

Pedro Horacio López Garrido\*

## **Organismos marinos asociados al patrimonio cultural sumergido de Campeche, México: relación y efectos de la interacción biológica**

Se llevó a cabo el inventario florístico y faunístico en 18 sitios arqueológicos con presencia de restos culturales sumergidos, los cuales se distribuyen en el área costera de la bahía de Campeche, México. 17 de éstos presentan elementos con una antigüedad promedio de entre 20 y 30 años y un sitio con restos de un barco que probablemente data del siglo XVIII. Se identificaron un total de 154 especies agrupadas en nueve *phyla*, en donde se encuentran incluidas plantas y animales. La especie más frecuente resultó ser *Oculina diffusa* (coral) seguida de especies tales como *Scopalina ruetzleri* (esponja); *Siderastrea radians* (coral de estrellitas), entre otras. Se identificaron diversas especies benthicas que intervienen en el proceso de transformación de los restos culturales sumergidos en el medio ambiente acuático. Finalmente, la identificación taxonómica y descripción de las comunidades asociadas a los restos culturales de relevancia arqueológica e histórica, son importantes para poder realizar estudios enfocados principalmente en la conservación e investigación de los sitios arqueológicos sumergidos en el medio ambiente marino.

A biological check-list of species in 18 archaeological sites with underwater remains in the shallow waters along the coast of Campeche, Mexico was undertaken. 17 of them showed elements with average datings of between 20 to 30 years ago, as well as a shipwreck from the XVIII century. 154 species in nine *phyla* were identified, including animals and plants. The most frequent specie was *Oculina diffusa* (coral) followed by such species as *Scopalina ruetzleri* (sponge); *Siderastrea radians* (star coral), etcetera. Several species were also identified that belong to the benthic communities and that intervene in the transformation of the underwater cultural heritage. The taxonomic identification and description of the communities associated with the underwater cultural heritage play an important part in the studies on conservation and research of the underwater archaeological sites.

**H**istóricamente el Golfo de México ha sido muy importante. Por mucho tiempo este espacio marítimo se ha empleado para la comunicación e intercambio intercontinental, actividades que se han llevado a cabo durante más de tres siglos de navegación transatlántica. En la actualidad tiene lugar un considerable intercambio comercial por medio de buques, los cuales transportan diversas mercancías. Además, es fuente de extracción de numerosos recursos pesqueros, mineros y energéticos.

Debido a lo anterior, una gran cantidad de vestigios culturales de gran importancia arqueológica e histórica se encuentran sumergidos entre ellos restos de barcos, restos cerámicos y líticos, que datan de épocas antiguas y de manera general se denominan “patrimonio cultural sumergido”. En México, la Subdi-

\* Subdirección de Arqueología Subacuática-INAH. pedro\_lopez@inah.gob.mx

rección de Arqueología Subacuática (SAS) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) tiene como misión la protección, conservación, investigación y manejo del patrimonio cultural sumergido que yace en las aguas territoriales y epicontinentales del país. Debido a la importancia arqueológica e histórica de este patrimonio, resulta relevante la investigación de los procesos que intervienen en la transformación y degradación de los restos culturales en el medio acuático.

Es por ello que, enmarcado por los proyectos que actualmente dirige la SAS, como son “Proyecto de Investigación de la Flota de la Nueva España de 1630-1631”, “Inventario y Diagnóstico de Recursos Culturales Sumergidos en el Golfo de México” y “Proyectos Especiales de la Subdirección de Arqueología Subacuática”, se dio inicio a la investigación de dichos procesos. En la primera fase de la investigación, y debido a la importancia de conocer las especies que se encuentran asociadas a vestigios culturales —para posteriormente estudiar su relación con los mismos—, se realizó un inventario de las especies marinas asociadas a restos culturales sumergidos de diversas cronologías localizados en aguas costeras de Campeche, México.

Indudablemente, desde hace tiempo se conoce la importancia que tiene el estudio de los organismos marinos y su relación con la degradación de diversos materiales, principalmente empleados en la construcción naval. Un ejemplo de lo anterior son los registros históricos de Oliveira, (1580: 198-202), quien describe un organismo marino denominado broma, del que se sabía que generaba daños a las embarcaciones construidas en esa época. Descrito en ese entonces como un animal pequeño, con caparazón en forma cilíndrica que horada y penetra en la obra viva de los cascos de madero, llegando a inutilizarlos para la navegación (Amich, 2003: 84). En la actualidad existe gran variedad de materiales empleados en la fabricación de barcos, puertos y objetos industriales, los cuales se encuentran sumergidos en medios acuáticos. La incrustación de organismos en dichas estructuras generalmente produce afectaciones de diversos tipos, y debido a ello recientemente co-

menzó a estudiarse científicamente este hecho con mayor detenimiento.

Como consecuencia, en los últimos años se han realizado investigaciones enfocadas a estudiar las comunidades que incrustan las superficies de “sustratos duros” artificiales o estructuras hechas por el hombre en ambientes marinos. En este sentido, aunque con un enfoque diferente, se han hecho diversas investigaciones para tratar de establecer la relación y el grado de impacto que producen las comunidades bénticas de organismos de forma de vida sésil que colonizan los vestigios arqueológicos sumergidos.

En Argentina se han realizado estudios en ese sentido, como el de Bastida *et al.* (2004). En ellos se realiza un análisis y evaluación de los factores que intervienen en los procesos de transformación de restos arqueológicos sumergidos. En Estados Unidos, donde la presencia de recursos naturales y culturales tiene una representación significativa, también se han hecho estudios por parte de dependencias federales como el National Parks Service. En esta labor también han contribuido dependencias estatales como South Carolina Institute of Archaeology and Anthropology. En dichas investigaciones se incluyen diagnósticos multidisciplinarios de tipo arqueológico, biológico, ambiental, geológico, etcétera, con el propósito de mantener la integridad ecológica y lograr la protección, conservación, uso racional, disfrute y conocimiento de los recursos naturales y culturales.

Como ejemplo de tales estudios podemos mencionar los realizados por Spirek y Amer (2004), de la División de Investigación Marítima de South Carolina Institute of Archaeology and Anthropology; y los de Larry Murphy para el Submerged Resources Center en Florida (Murphy, 1990; 1973).

Debido a lo anterior es importante realizar investigaciones interdisciplinarias que involucren estudios arqueológicos, ecológicos, biológicos, ambientales, geológicos, químicos, etcétera, que integren aspectos relacionados con el deterioro, conservación *in situ* y manejo de sitios con presencia de restos culturales, sean de impor-

tancia arqueológica y/o histórica en conjunto con los recursos naturales asociados a ellos.

El propósito de este ensayo consiste en identificar los factores biológicos que inciden en la transformación y degradación de contextos culturales sumergidos de relevancia arqueológica y/o histórica en el área costera cercana a la ciudad de Campeche, México. Para ello es necesario realizar el inventario florístico y faunístico de las especies asociadas a sitios arqueológicos sumergidos presentes en el área de estudio; identificar las especies más frecuentes que habitan las áreas con presencia de restos culturales sumergidos; conocer los diferentes tipos de sustratos colonizados por organismos incrustantes, e investigar el tipo de actividad biológica que dichos organismos marinos ejercen sobre los restos culturales.

### Área de estudio

El clima en el área es caluroso, subhúmedo, con lluvias en verano y una temperatura media anual que supera 26°C. La precipitación promedio anual varía entre 1 100 y 2 000 mm<sup>3</sup>. Se distinguen tres estaciones climáticas: de junio a sep-

tiembre la época de lluvias, de octubre a febrero la época de “nortes” o tormentas de invierno, y de febrero a mayo la época de secas.

La plataforma marina en la bahía de Campeche, frente a Ciudad del Carmen, se extiende aproximadamente 130 km hasta el borde continental, mientras frente a Champotón se extiende 160 km. No obstante, la extensión de la plataforma continental a lo largo del estado de Campeche es variable, y lo mismo para las mayores profundidades, que van de 150 a 800 m. La temperatura de las aguas superficiales de Campeche se encuentra entre 25 y 29°C, teniendo en primavera, y en aguas cercanas a la costa, temperaturas superficiales por debajo de 26°C, mientras en el verano las mayores temperaturas se registran para el mes de agosto. De manera general, la zona presenta un régimen de mareas tipo mixto; con amplitud media de 0.18 metros.

La zona de estudio (fig. 1) está delimitada al Norte por las coordenadas 20° 11' 41.698" N y 90° 30' 8.042" O, y colindando con la isla de Jaina. Hacia el Sur está delimitada por las coordenadas 19° 22' 10.576" N y 90° 43' 27.960" O y limita con la ciudad de Champotón. Hacia el Este el área se encuentra delimitada por la fran-

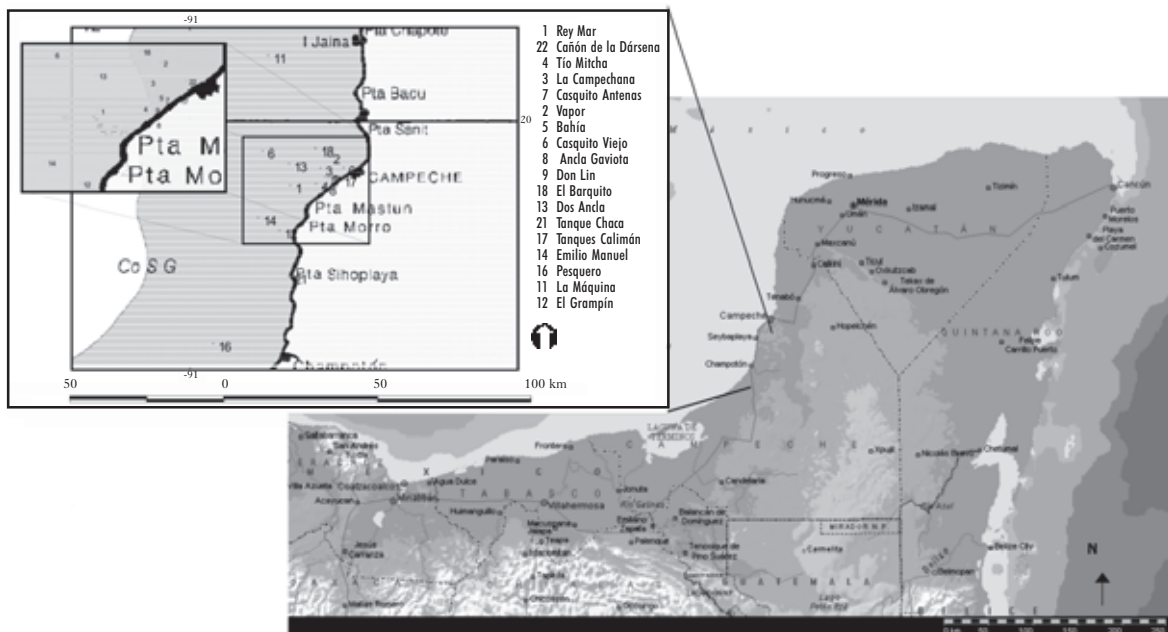


Fig. 1 Ubicación geográfica de 18 sitios arqueológicos sumergidos en la costa de Campeche.

ja litoral del estado de Campeche, mientras al Oeste se extiende 25 km sobre la plataforma continental. Comprende una superficie aproximada de 4 667 km<sup>2</sup>, cuadrados con profundidades que oscilan entre 3 y 15 m.

En esta área se encontraron 18 sitios con presencia de vestigios culturales sumergidos durante los trabajos realizados en 2004 por la SAS. Los restos arqueológicos encontrados pertenecen a barcos camaroneros y objetos aislados como cañones y anclas. Uno de los 18 sitios arqueológicos presenta los vestigios de un barco, probablemente del siglo XVIII. Los sitios se identifican en algunos casos por los nombres originales de los barcos a que pertenecen los restos culturales; en otros casos los propios pescadores del área han dado dichos nombres, o bien fueron otorgados de acuerdo con ciertas características del paisaje en la costa. A continuación se presenta la relación de sitios ordenados cronológicamente y la numeración corresponde a la ubicación geográfica de cada uno de ellos (fig. 2).

## Metodología

Para determinar la riqueza específica asociada a los restos culturales sumergidos se empleó co-

mo herramienta el equipo de buceo autónomo. El trabajo consistió de las siguientes etapas: identificación taxonómica *in situ* de especies bentónicas, nectónicas y demás asociadas a los restos culturales; y colecta y preservación de organismos bentónicos asociados al patrimonio cultural sumergido, cuya identificación no pudo realizarse en campo.

### Identificación taxonómica *in situ*

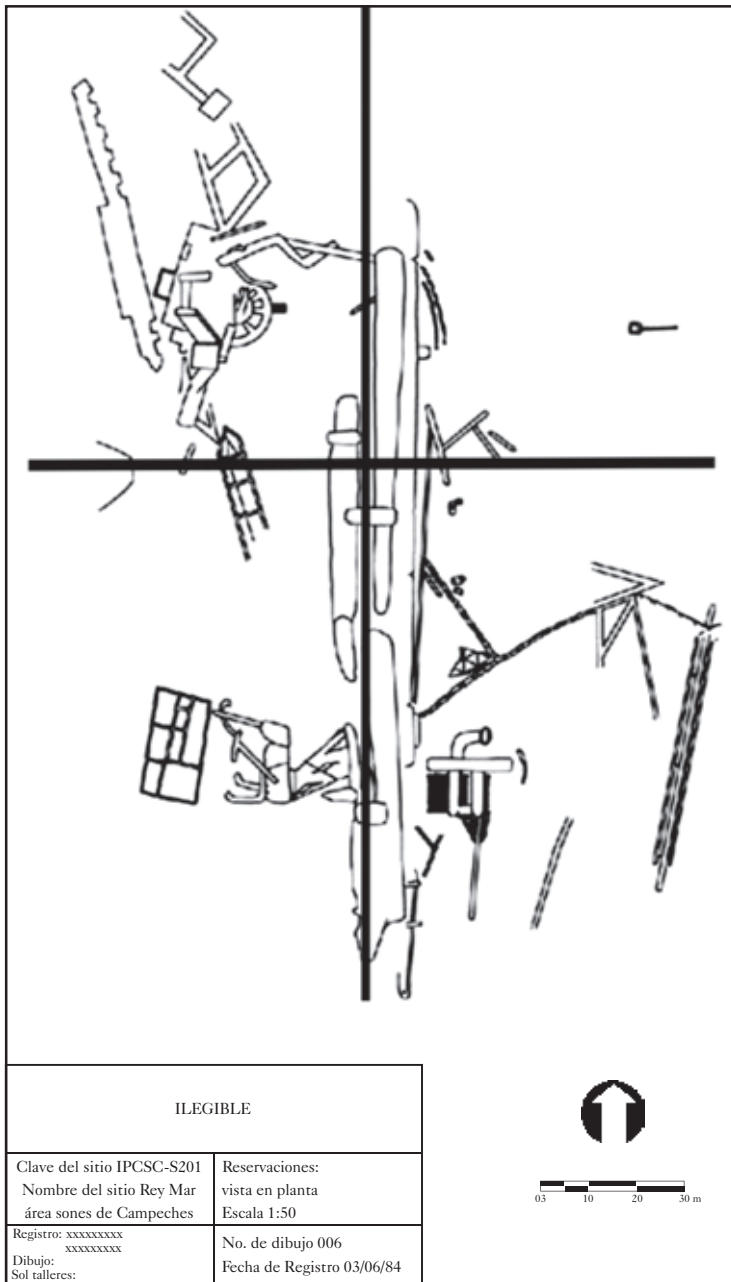
Para la identificación taxonómica en cada uno de los sitios se utilizó la metodología propuesta en Almada-Villela, *et al.* (2003), empleando guías de campo sumergibles y no sumergibles de identificación para especies de Florida, el Caribe y las Bahamas, así como claves taxonómicas y bibliografía especializada para Campeche y el Golfo de México. La estrategia para el levantamiento florístico y faunístico de especies se apoyó en la establecida para el trabajo arqueológico en función de las condiciones del contexto. En cada uno de los sitios se colocaron dos líneas métricas orientadas magnéticamente en dirección de los puntos cardinales, con lo cual se formaban dos o cuatro cuadrantes (fig. 3). El registro y muestreo se llevó a cabo en cada uno de los cuadrantes, registrando el mayor número de especies posible durante la inmersión. Para ello se emplearon los conocimientos acerca del hábitat y conductas de los organismos. Asimismo se realizó un registro fotográfico para apoyar las identificaciones.

### Colecta de organismos

El muestreo empleado para la colecta de organismos fue delimitado de la misma forma, con los cuadrantes utilizados en el trabajo arqueológico ya descrito. Únicamente se colectaron organismos incrustantes pertenecientes a co-

<i>Nombre del sitio</i>	<i>Descripción del sitio</i>
Cañón de la Dársena	Cañón de hierro de cronología tentativa siglo XVIII
El Pesquero	Pecio de cronología tentativa siglo XVIII
El Grampín	Ancla de cronología indeterminada
Rey Mar	Pecio de camaronero del siglo XX
Tío Mitcha	Pecio de camaronero del siglo XX
La Campechana	Pecio de camaronero del siglo XX
Casquito Antenas	Pecio de camaronero del siglo XX
Vapor	Pecio indeterminado del siglo XX
Bahía	Pecio de camaronero del siglo XX
Casquito Viejo	Pecio de camaronero del siglo XX
Ancla Gaviota	Ancla de cronología indeterminada
Don Lin	Pecio de camaronero del siglo XX
El Barquito	Pecio indeterminado del siglo XX
Dos Anclas	Anclas del siglo XX
Tanque Chaca	Elementos aislados modernos
Tanques Calimán	Elementos aislados modernos
Emilio Manuel	Pecio indeterminado del siglo XX
La Máquina	Elemento aislado del siglo XX

● Fig. 2 Relación de los sitios y vestigios arqueológicos sumergidos localizados en la costa de Campeche.



● Fig. 3 División en cuadrantes, para muestreo y registro biológico, de un sitio arqueológico sumergido.

munidades epibénticas. En la colecta se empleó una espátula y cuchillo para tomar muestras parciales, o bien de los organismos completos. Las colectas se depositaron en bolsas de tela con jareta, y ya en la embarcación se depositaron en agua de mar para evitar el deterioro, facilitar el traslado y lograr su conservación.

### Fijación y análisis de muestras

Los organismos colectados se preservaron en formol al 5% diluido en agua de mar. Las muestras de algas marinas se mantuvieron 24 horas en la solución de formol, para luego ser etiquetadas y separadas en bolsas de plástico, con la respectiva etiqueta de identificación. Posteriormente se colocaron en una bolsa negra para evitar la pérdida de pigmentación.

Este mismo procedimiento se utilizó en el caso de las esponjas, y después de 30 días se lavaron con agua destilada y se fijaron en etanol al 70%, diluido en agua destilada para su preservación final. Otros organismos, moluscos y algunos crustáceos, fueron colocados en bolsas de plástico con su respectiva etiqueta; los corales escleractinios se pusieron a secar al sol durante unas horas, mientras los octocorales se depositaron en frascos con etanol, ambas muestras debidamente etiquetadas.

La identificación de algas se realizó en el laboratorio de Ficología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por las investigadoras Catalina Mendoza y Luz Helena Gutiérrez. La identificación de esponjas marinas se llevó a cabo en el laboratorio de Taxonomía y Sistemática de Esponjas Marinas del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la UNAM, por la investigadora Patricia Gómez. En ambos casos se utilizaron claves taxonómicas y bibliografía especializada para cada grupo que aparecen en las referencias de este artículo. Las muestras colectadas de corales, moluscos y crustáceos fueron identificados con la ayuda de di-

versos especialistas del laboratorio de Ecología Marina de la ENCB; la identificación en el laboratorio estuvo apoyada en el registro fotográfico.

## Resultados

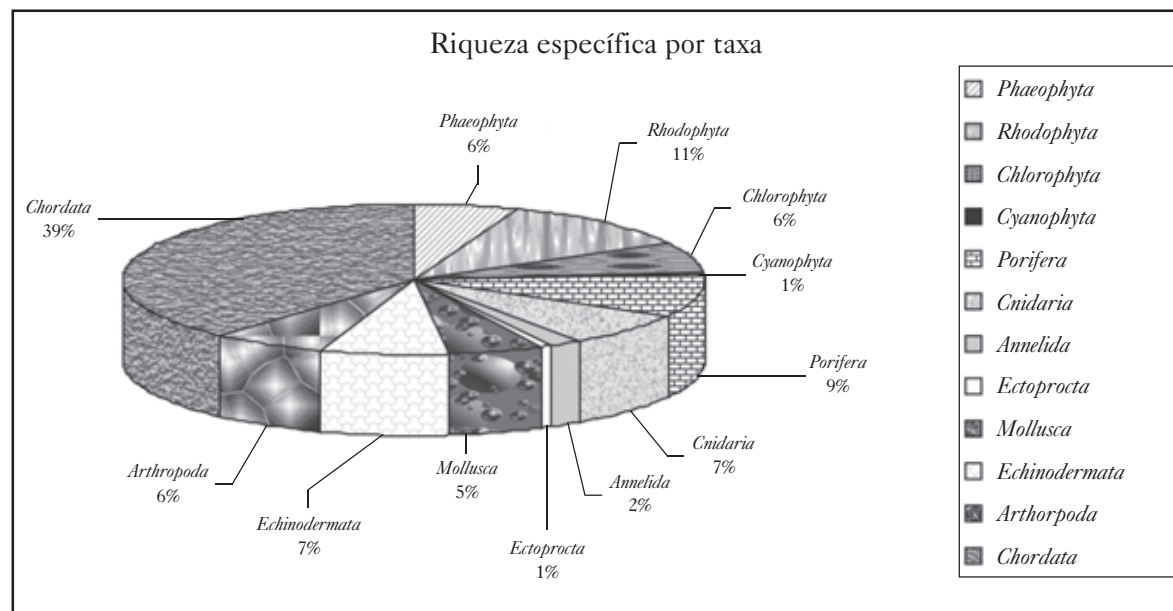
Se determinó la riqueza específica en 18 sitios con presencia de vestigios culturales sumergidos. Se identificaron en total 154 especies agrupadas en nueve *phyla* que incluyen plantas y animales: *Plantae* (plantas), *Porifera* (esponjas), *Cnidaria* (corales, hidrozoarios), *Annelida* (gusanos marinos), *Ectoprocta* (briozoarios), *Mollusca* (bivalvos, caracoles y pulpos), *Echinodermata* (estrellas de mar, erizos y pepinos de mar), *Arthropoda* (cangrejos, balanos y camarones) y *Chordata* (urocordados, peces). En el apéndice se muestra el listado general de especies y su clasificación taxonómica, la cual tiene una secuencia filogenética.

Las plantas estuvieron representadas en su mayoría por macroalgas, de las que se identificaron nueve especies de la división *Phaeophyta* (algas cafés), 17 especies de *Rhodophyta* (algas rojas), diez especies de *Chlorophyta* (algas verdes), y una especie de la división *Cyanophyta* (algas azules). Las esponjas estuvieron repre-

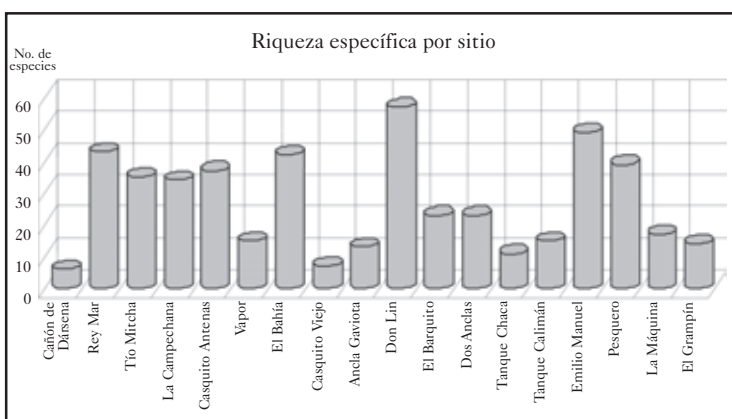
sentadas por catorce especies, tres de ellas indeterminadas. Los *Cnidarios* estuvieron integrados por once especies, como hidrozoarios, corales escleractinios, una especie de coral suave y una especie de anémona que no pudo ser identificada. También se registraron tres especies de anélidos que no pudieron ser identificadas, debido a las dificultades taxonómicas de este grupo y a que no pudo colectarse ningún ejemplar, pues el registro se realizó únicamente por fotografía.

Los briozoarios estuvieron representados únicamente por una especie y se registraron ocho especies de moluscos, entre ellos gasterópodos y pelecípodos. Los equinodermos estuvieron representados por once especies, de las que dos no pudieron ser determinadas. Se identificaron ocho familias de artrópodos y dos no se determinaron a nivel taxonómico de especie. En el grupo de cordados se identificaron 59 especies, de las que ocho pertenecen al grupo de las ascidias coloniales, dos al grupo de los tiburones y rayas, y 48 son parte del grupo de peces óseos de la clase *Actinopterygii*. En la fig. 4 se muestra de manera gráfica la riqueza de especies por grupo taxonómico expresada en porcentajes, como resumen de lo aquí descrito.

En la fig. 5 se muestra la riqueza específica en cada uno de los sitios arqueológicos sumer-



● Fig. 4 Relación porcentual de los taxa encontrados en asociación con los vestigios arqueológicos sumergidos.



● Fig. 5 Riqueza biológica específica por sitio arqueológico.

gidos, expresada en número de especies. El mayor número de especies se encontró en el sitio Don Lin, con 57, entre las que se incluyen macroalgas, esponjas marinas, corales, briozoarios, anélidos, moluscos, crustáceos, ascidias y peces. Por otra parte, el menor número se registró en el sitio Cañón de la Dársena, con solamente seis especies, entre ellas una esponja marina, un coral escleractinio, un molusco y tres especies de peces. Otros sitios de riqueza considerable son Emilio Manuel y El Bahía, con más de 40 especies; mientras sitios como Rey Mar, Tío Mitcha, La Campechana y El Pesquero cuentan con más de 30 especies registradas.

En relación con la frecuencia de especies, se consideró entre las más frecuentes aquellas que presentan un valor absoluto  $\geq 0.50$ , lo cual indica que se registraron al menos en la mitad de todos los sitios analizados. En este sentido, la especie más frecuente resultó ser *Oculina diffusa* (coral) con una frecuencia absoluta de 0.78; seguida de *Scopalina ruetzleri* (esponja) con frecuencia de 0.67; *Siderastrea radians* (coral de estrellitas), *Pomacanthus arcuatus* (ángel gris), *Anisotremus virginicus* (burro) y *Serranus subligarius* (pez), con frecuencia de 0.61; *Phyllangia americana* (coral) y *Parablennius marmoratus* (gobio) mostraron una frecuencia de 0.56, y la frecuencia de *Solenastrea sp2* (coral), *Echinaster*

*sentus* (estrella de mar), *Pareques acuminatus* (tambor) y *Lutjanus griseus* (pargo) fue de 0.50 (fig. 6).

## Discusión

### Riqueza específica

El análisis derivado de la riqueza específica asociada a los restos culturales sumergidos produjo como resultado la identificación de 154 especies agrupadas en nueve *phyla*.

Los diferentes materiales que componen los restos culturales son hierro, madera, piedra (empleada como lastre), bronce, textiles (redes de pesca) y cerámica. Estos materiales proveen sustratos [estructura con la cual los organismos mantienen un estrecho contacto, ya sea temporal o permanente; Gerlach (1971), citado en Sentelices (1977: 183)] que proporcionan una gran variedad de hábitats y microhábitats, y en conjunto con los factores ambientales del medio acuático determinan las condiciones para la incrustación y crecimiento de una considerable diversidad de organismos sobre los materiales arqueológicos. Cabe resaltar que cerca de 40% de las especies identificadas pertenece a la comunidad de organismos incrustantes. En ese sentido, en comunidades asociadas a “sustratos duros” naturales generalmente dominan

Especie	Nombre común	Frecuencia absoluta
<i>Oculina diffusa</i>	coral	0.78
<i>Scopalina ruetzleri</i>	esponja	0.67
<i>Siderastrea radians</i>	coral de estrellitas	0.61
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	pez ángel	0.61
<i>Anisotremus virginicus</i>	burro	0.61
<i>Serranus subligarius</i>	serrano	0.61
<i>Phyllangia americana</i>	coral	0.56
<i>Echinaster spinolosus</i>	estrella de mar	0.53
<i>Parablennius marmoratus</i>	bleny	0.53
<i>Pareques acuminatus</i>	pez navaja	0.50
<i>Lutjanus griseus</i>	pargo	0.50

● Fig. 6 Especies de arrecife más frecuentes en los sitios arqueológicos sumergidos.

las formas sésiles, tanto en número como en biomasa, por ello determinan la estructura de la comunidad en estos ambientes (Railkin, 2004: 1-3).

El grupo taxonómico con mayor número de especies fue el de los cordados (38%), conformado en su mayor parte por el grupo de peces, debido a que los restos culturales forman lo que podemos denominar *arrecifes artificiales*, que proveen un hábitat favorable para la coexistencia de muchos organismos propios de las comunidades de arrecifes coralinos.

En este sentido, dichos sitios arqueológicos constituyen áreas donde se realiza también la actividad pesquera, y entre las principales especies explotadas destacan: *Haemulon plumieri*, *H. aurolineatum* (chakchic), *Lutjans griseus* (huachinango) *Lachnolaimus maximus* (boquinete), *Stephanolepis hispidus* (cochinilla), *Ballistes capriseus* (cochinilla), *Scomberomorus maculatus* (sierra), *Centropomus undecimalis* (robalo), *Rachycentron canadum* (esmedregal), *Megalops atlanticus* (tarpón), *Chaetodipterus faber* (palometa), *Ginglymostoma cirratum* (tiburón gata), *Octopus vulgaris* (pulpo) *Busycon* sp., *Pleuroploca* sp y *Turbinella* sp (caracol).

El grupo de las algas presentó una riqueza específica considerable (24%), representada en su gran mayoría por macroalgas. Esta abundancia puede estar relacionada con los factores ambientales del medio acuático —iluminación, profundidad y temperatura, entre otros—, y con las propiedades físicas, topográficas y químicas de los materiales arqueológicos, lo que condiciona la colonización de las especies de algas submareales identificadas en nuestro estudio.

Otros taxa importantes, debido a la relación ecológica de algunas especies con los restos arqueológicos, son los cnidarios (7%), esponjas (9%), moluscos (5%), artrópodos (6%), anélidos (2%), equinodermos (7%) y de cordados (39%). El sitio donde se registró el mayor número de especies fue el Don Lin (DL), mientras el sitio Cañón de la Dársena (CD) tuvo el menor registro.

En el sitio DL se encuentran los restos de un barco camaronero, probablemente hundido en la década de 1980, distribuidos en un área aproximada de 40 x 20 m. Los diversos tipos de

materiales encontrados son restos de madera (parte central de la quilla), partes del casco de metal y restos de la maquinaria, así como textiles (redes de pesca). El sitio CD se conforma de un cañón de hierro fundido, un cigüeñal y una llanta en un área aproximada de 12 x 3 m.

De acuerdo con lo señalado por Railkin (2004: 27-28), el proceso de colonización de macroorganismos y microorganismos está condicionado por cuatro factores: las condiciones de transporte por corrientes, asentamiento, fijación, nutrición y crecimiento; la presencia de una superficie dura como sustrato, y el área superficial limitada del “sustrato duro”. En ese sentido, la diversidad de macroorganismos que logra colonizar un sustrato artificial, como los restos arqueológicos, quizá se relaciona con el tipo de material, la cantidad de restos culturales y el área que ofrecen para ser colonizada, así como los hábitats y microhábitats que se generan asociados con ellos. De igual forma, las características topográficas, físicas y químicas de los sustratos, determinadas por las condiciones del medio acuático circundante —como la temperatura, el oxígeno disuelto, la penetración de luz y las estaciones climáticas—, juegan un papel importante en la incrustación de los vestigios.

De acuerdo con Herrera (2000: 30-37), se ha visto que la estructura de las comunidades bentónicas *está sujeta a periodos de alta variabilidad debido a la invasión de especies estacionales encaminado a un estado final estable*, y que se presenta a través del tiempo, determinado también por los cambios ambientales estacionales. En principio, la estructura (composición de especies, abundancia, etc.) de las comunidades bentónicas se ve modificada a través del tiempo. Por tal razón, el periodo que llevan sumergidos los restos culturales seguramente determina la estructura de las comunidades incrustantes.

Además, bajo condiciones inestables producidas por fenómenos meteorológicos o disturbios ambientales de diferente índole, los procesos de sucesión biológica de las comunidades que colonizan sustratos duros pueden ser interrumpidos (Railkin, *ibidem*: 35). En consecuencia, la estructura de una comunidad puede verse modificada y presentar regresiones a etapas



tempranas en el proceso de sucesión biológica. Un ejemplo claro de este fenómeno se presenta en el sitio El Pesquero, donde las corrientes y la acumulación del sedimento provocan que la cubierta sedimentaria cubra y descubra tanto los cañones de hierro como el resto de elementos arqueológicos esparcidos en el sitio. Esta dinámica condiciona la colonización de determinadas áreas de los cañones por organismos incrustantes, de tal forma que el área de los cañones no cubierta por el sedimento es colonizada en los primeros meses, principalmente por algas como *Blennothrix lyngbyacea* y *Polysiphonia denudata*, cuyos ciclos de vida son cortos y logran crecer e incrustar rápidamente el sustrato recién expuesto.

En este sentido, el estudio de la composición o estructura de las comunidades asociadas a los restos culturales, en combinación con la información arqueológica obtenida, puede darnos una idea aproximada de las condiciones ambientales en que se ha desarrollado ese contexto cultural. Por ello las actividades encaminadas a la identificación taxonómica, descripción y monitoreo de las comunidades asociadas al patrimonio cultural es de vital importancia, pues representa la base para futuros estudios en relación con la conservación e investigación de los procesos de transformación de los contextos arqueológicos sumergidos.

#### Frecuencia de especies

Estadísticamente, la frecuencia biológica se define como la posibilidad de encontrar una especie dada en una muestra determinada (Guadarrama, *et al.*, 1998). En este estudio se realizó el cálculo de frecuencias de aparición para cada especie identificada en nuestro universo muestra, representado por 18 sitios con presencia de restos culturales sumergidos. La especie más frecuente en los sitios resultó ser el coral escleractinio de la especie *Oculina difusa*, con una frecuencia absoluta de 0.78, seguida de especies como la esponja *Scopalina ruetzleri* (0.67), el coral *Siderastrea radians*, los peces *Pomacanthus arcuatus*, *Anisotremus virginicus* y *Serranus subli-*

*garius* (0.61), el coral *Phyllangia americana* (0.56), la estrella de mar *Echinaster sentus*, y los peces *Parablennius marmoratus* (0.53), *Pareques acuminatus* y *Lutjanus griseus* (0.50).

Resulta interesante que tres especies de coral son muy frecuentes en los sitios analizados. Humman (2002) reporta a *Oculina difusa* como una especie que se localiza habitualmente en pecios, y en nuestro caso ésta presentó el mayor número de registros positivos. Las condiciones que prevalecen en la zona costera en que se encuentra la mayor parte de contextos arqueológicos son de alta sedimentación y turbiedad. No obstante, las especies de coral identificadas, y asociadas a los restos culturales, presentan una gran tolerancia a dichos factores. Torruco *et al.* (1997), que han estudiado extensamente los arrecifes de la sonda de Campeche, no reportan la presencia de las especies de coral *Oculina difusa* y *Phyllangia americana*; sin embargo, resultaron ser dos de las especies más frecuentes asociadas a los restos culturales.

Quizá la frecuente colonización e incrustación de los restos culturales por determinadas especies de organismos marinos sugiera un tipo de relación ecológica o asociación basada en las propiedades químicas, físicas y topográficas de los restos culturales, e influenciadas por las características ambientales del medio circundante.

#### Relación e interacción con el patrimonio cultural sumergido

Existe un gran número de comunidades biológicas que habitan e incrustan los *sustratos duros* sumergidos en las costas de todo el mundo. En relación con el sustrato se pueden diferenciar dos grupos principales: el primero está formado por sustratos o cuerpos duros de origen natural, como rocas sumergidas de orígenes diversos, arrecifes de coral, troncos de árboles o restos de madera; el segundo corresponde a sustratos no naturales que presentan características físicas y químicas particulares, como plásticos, metales, cables, pecios, redes de pesca y estructuras industriales, entre otros, y pueden o no ser químicamente inertes.

Por otro lado, como se ha podido observar a lo largo de este estudio, los restos culturales o pecios forman arrecifes que podemos considerar *artificiales*, debido a la naturaleza de esos sustratos, sobre los que se desarrollan las comunidades marinas que los conforman.

Los diferentes grupos taxonómicos identificados que constituyen las comunidades asociadas a vestigios culturales sumergidos en las aguas costeras de Campeche son macroalgas, esponjas, cnidarios, anélidos, briozoarios, moluscos, equinodermos, artrópodos, ascidias y peces.

En esta diversidad de organismos se han descubierto especies que intervienen en los procesos de biodeterioro de materiales orgánicos como madera. Los registros históricos de Oliveira en 1580, donde menciona los daños o desperfectos que producían ciertos organismos marinos a los cascos de las embarcaciones de la época, muestra la relevancia histórica que ha tenido este hecho. Ahora sabemos que se trata de algunas especies de moluscos de la familia *Teredinidae* como *Teredo navalis*, que pueden perforar el sustrato donde realizan su ciclo de vida, como la madera en sitios arqueológicos sumergidos.

Otros moluscos capaces de perforar restos de madera o rocas son algunas especies de los géneros *Bankia*, *Xylophaga* y *Martesia*, así como ciertos bivalvos que perforan con sus conchas. Por ejemplo, ciertos moluscos pueden perforar cables y estructuras de concreto de los puertos marítimos (Railkin, *ibidem*: 15-17).

En este estudio pudieron reconocerse tres especies de anélidos pertenecientes a la familia *Sabellidae*, capaces de perforar y hacer túneles en los restos de embarcaciones construidas con madera. Lamentablemente, debido a las dificultades taxonómicas del grupo, no fue posible realizar su identificación, quedando como indeterminadas. Ciertas especies de crustáceos de la familia *Limnoriidae* y *Chelluridae* también son organismos perforadores de madera. La velocidad de perforación de algunas de estas especies, como las del género *Limnoria* sp, no excede 2 cm por año en restos de madera (Il'in 1992a, citado en Railkin, *ibidem*: 21). Sin embargo, no se registró la presencia de alguna especie de esta familia en los sitios analizados.

Un hecho que resulta interesante en los sitios analizados es la presencia de ejemplares del género *Mhytrax* sp (cangrejo), que si bien no perfora la madera sí genera un daño mecánico al desprender pequeñas porciones de madera mientras se alimentan o tratan de cavar su madriguera; por lo que es probable que pueda ingerir pequeñas porciones de madera. Al respecto, Amer y Spirek (*op. cit.*: 114) reportan que la especie *Mennipe mercenaria* (cangrejo piedra) afecta las estructuras de madera de restos arqueológicos al tratar de hacer su madriguera. Esta especie fue registrada e identificada en sitios como El Pesquero. Asimismo, y aun cuando no logró observarse directamente el daño que causan a restos de madera los ejemplares identificados en diversos sitios, es posible que al igual que individuos de género *Mhytrax* sp (cangrejo), *Mennipe mercenaria* puedan generar un daño semejante en este tipo de material.

A los organismos que son capaces de perforar sustratos duros como madera o roca se les considera altamente especializados. Para ello estos organismos emplean diversos mecanismos como la segregación de metabolitos o sustancias químicas que disuelven el sustrato. Por ejemplo, algunas esponjas marinas de los géneros *Mycale* y *Cliona* poseen células que segregan sustancias para disolver químicamente la roca. En algunos sitios se registró la presencia de las especies *Cliona varians*, *Pione vastifica*, así como la especie *Mycale microsigmatosa*. De éstas, la especie *Pione vastifica* se encontró perforando esqueletos calcáreos pertenecientes a corales escleractinios que habían recubierto por completo el cañón de hierro del sitio Cañón de la Dársena.

Hasta cierto punto, la colonización de los materiales arqueológicos por ciertos tipos de organismos incrustantes los protege de factores ambientales que intervienen en su degradación. Sin embargo, como pudimos observar, las esponjas de esta familia disuelven químicamente la roca y forman galerías internas dentro del sustrato, con lo cual provocan la erosión del mismo. Como consecuencia de este proceso seguramente el Cañón de la Dársena quedará al descubierto casi por completo, reactivando la acción de los

factores que intervienen en los procesos de su deterioro. Por ello resulta relevante investigar la relación ecológica entre los organismos marinos y el sustrato, y cómo intervienen en los procesos de transformación del patrimonio cultural sumergido, para definir acciones de conservación a corto, mediano y largo plazo.

Se sabe que ciertas especies de equinodermos, principalmente del grupo de erizos de mar, pueden perforar la roca y contribuyen a la erosión de los sustratos en ambientes arrecifales. En este caso, en diversos sitios se identificó la especie *Echinometra lucunter*, que en ambientes arrecifales resulta capaz de erosionar y excavar la roca por medio de sus dientes calcificados muy fuertes, con los que se alimentan raspando las algas adheridas o incluso del propio tejido vivo de los corales. No obstante, se trata de una especie poco frecuente, y la magnitud del daño provocado por estos organismos a los restos arqueológicos no ha sido determinada.

Por otra parte, se sabe que los cirripedios, un tipo de crustáceo perteneciente al orden *Thoracica*, provocan la destrucción de capas de pintura anticorrosiva aplicadas a ciertas estructuras marinas al incrustar su concha varios milímetros por debajo de la capa de pintura. En este caso se reconoció una especie no identificada de cirripedio incrustando restos de madera en varios sitios arqueológicos.

Railkin (*op. cit.*: 20) señala que algunas especies de briozoarios secretan sustancias químicas para perforar sustratos. Sin embargo, no se tiene conocimiento de que la especie *Schizoporella violacea*, identificada en este estudio en varios sitios arqueológicos, pueda afectar los materiales detectados.

En los procesos de degradación de restos arqueológicos no sólo intervienen los organismos bentónicos, sin probablemente también peces que se sabe provocan erosión en los arrecifes de coral y por ello debemos considerar que su estudio es de gran interés. De manera natural algunas especies de peces que habitan los ecosistemas arrecifales logran fragmentar las colonias coralinas al alimentarse del tejido vivo de los propios corales o extraer invertebrados y otros organismos, así como al raspar las algas que sue-

len crecer sobre el coral. La mayoría de peces que realizan dicha actividad poseen mandíbulas alargadas y dientes fuertes, en función del alimento que consumen.

Sin embargo, no se tiene conocimiento del impacto real que pueden causar estos organismos sobre los vestigios en sitios arqueológicos sumergidos. Algunos autores como Kleemann (2003: 21-22) reportan valores considerables de erosión medidos en un arrecife de la gran barrera en Australia por *Chlorus gibbus* y *C. sordidus* (peces loro). Los resultados de este estudio muestran un valor de remoción de sustrato de 2.4% en el caso de *Chlorus gibbus* y de 27.2% para *C. sordidus*. Estos datos representan una primera aproximación acerca del daño que pueden provocar estos organismos a los restos arqueológicos. En este caso se registró la presencia de dos especies de la familia *Scaridae*, *Scarus coeruleus* y *S. Guacamaia*, asociadas a restos culturales.

Asimismo, la especie *Archosargus probatocephalus* (chopa) es reportada por Amer y Spirek (*op. cit.*: 114) por generar daño a vestigios arqueológicos de madera como consecuencia del “ramoneo” que realiza en busca de alimento. Dicha especie fue identificada en este estudio, aunque su frecuencia no fue muy elevada (0.22%). Cabe mencionar que el fenómeno de “ramoneo” sobre materiales arqueológicos se ha observado en ésta y otras especies, pero se desconoce la magnitud de su impacto sobre vestigios arqueológicos orgánicos. Otras especies identificadas son *Scarus coeruleus* (pez loro), *S. guacamaia* (pez loro), *Stephanolepis hispidus* (cochinilla), *Spherooides spengleri* (tamboril), *Holacanthus bermudensis* (ángel azul) y *Pomacanthus arcuatus* (ángel gris). Esta última especie presentó una frecuencia considerable (0.61%), lo que lleva a suponer que es necesario monitorear más de cerca sus hábitos alimenticios y tratar de determinar si afecta la conservación de los restos arqueológicos de madera en el medio ambiente marino.

Por otra parte, ciertas especies de organismos incrustantes no provocan un efecto negativo sobre el sustrato en general, sino que le otorgan protección bajo ciertas condiciones. Por ejemplo, las algas protegen los requeríos de la actividad violenta del oleaje (Santelices, 1977: 196-197),

por lo cual podemos pensar que la cubierta de algas asociada a los restos culturales brinda una protección contra factores ambientales como la erosión por corrientes.

A pesar de que en algunos estudios se ha determinado que las algas protegen de la erosión las áreas costeras expuestas, algunos autores (Hartog, 1971, citado en Santelices, 1977: 196-197) señalan que no puede generalizarse, ya que en ocasiones el crecimiento de éstas es disperso y no ofrecen mucha protección. Esta deducción se basa en que en zonas costeras las algas son arrojadas por el oleaje sobre la playa, y en muchos casos son desprendidas con pedazos de sustrato, por lo que funcionan más como punto de impacto que como cubierta protectora. Sin embargo, en lugares menos expuestos, como es la zona sublitoral, podemos suponer que una cubierta de algas debe ofrecer protección contra la erosión mecánica, pues la intensidad crítica de movimiento del agua es mucho menor. La incrustación de algas observada sobre los restos culturales fue considerable, sobre todo en sitios relativamente cercanos a la costa; no obstante, hasta este momento carecemos de conocimiento preciso sobre la abundancia de especies y cobertura real de estos organismos sobre los sitios detectados.

De acuerdo con Macleod (2002: 697-714), en aguas tropicales y subtropicales los sustratos ferrosos son rápidamente colonizados por organismos sésiles, como algas coralinas y briozoarios. Esta incrustación por organismos marinos forma una concreción que actúa como una membrana semipermeable y que se sabe está relacionada con el proceso de corrosión de los metales. El mismo Macleod menciona la existencia de una relación directa entre la tasa de corrosión, la composición del metal y el espesor de la concreción. Por ello podríamos esperar que las tasas de corrosión del Cañón de la Dársena, que se encuentra totalmente incrustado por corales escleractinios como *Siderastrea radians*, presente valores de corrosión relativamente bajos.

Por otra parte, el estudio ecológico de las comunidades de organismos incrustantes puede proporcionar información con implicaciones

arqueológicas. Por ejemplo, estudios en relación con la estimación de la edad de organismos —especialmente aquellos con ciclos de vida largos, como corales escleractinios que incrustan los materiales arqueológicos— pueden aportarnos información acerca del tiempo que llevan sumergidos los restos culturales. Este tipo de estudios, llamados esclerocronológicos, se han llevado a cabo en especies como *Montastrea annularis*.

De la misma forma, las investigaciones realizadas por Moreno *et al.* (1981: 1-20) sobre colonias de corales blandos de la especie *Plexaura homomalla*, perteneciente al grupo de octocorales, han logrado estimar la edad de dichos organismos coloniales en función de la altura que presentan sus colonias. En este sentido, en algunos de los sitios registrados se identificó la especie *Leptogorgia* sp, también del grupo de los octocorales, incrustada en proelas de bronce y restos de embarcaciones como el *Emilio Manuel*. Suponiendo que las colonias de *Leptogorgia* sp incrustadas en dichos restos presenten tasas de crecimiento semejantes a los de *P. homomalla* sugiere que los restos de este barco tienen al menos 20 años sumergidos. Lo anterior podrá ser reforzado si logran detectarse los documentos referentes al accidente marítimo de este barco.

La información ecológica obtenida de las especies de organismos que incrustan los restos arqueológicos también aporta elementos que ayudan a definir alteraciones en los contextos culturales, como la extracción o remoción de los objetos. Un ejemplo de lo anterior pudo inferirse en el sitio Cañón de la Dársena, donde se encuentra un cañón de hierro fundido cubierto por concreción coralina y esponjas. El análisis biológico y la identificación de las especies de coral permitió reconocer que, bajo las condiciones ambientales en que se encuentra este cañón, resulta prácticamente imposible un desarrollo coralino de tal magnitud, lo cual sugiere que el cañón fue removido de su contexto original, probablemente con la intención de generar condiciones propicias para el desarrollo de un arrecife artificial con fines de pesca. Esta idea se refuerza con el hecho de que se de-

tectó un cigüeñal y una llanta asociados al cañón.

Con base en lo anterior, podemos suponer que el lugar donde originalmente se depositó este cañón fue algún sitio cercano a los arrecifes de Campeche que se localizan a 180 km de la costa y no a 5 km de la costa frente a la ciudad de Campeche, donde actualmente se ubica.

Finalmente, el primer paso para estudiar los factores biológicos que intervienen en los procesos de transformación de los contextos culturales sumergidos es identificar los organismos que incrustan los restos materiales y los que se encuentran asociados a éstos, así como analizar su interacción o relación ecológica con los vestigios.

## Conclusiones

Se identificaron 154 especies en 18 sitios arqueológicos sumergidos, agrupados en nueve *Phyla* de plantas y animales. Las especies más frecuentes son: *Oculina difusa*, con una frecuencia absoluta de 0.78, seguida de la esponja *Scopalina ruetzleri* (0.67), el coral *Siderastrea radians* (0.61), los peces *Pomacanthus arcuatus*, *Anisotremus virginicus* y *Serranus subligarius* (0.61), el coral *Phyllangia americana* (0.56), la estrella de mar *Echinaster sentus* (0.56), y los peces *Parablennius marmoratus* (0.56), *Pareques acuminatus* y *Lutjanus griseus* (0.50).

La incrustación de los restos culturales por especies como *Oculina difusa*, *Scopalina ruetzleri*, *Siderastrea radians* y *Phyllangia americana* —con frecuencia considerable— sugiere algún tipo de relación ecológica o asociación, basada en las propiedades físicas, químicas y/o topográficas de los restos culturales e influenciada por las características ambientales del medio acuático cir-

cundante.

Los diferentes materiales que conforman los restos arqueológicos propician las condiciones adecuadas para la formación de *arrecifes artificiales*, por lo que la gran mayoría de los sitios estudiados representan lugares donde se lleva a cabo la actividad pesquera local.

Se detectaron diversas especies que generan daños a los restos de madera localizadas en los sitios arqueológicos en estudio. Se trata de tres especies de anélidos o gusanos tubícolas pertenecientes a la familia *Sabellidae*; dos especies de crustáceos, una del género *Mitrax* sp y la especie *Mennipe mercenaria*; los peces *Archosargus probatocephalus* (chopa), *Scarus coeruleus* (pez loro), *S. guacamaia* (pez loro), *Stephanolepis hispidus* (cochinilla), *Sphoeroides spengleri* (tamboril), *Holacanthus bermudensis* (ángel azul) y *Pomacanthus arcuatus* (ángel gris). Sin embargo, se desconoce la magnitud real de su efecto sobre los restos culturales.

Se identificaron las esponjas *Mycale microsigmatosa* y *Pione vastifica*, capaces de perforar y erosionar la capa de concreción de un cañón de hierro fundido formada por los esqueletos calcáreos de corales. Lo anterior incrementa considerablemente la incidencia de factores tales como la corrosión.

La información ecológica obtenida de las especies incrustantes que forman parte de las comunidades bénticas asociadas a los restos culturales sumergidos, aporta elementos que ayudan a definir las transformaciones o alteraciones en los contextos culturales, como puede ser la extracción o cambio de lugar de los materiales. Finalmente, la identificación taxonómica y descripción de las comunidades asociadas a restos culturales representa la base para futuros estudios, enfocados principalmente en la conservación e investigación de los mismos en el medio ambiente marino.

Núm.	Grupo	Clase	Orden	Familia	Género y especie						
1	<i>Phaeophyta</i>	<i>Phaeophyceae</i>	<i>Dictyotales</i>	<i>Dictyotaceae</i>	<i>Dictyota menstrualis</i>						
2					<i>Dictyopteris jamaicensis</i>						
3					<i>Padina boergesenii</i>						
4					<i>P. pavonica</i>						
5					<i>P. gymnospora</i>						
6					<i>Rhodymenales</i>	<i>Rhodymenaceae</i>	<i>Gelidiopsis planicaulis</i>				
7							<i>G. intricata</i>				
8							<i>G. variabilis</i>				
9					<i>Rhodophyta</i>	<i>Florideophycidae</i>	<i>Ceramiales</i>	<i>Rhodomelaceae</i>	<i>Gelidium corneum</i>		
10	<i>Polysiphonia denudata</i>										
11	<i>Polysiphonia sp</i>										
12	<i>Osmundaria obtusiloba</i>										
13	<i>Digenea simplex</i>										
14	<i>Laurencia intricata</i>										
15	<i>Dasyaceae</i>	<i>Heterosiphonia crispella var. laxa</i>									
16		<i>Dasya rigidula</i>									
17		<i>Ceramiaceae</i>	<i>Crouania attenuata</i>								
18	<i>Ceramium flaccidum</i>										
19	<i>Callithamnion corymbosum</i>										
20	<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Bryopsidales</i>	<i>Udoteaceae</i>					<i>Centroceras clavulatum</i>		
21									<i>Anotrichium tenue</i>		
22									<i>Gigartinales</i>	<i>Hypneaceae</i>	<i>Hypnea spinella</i>
23										<i>Solieriaceae</i>	<i>Agardhiella subulata</i>
24									<i>Corallinales</i>	<i>Corallinaceae</i>	<i>Amphiroa fragilissima</i>
25											<i>Jania adhaerens</i>
26									<i>Haliptilon cubense</i>		
27					<i>Halimeda opuntia f. triloba</i>						
28					<i>Cladocephalus luteofuscus</i>						
28					<i>Rhipocephalus phoenix</i>						
30					<i>Udotea unistratea</i>						
31					<i>Penicillus pyriformis f. explanatus</i>						
32	<i>Bryopsidaceae</i>	<i>Bryopsis hypnoides</i>									
33	<i>Caulerpanceae</i>	<i>Caulerpa verticillata</i>									
34	<i>C. cupressoides</i>										
35	<i>Dasycladales</i>	<i>Polyphysaceae</i>	<i>Acetabularia crenulata</i>								
36		<i>A. calyculus</i>									
37	<i>Cyanophyta</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Blennothrix lyngbyacea</i>						
38			<i>Halichondrida</i>	<i>Dictyonellidae</i>	<i>Scopalina ruetzleri</i>						
39	<i>Porifera</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Dictyoceratida</i>	<i>Dysideidae</i>	<i>Dysidea fragilis</i>						
40				<i>D. etheria</i>							
41				<i>Irciniidae</i>	<i>Ircinia reteplana</i>						
42					<i>I. sp1</i>						
43					<i>I. sp2</i>						
44					<i>I. sp3</i>						
45				<i>Haplosclerida</i>	<i>Chalinidae</i>	<i>Haliclona hogarthi</i>					
46						<i>H. curacaoensis</i>					
47				<i>Hadromerida</i>	<i>Clionaidae</i>	<i>Cliona varians</i>					
48						<i>Pione castifica</i>					
49			<i>Tethyidae</i>	<i>Tethytimea sp</i>							
50		<i>Poecilosclerida</i>	<i>Mycalidae</i>	<i>Mycale microsigmatosa</i>							
51		<i>Chondrosida</i>	<i>Chondrilidae</i>	<i>Chondrilla nucula</i>							
52	<i>Cnidaria</i>	<i>Hydrozoa</i>	<i>Hydroida</i>	<i>Thecatae</i>	<i>Thyrosocyphus ramosus</i>						

● Apéndice Uno. Elenco taxonómico.

Núm.	Grupo	Clase	Orden	Familia	Género y especie
53					<i>Macrorhynchia sp</i>
54				<i>Athecatae</i>	<i>Halocordyle disticha</i>
55			<i>Ceriantharia</i>		<i>sp</i>
56			<i>Gorgonacea</i>	<i>Gorgoniidae</i>	<i>Leptogorgia sp</i>
57			<i>Scleractinia</i>	<i>Siderastreidae</i>	<i>Siderastrea radians</i>
58				<i>Oculinidae</i>	<i>Oculina diffusa</i>
59				<i>Caryophyllidae</i>	<i>Phyllangia americana</i>
60				<i>Faviidae</i>	<i>Solenastrea sp1</i>
61					<i>Solenastrea sp2</i>
62				<i>Mussidae</i>	<i>Micetophyllia lamarckiana</i>
63	<i>Annelida</i>	<i>Polychaeta</i>	<i>Sabellida</i>	<i>Sabellidae</i>	<i>sp1</i>
64					<i>sp2</i>
65					<i>sp3</i>
66	<i>Ectoprocta</i>	<i>Gymnolaemata</i>	<i>Cheilostomata</i>	<i>Schizoporellidae</i>	<i>Schizoporella violacea</i>
67	<i>Mollusca</i>	<i>Gastropoda</i>	<i>Mesogastropoda</i>	<i>Strombidae</i>	<i>Strombus sp1</i>
68					<i>S. sp2</i>
69			<i>Neogastropoda</i>	<i>Melongenidae</i>	<i>Busycon sp</i>
70				<i>Olividae</i>	<i>Oliva sp</i>
71				<i>Turbinellidae</i>	<i>Turbinella sp</i>
72				<i>Fasciolariiidae</i>	<i>Pleuroploca sp</i>
73		<i>Pelecypoda</i>	<i>Pteriacea</i>	<i>Pteriidae</i>	<i>Pteria sp</i>
74		<i>Cephalopoda</i>	<i>Octopoda</i>	<i>Octopodidae</i>	<i>Octopus vulgaris</i>
75	<i>Echinodermata</i>	<i>Echinoidea</i>	<i>Temnopleuroidea</i>	<i>Toxopneustidae</i>	<i>Lytechinus variegatus</i>
76			<i>Clypeasteroidea</i>	<i>Brissidae</i>	<i>Meoma ventricosa var. ventricosa</i>
77			<i>Echinoidea</i>	<i>Echinometridae</i>	<i>Echinometra lucunter</i>
78				<i>Mellitidae</i>	<i>Encope aberrans</i>
79		<i>Asteroidea</i>	<i>Spinulosida</i>	<i>Echinasteridae</i>	<i>Echinaster sentus</i>
80			<i>Valvatida</i>	<i>Oreasteridae</i>	<i>Oreaster reticulatus</i>
81			<i>Paxillosida</i>	<i>Astropectinidae</i>	<i>Astropecten articulatus</i>
82					<i>A. duplicatus</i>
83			<i>Clypeasteroidea</i>	<i>Clypeasteridae</i>	<i>Clypeaster rosaceus</i>
84		<i>Holothuroidea</i>	<i>Aspidochirotida</i>		<i>sp</i>
85		<i>Ophiuroidea</i>		<i>Ophiurae</i>	<i>sp</i>
86	<i>Arthropoda</i>	<i>Crustacea</i>	<i>Decapoda</i>	<i>Palinuridae</i>	<i>Panulirus argus</i>
87				<i>Majidae</i>	<i>Mithrax forceps</i>
88				<i>Diogenidae</i>	<i>Paguristes sericeus</i>
89					<i>Petrochirus diogenes</i>
90					<i>sp</i>
91				<i>Xanthidae</i>	<i>Menippe mercenaria</i>
92				<i>Porcellanidae</i>	<i>Petrolisthes galathinus</i>
93				<i>Palaemonidae</i>	<i>Periclimenes pedersoni</i>
94			<i>Thoracica</i>		<i>sp</i>
95			<i>Stomatopoda</i>		<i>Pseudosquilla ciliate</i>
96	<i>Chordata</i>	<i>Ascidacea</i>	<i>Pleurogona</i>	<i>Styelidae</i>	<i>Polyandrocarpa tumida</i>
97					<i>Botryllus sp</i>
98					<i>Symplegma viride</i>
99			<i>Enterogona</i>	<i>Diazonidae</i>	<i>Rhopalaea sp</i>
100				<i>Clavelinidae</i>	<i>Eudistoma sp1</i>
101					<i>E. sp2</i>
102					<i>Clavelina sp</i>
103					<i>sp</i>
104		<i>Chondrichthyes</i>	<i>Rajiformes</i>	<i>Urolophidae</i>	<i>Urolophus jamaicensis</i>
105			<i>Orectolobiformes</i>	<i>Rhincodontidae</i>	<i>Ginglymostoma cirratum</i>
106		<i>Actinopterygii</i>	<i>Anguilliformes</i>	<i>Muraenidae</i>	<i>Gymnothorax vicinus</i>

Núm.	Grupo	Clase	Orden	Familia	Género y especie
107			<i>Tetraodontiformes</i>	<i>Diodontidae</i>	<i>Chilomycterus schoepfi</i>
108					<i>C. antillarum</i>
109					<i>Diodon hystrix</i>
110					<i>D. holocanthus</i>
111				<i>Ostraciidae</i>	<i>Acanthostracion quadricomis</i>
112				<i>Monacanthidae</i>	<i>Stephanolepis hispidus</i>
113					<i>Monacanthus tuckeri</i>
114				<i>Tetraodontidae</i>	<i>Sphoeroides spengleri</i>
115				<i>Balistidae</i>	<i>Canthidermis sufflamen</i>
116					<i>Ballistes capriseus</i>
117			<i>Perciformes</i>	<i>Pomacanthidae</i>	<i>Holocanthus bermudensis</i>
118					<i>Pomacanthus arcuatus</i>
119				<i>Sparidae</i>	<i>Archosargus probatocephalus</i>
120				<i>Scaridae</i>	<i>Scarus coeruleus</i>
121					<i>S. guacamaia</i>
122				<i>Haemulidae</i>	<i>Anisotremus virginicus</i>
123					<i>Haemulon plumieri</i>
124					<i>H. carbonarium</i>
125					<i>H. flavolineatum</i>
126					<i>H. aurolineatum</i>
127					sp
128				<i>Echeneidae</i>	<i>Echeneis neucratoides</i>
129				<i>Blenniidae</i>	<i>Parablennius marmoratus</i>
130					<i>Acanthemblemaria spinosa</i>
131					<i>A. aspera</i>
Núm.	Grupo	Clase	Orden	Familia	Género y especie
132				<i>Sciaenidae</i>	<i>Pareques acuminatus</i>
133					<i>Equetus lanceolatus</i>
134				<i>Serranidae</i>	<i>Serranus subligarius</i>
135					<i>Rypticus maculatus</i>
136					<i>Mycteroperca bonaci</i>
137					<i>Diplectrum formosum</i>
138				<i>Lutjanidae</i>	<i>Lutjanus griseus</i>
139					<i>L. jocu</i>
140					<i>Ocyurus chrysurus</i>
141				<i>Labridae</i>	<i>Lachnolaimus maximus</i>
142				<i>Gobiidae</i>	<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>
143				<i>Chaetodontidae</i>	<i>Chaetodon ocellatus</i>
144					<i>C. sedentarius</i>
145				<i>Gerreidae</i>	<i>Eucinostomus gula</i>
146				<i>Carangidae</i>	<i>Caranx crysos</i>
147				<i>Ephippidae</i>	<i>Chaetodipterus faber</i>
148			<i>Lophiiformes</i>	<i>Ogcocephalidae</i>	<i>Ogcocephalus nasutus</i>
149			<i>Scorpaeniformes</i>	<i>Scorpaenidae</i>	<i>Scorpaena plumieri</i>
150			<i>Batrachoidiformes</i>	<i>Batrachoididae</i>	<i>Opsanus beta</i>
151					<i>O. tau</i>
152			<i>Aulopiformes</i>	<i>Synodontidae</i>	<i>Synodus intermedius</i>
153			<i>Pleuronectiformes</i>	<i>Paralichthyidae</i>	<i>Paralichthys albigutta</i>
154			<i>Beloniformes</i>	<i>Belonidae</i>	<i>Tylosurus crocodilus</i>



## Bibliografía

- Amer C.F. y J.D. Spirek  
2004. *A Management Plan for Known and Potential United States Navy Shipwrecks in South Carolina*, Colombia, South Carolina Institute of Archaeology and Anthropology-University of South Carolina.
- Amich, J.  
2003. *Diccionario marítimo*, Barcelona, Juventud.
- Bastida, R., et al.  
2002. “La corbata de Guerra inglesa *HMS Swift* (1770): un caso de estudio sobre los efectos del biodeterioro en el patrimonio cultural subacuático de la Patagonia”, en *Jornadas Científico Tecnológicas sobre Prevención y Protección del Antimonio Culture Iberoamericano de los Efectos del Deterioro Ambiental, Memorias*, La Plata, INAPL, pp. 11-143.
- Almada-Villela, et al.  
2003. *Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del SAM. Métodos seleccionados para el monitoreo de parámetros físicos y biológicos para utilizarse en la región mesoamericana*, Belice, Mesoamerican Barrier Reef Systems.
- Barreiro, G.M.T. y P.M. Signoret  
2000. *Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros. Métodos de evaluación*, México, UAM-Xochimilco.
- Castro-Aguirre, J.L., P.H. Espinoza y J.J. Schmitter-Soto  
1999. *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*, México, Limusa.
- Carrillo, L.J.  
1986. “Análisis del ictioplancton de la sonda de Campeche durante la primavera de 1982”, tesis, México, ENCB-IPN.
- CFE  
1993. *Caracterización de organismos incrustantes en la zona del enlace submarino a 115 Kv entre Playa del Carmen y Cozumel Q. Roo*, Laguna Verde, Laboratorio de Monitoreo y Dosimetría Ambiental.
- Elkin, D.C.  
2000. “Procesos de formación del registro arqueológico subacuático: una propuesta metodológica para el sitio Swift (Puerto Deseado, Santa Cruz)”, en *Desde el país de los gigantes. Perspectivas arqueológicas en Patagonia, Actas de las IV Jornadas de Arqueología de la Patagonia*, vol. I, Río Gallegos, Universidad Nacional de la Patagonia Austral, pp. 195-202.
- Gómez, P.  
2002. *Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe*, México, AGT.
- Gómez, P. y G. Green  
1984. “Sistemática de las esponjas marinas de Puerto Morelos, Quintana Roo, México”, en *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, vol. 11, núm. 1, pp. 65-90.
- Green, G., L. Fuentes y P. Gómez  
1986. “Nuevos registros de porifera del arrecife La Blanquilla, Veracruz, México”, en *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, vol. 3, pp. 127-146.
- Guadarrama, G.R, P.J. Beldar, L.J. Carrillo y R.C. Hernández  
1998. *Ecología general: Ejercicios prácticos*, México, ENCB-IPN.
- Gutierrez, E.M., C.J. Aguayo y M.J. Araujo  
2003. “Morfobatimetría y textura de los sedimentos de las provincias Banco de Campeche y Bahía de Campeche, suroeste del Golfo de México”, en L.A. Soto (ed.), *Agustín Ayala-Castañares: universitario impulsor de la investigación científica*, México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Herrera, F.R.  
2000. “Desarrollo estacional de una comunidad bentónica pionera en un sustrato artificial en Bahía Tortugas, Baja California Sur”, tesis, México, ENCB-IPN.
- Hooper N.A., R.W.M. van Soest (eds.)  
2002. *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*, Nueva York, Kluwer Academic.
- Humann P. y Deloach N.  
2002. *Reef Creature Identification. Florida, Caribbean, Bahamas*, Jacksonville, New World Publications.  
2002a. *Reef Fish Identification. Florida, Caribbean, Bahamas*, Jacksonville, New World Publications.

2002b. *Reef Coral Identification. Florida, Caribbean, Bahamas*, Jacksonville, New World Publications.

• Kleemann, K.H.

2001. "Marine bioerosion", conferencia en línea: [www.sbg.ac.at/ipk/austudio/prerofun/trancrpt/broeros.pdf](http://www.sbg.ac.at/ipk/austudio/prerofun/trancrpt/broeros.pdf).

• Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller y D.R. Passino  
1984. *Ictiología*, México, AGT.

• Lenihan D.J.

1990. *Submerged Cultural Resources Study. USS Arizona Memorial and Pearl Harbor National Historic Landmark*, Santa Fe, National Park Service.

• Macleod, I.D.

2002. "In Situ Corrosion Measurements and Management of Shipwreck Sites", en C.V. Ruppe y J.F. Barstad (eds.), *International Handbook of Underwater Archaeologist*, Nueva York, Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 697-714.

• Mendoza, G.A., C.L. Mateo y G.C. Flores

1997. *Manual de prácticas de biología de algas y briofitas*, México, ENCB-IPN.

• Mille, P.S., C.A. Pérez y C.R. Villaseñor

1996. *Manual del curso teórico práctico de zoología de los invertebrados*, México, ENCB-IPN.

• Murphy, Larry E. (ed.)

1993. *Dry Tortugas National Park Submerged Cultural Resources Assessment*, Santa Fe, National Park Services (Submerged Resources Center Professional Report, 13).

1990. *National Site Formation Processes of a Multiple-Component Underwater site in Florida*, Santa Fe, National Park Services (Submerged Resources Center Professional Report, 12).

• Oliveira, F.

1991 [1580]. *O livro da fábrica das naus* (ed. facs.), Lisboa, Academia de Marinha.

• Railkin, A.I.

2004. *Marine Biofouling. Colonization and Processes and Defenses*, Nueva York, CRC Press.

• Santelices, B.

1977. *Ecología de algas marinas bentónicas. Efectos de factores ambientales*, Santiago, Instituto de Ciencias

Biológicas-Pontificia Universidad Católica de Chile.

• Schneider, C.W. y R.B. Searles

1991. *Seaweeds of the Southeastern United States. Cape Hatteras to Cape Cañaveral*, Durham, Duke University Press.

• Smith, J.E. y James Sowerby

1970 [1814]. *English Botany*, 36 vols., Londres.

• Soest, R. W. M. Van

1984. "Marine Sponges from Curaçao and other Caribbean Localities", part. III Poecilosclerida, en *Stud. Fauna Curaçao Caribb. Isl. Netherlands*, vol. 66, núm. 199, pp. 1-167.

• Taylor, W.R.

1960. *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas*, Ann Harbor, University of Michigan Press.

• Torruco, G. D. y S.M. González

1997. *Arrecifes y corales de Campeche. Guía práctica para el reconocimiento de las especies de corales*, Mérida, Cinvestav-IPN.

• Vera, K.J.

1992. *Diccionario multilingüe de especies marinas para el mundo hispano*, Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

• Wynne, M.J.

1998. "A Checklist of Benthic Marine Algae Tropical and Subtropical Western Atlantic", en *Nova Hedwigia*, núm. 116, pp. 1-155.

• Zea, S.

1987. *Esponjas del Caribe colombiano*, Bogotá, Catálogo Científico.

