz; Imagenes de su Historia. 2da. Archivo General de Estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz.
- ☐ **Greenlaw, J. P.** (1976) The Coral Buildings of Suankin. Orel Press LTD. Stockfield, R.U.
- ☐ **Guilcher, A.** (1988) Coral reef geomorphology. Jhon Wiley & Sons (eds.). New York, USA: 186 – 200.
- ☐ **Gutiérrez, D., García-Sáez, M., Lara & Padilla** (1993) Comparación de arrecifes coralinos: Veracruz y Quintana Roo. In: Salazar -Vallejo, S. I. y González, N. E. (eds.) Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México. 865 pp.
- ☐ **Goreau, T.** (1979). Corales y arrecifes coralinos. *Investigación y Ciencia*. 37: 48-60.
- ☐ **Heilprin, P.A.** (1890) The corals and coral reefs of the western waters of the Gulf of México. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 42:303-316.
- ☐ **Horta, G., Barba, G., & Tello, J. L. en prep.** (1998) The Veracruz Reef System in the Gulf of México: An Enviromental Review
- ☐ **Hulm, P. & Pernetta J., eds.** (1993) Reefs at Risk A programme of action. Marine and Coastal Areas Programme, IUCN Gland, Suiza 220

ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA

- ☞ **Jordan- Dahlgreen, E.** (1979). Estructura y composición de los arrecifes coralinos, en la región noreste de la Península de Yucatán, México. An. Centr. Cienc. Mar Limnol. UNAM. 6(1): 68-86.
- ☞ **Jordan-Dahlgreen, E.** (1992) Recolonization patterns of *Acropora palmata* in a marginal environment. Bull Mar, Sci 51(1): 104-107.
- ☞ **Krebs, C. K.** (1985) Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Harla. D.F, México: 753
- ☞ **Kuhlmann, D. H. H.** (1975) Charakterisierung de Korallenriffe vor Veracruz / México. Int Rev. Ges Hydrobiol. 60(4): 495-521.
- ☞ **Lerdo de Tejada, M.** (1858) Apuntes Históricos de la Heroica Ciudad de Veracruz. In: CFE (1971) San Juan de Ulúa. México. 20 pp.
- ☞ **Loya, Y.** (1972) Community structure and species diversity of hermatipic corals at Eilat, Red Sea. Marine Biology. 18: 100 - 123.
- ☞ **Loya Y** (1978) Plotess and transect methods. In: Staddart, D.R. y Johannes, R.E. (ed). Coral Reefs: researchs methods. UNESCO Monographs on Oceanographic Methodology: 197-218.
- ☞ **McNaughton, S.J. & Wolf, L.L.** (1979) Species diversity and coexistence. In: Facultad de Ciencias UNAM (ed). Ecología Facultad de Ciencias UNAM, México: 375-409.
- ☞ **Martínez, N. E.,** (1968) Historia de la Revolución Mexicana. Los Mártires de San Juan de Ulúa. Archivo General de la Nación. D. F., México: 266.
- ☞ **Morelock, J. & Koenig, K. J.** (1967) Terrigenous sedimentation in a shallow water coral reef. Environment Journal of Sedimentary Petrology. 37(4): 1001-1005.
- ☞ **Muñoz-Espejo, F. M.** (1994) Evolución constructiva de San Juan de Ulúa: del Murallon S XVI a Fortaleza Abaluartada, S. XIX. INAH. Veracruz, México:16.
- ☞ **Ormond, R. & Douglas, A. eds.** (1996) Ecological issues: the exploitation of coral reefs British Ecological Society. Inglaterra 47

- ☐ **Partida-Montalvo, E.** (1992) Estructura de la Comunidad de corales pétreos en la plataforma arrecifal del arrecife de Isla Verde, Ver., con una nota sobre el blanqueamiento de *Porites porites* (Pallas, 1766). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Córdoba, Veracruz.
- ☐ **Pasquel, L.** (1967) Castillo de San Juan de Ulúa. Revista "Jarocha". 48.
- ☐ **PEMEX** (1987) Evaluación de los Corales escleractinos del Sistema Arrecifal del puerto de Veracruz. PEMEX y SECMAR GPTA-E-01/87. México: 119.
- ☐ **Pichon, M.** (1978) Problems of measuring and mapping coral reefs colonies, In Stoddard D.R. y Johanes, R.E. (eds.) Coral reefs research methods. UNESCO. Monographs on Oceanographic Methodology: 197-218.
- ☐ **Poblett M., Pacheco E. & Delgado, L.** (1992) Cien Viajeros en Veracruz. Cónicas y Relatos Tomo I. Gobierno del Estado de Veracruz. México: 1518-1697
- ☐ **Rajasuriya, A. De Silva, M. W. R. N. & Oehman, M.C.** (1995) Coral reefs of Sri Lanka: Human disturbance and management issues. *Ambio*, 24 (7-8): 428-437.
- ☐ **Reyes -Bonilla H.** (1993) Biogeografía y Ecología de los corales hermatípicos (Anthozoa-Scleractina) del Pacífico Mexicano. In: Salazar -Vallejo, S. I. y González, N. E. (eds.) Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México. 865 pp.
- ☐ **Rodríguez, H. & Manrique, J. A.** (1991) Veracruz, la ciudad hecha de mar 1519-1821. Instituto Veracruzano de Cultura, H. Ayuntamiento de Veracruz, S. A. P. A: 405.
- ☐ **Schubmacher** (1978) Arrecifes coralinos. Ed. Omega. Barcelona, España: 288
- ☐ **Scheer, G.** (1978) Application of phytosociological methods. In Stoddard, D.R. y Johanes, R.E. (eds.) Coral reefs research methods. UNESCO. Monographs on Oceanographic Methodology: 197-218
- ☐ **Sluka, R. & Miller, M.W.** (1998) Coral mining in the Maldives. *Coral Reefs*. 17: 288.
- ☐ **Tyler, M.G.** (1992) Living in the environment an introduction to environmental science. 7ª. Edit Wadsworth Biology Series California, U.S.A 683

- ☐ **Tunnell, J.W.** (1988) Regional comparisons of southwestern Gulf of México to Caribbean Sea Coral Reefs., Proc 7th Int. Coral Reef Symp., Guam. 1: 300-306
- ☐ **Vargas, H. J., Hernández, G. A. & Carrera, P. L.** (1993) Sistema Arrecifal Veracruzano. In: Salazar - Vallejo, S. I. y González, N. E. (eds.) Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México. 865 pp.
- ☐ **Villalobos, A.** (1971) Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions. UNESCO-FAO. San Juan, Puerto Rico: 531-545.
- ☐ **Well, S.** What's happening to Coral Reefs?. Part I. (1984) Iclarm Newsletter. Octubre: 5-7 .
- ☐ **Well, S.** What's happening to Coral Reefs? Part II. (1985) Iclarm Newsletter. Enero: 6-8.
- ☐ **Wells, S., Hanna, N.** The Green Peace Book of Coral Reefs. Sterling Publishing. New York, EU:112.
- ☐ **Westman, W.** (1985) Ecology, impact assessment and environmental planning. Wiley interscience publication. EU: 531.
- ☐ **Zlatarski, V. N. & Martínez, N.** (1982) Les Scleractiniares de Cuba, avec des données sur les organismes associés. , Edit. Acad. Bulgare Scienc. Sofia: 472.