

**Informe final\* del Proyecto JF193**  
**Nuevas aportaciones a la biodiversidad de esponjas marinas de México: bases para la elaboración de código de barras de ADN\***

**Responsable:** Dr. José Antonio Cruz Barraza  
**Institución:** Universidad Nacional Autónoma de México  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.  
**Correo electrónico:** joseantonio@ola.icmyl.unam.mx  
**Fecha de inicio:** 14 de octubre de 2012  
**Fecha de término:** 4 de marzo de 2016  
**Principales resultados:** Informe final, Base de datos.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Cruz-Barraza J. A., C. Vega y J. L. Carballo. 2015. Nuevas aportaciones a la biodiversidad de esponjas marinas de México: bases para la elaboración de código de barras de ADN. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto JF193. México, D. F.

**Resumen:**

Los Porifera constituyen uno de los grupos de invertebrados marinos más biodiversos y abundantes en los ecosistemas bentónicos marinos, donde intervienen en diversos procesos que son de vital importancia para los mismos. En las últimas décadas las esponjas han adquirido un creciente interés debido a su importancia evolutiva, ecológica y económica (p.ej., biotecnológica). Sin embargo, y a pesar del avance en el conocimiento de este grupo en México, los resultados evidencian la necesidad de continuar con esta ardua labor para completar el censo faunístico de las esponjas presentes en nuestros mares. Esto nos permitirá reconocer la biodiversidad de esponjas marinas en México, y su posible aprovechamiento en áreas como la farmacología, biotecnología, biomédica y de conservación. Recientemente, las investigaciones acerca de la fauna de esponjas en el Pacífico mexicano han tenido importantes contribuciones (véase literatura del proponente y de los colaboradores del proyecto). Sin embargo, aún existen lugares de gran importancia para la biodiversidad (p.ej. áreas naturales protegidas que incluyen lagunas costeras, sistemas arrecifales e islas, entre otros) en donde se desconoce su fauna. Por su parte, aunque el Gran Caribe es considerado una de las zonas mejor conocidas en lo que se refiere a los Porifera, las esponjas del Golfo de México y el Caribe mexicanos, han recibido poca atención hasta nuestros días. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo contribuir al conocimiento faunístico de los poríferos en México, ya que se pretende incorporar al menos 800 nuevos registros de esponjas. Además, se creará una nueva colección y base de datos para las esponjas del Golfo de México y el Caribe mexicanos. También se pretende iniciar una colección de tejidos para posteriores análisis de ADN.

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

# **Nuevas aportaciones a la biodiversidad de esponjas marinas de México: bases para la elaboración de código de barras de ADN.**

## **Informe Final**

Proyecto: CONABIO JF193.

**Dr. José Antonio Cruz Barraza**

*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México.  
Avenida Joel Montes Camarena s/n, Mazatlán, Sinaloa. CP. 82040  
PO Box 811 México*

**Dra. Cristina Vega Juárez**

*2 GEOMARE Investigación Terrestre y Marina. Julio Berdegué Aznar  
457 CP 82110 Mazatlán, Sinaloa, México.*

*Mazatlán, Sinaloa, enero de 2016*

## ÍNDICE

<b>Resumen.....</b>	<b>3</b>
<b>I. Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>II. Antecedentes del proyecto .....</b>	<b>6</b>
<b>III. Objetivos .....</b>	<b>8</b>
<b>IV. Técnicas y métodos .....</b>	<b>9</b>
<b>V. Descripción del área de estudio .....</b>	<b>11</b>
<b>VI. Resultados .....</b>	<b>12</b>
<b>6.1 Recolección y tratamiento del material biológico (objetivos 1) .....</b>	<b>12</b>
<b>6.2 Información taxonómica de los registros: colección y base de datos BIOTICA (objetivos 1, 2 y 3) .....</b>	<b>15</b>
<b>6.3 Contribución taxonómica a la base de datos previa al proyecto (objetivo 4) .....</b>	<b>17</b>
<b>6.4 Colección de tejidos y ADN Genómico (objetivo 5) .....</b>	<b>17</b>
<b>VII. Análisis de los resultados y discusión .....</b>	<b>19</b>
<b>VIII. Conclusiones .....</b>	<b>25</b>
<b>IX. Agradecimientos .....</b>	<b>26</b>
<b>X. Literatura citada .....</b>	<b>27</b>
<b>XI. Anexo 1 .....</b>	<b>32</b>

**Resumen:** Los Porifera constituyen uno de los grupos de invertebrados marinos más abundantes y biodiversos del planeta. En las últimas décadas las esponjas han adquirido un creciente interés debido a su importancia evolutiva, ecológica y económica (p. ej., biotecnológica). A pesar del significativo avance en el conocimiento de esponjas en México, los resultados evidencian la necesidad de continuar con la ardua labor taxonómica, para completar el censo faunístico de las esponjas presentes en nuestros mares. Esto nos permitirá reconocer su biodiversidad y su posible aprovechamiento en áreas como la farmacología, biotecnología, biomédica y de conservación. Recientemente, las investigaciones acerca de la fauna de esponjas en el Pacífico mexicano han tenido importantes contribuciones, pero aún existen lugares de gran importancia para la biodiversidad (p.ej. áreas naturales protegidas que incluyen lagunas costeras, sistemas arrecifales e islas, entre otros) en donde se desconoce su fauna. Con este proyecto se dio continuidad al inventario faunístico de las esponjas del Pacífico mexicano iniciado en 1999 gracias a diversos apoyos otorgados por parte de la CONABIO. Además, por primera vez se incluyeron registros del Golfo de México y Caribe mexicanos, a la colección de referencia del ICMYL-UNAM en Mazatlán. También se actualizó la base de datos (BIOTICA) correspondiente a la colección de esponjas, incorporados los registros obtenidos en el proyecto. Los resultados comprenden la incorporación de 848 registros a la base de datos, los cuales están organizados en 13 Órdenes, 49 Familias, 96 géneros y 167 especies, que están distribuidas en 90 localidades la mayoría incluidas en 24 Regiones Marinas Prioritarias. De los registros, 657 están identificados a nivel de especie sumando en total 201 especies, esto contabilizando el número de registros que provisionalmente aparecen en la base de datos como sp. Considerando la incorporación de estos registros y las actualizaciones a la base previa, actualmente la base de datos abarca en total 233 localidades y 34 Regiones Marinas Prioritarias, y contiene 2548 ejemplares, organizados en 2 clases 13 Órdenes, 50 Familias, 117 géneros y 294 especies (considerando las que se encuentran en sp.). Derivado del proyecto se han obtenido los primeros productos científicos relacionados con publicaciones científicas, participación en congresos y defensa tesis, (entre otros que aún se encuentran en proceso). También es importante resaltar la conformación de una colección de tejidos y ADN genómico, que a futuro permitirá la elaboración de códigos de barra de ADN de las especies encontradas.

**Palabras clave:** Porifera, biodiversidad, costas de México, colecciones de referencia, nuevos registros.

## I. INTRODUCCIÓN.

Las esponjas que constituyen el Phylum Porifera son los organismos acuáticos multicelulares más primitivos y simples que se conocen (Brusca & Brusca 1990, 2003, Webster 2007). En la actualidad es considerado uno de los grupos de invertebrados más biodiversos y abundantes del planeta, con cerca de 8,500 especies conocidas y un aproximado de 18,000 especies aun sin describir (Wulff 2012, Appeltans *et al.* 2012, Soest *et al.* 2014). Se encuentran presentes en casi todos los tipos de hábitats acuáticos, y en todos los ambientes (templado, tropical y polar) (Bergquist, 1978), desde el intermareal hasta las profundidades abisales (Berquist, 1978, Kefalas *et al.* 2003).

En las últimas décadas, las esponjas han adquirido un creciente interés debido a su importancia evolutiva, ecológica y económica (p.ej. biotecnológica). Sin embargo, a pesar de su importancia, aspectos básicos sobre su biología, la riqueza de especies, la distribución espacial, las afinidades biogeográficas, incluso su estructura sistemática, es aún poco conocida (Lévi 1957, Nichols & Barnes 2005, Erpenbeck *et al.* 2006, Wörheide *et al.* 2012). La taxonomía que tradicionalmente se ha utilizado está basada principalmente en la morfología de las espículas y su disposición esquelética en el cuerpo de la esponja (Boury-Esnault 2006). Sin embargo, el poco conocimiento que se tiene sobre los procesos de espiculogénesis y función de las espículas en el esqueleto, dificulta su uso para reconstrucciones filogenéticas (Dendy 1921, Jones 1997, Uriz *et al.* 2003). Además, la extraordinaria plasticidad que afecta sus caracteres morfológicos, ha sido base de innumerables interpretaciones en análisis sistemáticos (véase Erpenbeck & Wörheide 2007).

En México, el avance en el conocimiento de la biodiversidad de esponjas y la trascendencia que han adquirido en los campos de la ecología, la farmacología, la biotecnología, la biomédica, y la industria cosmética ponen de manifiesto la importancia y la necesidad de continuar con el inventario faunístico y conocer más a fondo la biodiversidad de este importante grupo zoológico en nuestro mar territorial.

El proyecto contempla la incorporación de al menos 800 nuevos registros provenientes de zonas poco exploradas del Pacífico mexicano, así como de las costas del Golfo de México y Caribe mexicanos (véase área de estudio). Si bien, se aborda la biodiversidad en general de

esponjas de México, los esfuerzos fueron dirigidos principalmente a la fauna asociada a las comunidades coralinas de México. Los resultados aquí vertidos constituyen un importante avance en el conocimiento de la biodiversidad y serán sin duda pieza clave en aspectos de conservación y comprensión del funcionamiento de estos ecosistemas tan importantes.

Recientemente en México, se han estado desarrollando líneas de investigación en las que interviene el uso combinado de la taxonomía tradicional y el uso de secuencias de ADN de los Porifera, para lograr un mayor entendimiento de su sistemática y patrones de distribución (Cruz-Barraza *et al.* 2012, 2014). En este sentido, el proyecto buscó el resguardo de un pequeño fragmento de las esponjas recolectadas con la finalidad de consolidar una colección de tejidos, que pueda servir posteriormente como base para la generación de códigos de barras de ADN, así como su uso en cualquier tipo de análisis genético.

La identificación correcta de especies es un paso crucial para cualquier estudio de biodiversidad, ecología, evolución y otras investigaciones biológicas. Particularmente, el estudio de los poríferos en el país ha retomado mayor fuerza en la última década, sin duda una buena base sistemática es indispensable para garantizar la certidumbre taxonómica de investigaciones biológicas futuras.

## II. ANTECEDENTES DEL TRABAJO.

México es uno de los países considerados megadiversos y cuenta con un alto porcentaje de endemismos (Espinosa *et al.* 2008). Sin embargo, invertebrados marinos como las esponjas, han sido relativamente poco estudiados, y algunos de sus grupos permanecen casi completamente desconocidos, eso sin considerar el número de ecosistemas que aún faltan por explorar.

Por mucho tiempo, la gran región del Pacífico oriental fue poco estudiada en lo que se refiere a su fauna de esponjas (Soest 2007, Vega *et al.* 2012). En las costas del Pacífico mexicano y en el Golfo de California, se cuenta con algunos registros procedentes de diversas expediciones como las del H.M.S. "Challenger" (Ridley & Dendy 1887), del "Siboga" (Vosmaer & Vernhout 1902) y del "Albatross" (Wilson 1904, Lendenfeld 1910). Otros trabajos hacen referencia a áreas específicas, como el de Carter (1882) en Acapulco; Laubenfels (1935), en Baja California; Dickinson (1945) en golfo de California y Hofknecht (1978) en Puerto Peñasco. Otros registros de esponjas están contenidos en algunos censos faunísticos como los de van der Heiden & Hendrickx (1979, 1982), Brusca & Thomson (1977), Salcedo *et al.* (1988) y Díaz-Gaxiola & Arzola-González (1996), Brusca (2005). A esta lista de trabajos se puede incorporar el de Laubenfels (1932), el de Sim & Bakus (1986) y el de Bakus & Green (1987), que fueron realizados en las costas de California (Estados Unidos) y que incluyen algunas especies de esponjas del Pacífico mexicano.

Por su parte, aunque el Gran Caribe es considerado una de las zonas mejor conocidas en lo que a los Porifera se refiere, las esponjas del Golfo de México y el Caribe mexicanos, han recibido poca atención hasta nuestros días. Los trabajos realizados son pocos si los comparamos con los de otras localidades del Caribe, además algunos de ellos son muy antiguos como en el caso de estudios en las costas de Campeche (Higgin 1875, Topsent 1889, Hartman 1955). También se han realizado estudios en los arrecifes de Veracruz (Green 1977, Green *et al.* 1986, López-Herrera 1992), en la laguna de Términos (Núñez-Fernández 1978, Avila *et al.* 2014), en Puerto Morelos (Gómez & Green 1984), en la península de Yucatán (Rubio-Fernández 1997) y en la isla Cozumel (Quintana Roo) (Lehnert 1993). Sin embargo, algunos de estos estudios corresponden a trabajos de tesis

(información no publicada formalmente) y otros solo contemplan solo listados faunísticos que son de poca utilidad en posteriores estudios taxonómicos.

Durante la última década y gracias a los apoyos recibidos desde 1999 en distintos proyectos por parte de la CONABIO, se ha logrado un importante avance en el conocimiento de los poríferos principalmente en el área del Pacífico. Los esfuerzos realizados han culminado en la publicación de una serie de trabajos taxonómicos de carácter internacional (para detalle véase Carballo *et al.* 2014), evidenciando la importancia que ha tomado el grupo en nuestro país.

Sin duda, la continuidad que actualmente se está dando a diversas investigaciones relacionadas con las esponjas, la incorporación nuevas técnicas para su estudio (p. eme. marcadores moleculares, Cruz-Barraza *et al.* 2012, 2014) y la consolidación de un fuerte grupo de trabajo, en poco tiempo se dispondrá de un buen conocimiento de la biodiversidad mexicana de esponjas, facilitando su potencial aplicación en diversos campos (p. ej. farmacología, biotecnología y conservación).

### **III. OBJETIVO GENERAL.**

Contribuir al conocimiento sistemático y de la biodiversidad de la fauna de esponjas presente en litorales mexicanos.

#### **Objetivos particulares.**

- 1) Recolección e identificación de esponjas en aguas mexicanas.
- 2) Obtener al menos 800 nuevos registros de Porifera en México.
- 3) Incorporar los nuevos registros obtenidos a la “Colección de esponjas del Pacífico mexicano clave Oax-MAM-135-10-02 de la UNAM-campus Mazatlán” así como en su correspondiente base de Biótica.
- 4) Completar la identificación taxonómica pendiente en alguno de los ejemplares resguardados en la “Colección de esponjas del Pacífico mexicano y base de datos BIOTICA”
- 5) Resguardar material de las especies recolectadas para formalizar una colección de tejidos, para posteriores análisis de ADN.

#### IV. TÉCNICAS Y MÉTODOS.

##### Muestreos

Los muestreos se realizaron por recolección directa en la zona intermareal, en inmersiones a pulmón (en localidades poco profundas) y por buceo autónomo hasta una profundidad máxima de 30m. En cada localidad fueron anotadas algunas características del hábitat con la finalidad de relacionarlos con cada una de las especies obtenidas. Los organismos recolectados fueron analizados *in situ* a simple vista, para registrar las características más destacables de su morfología externa (forma, color, superficie, consistencia, etc.). Este paso es importante, ya que algunas características se pierden después de la fijación. Posteriormente, fueron etiquetados e introducidos en bolsas de plástico, y transferidos individualmente a frascos de cristal para su fijación y posterior conservación. Para cada ejemplar se anotaron algunas características referentes al área de estudio, como el tipo y la orientación del sustrato, la profundidad, la fecha y la estrategia de recolección. Para el material resguardado para análisis de ADN se obtuvo un fragmento del ejemplar que fue fijado en alcohol absoluto.

##### Tratamiento de las muestras en el laboratorio

En el laboratorio, cada muestra será descrita externa e internamente, anotando aspectos importantes como la forma, el color, la forma del sistema acuífero, la consistencia y la presencia de mucosidad (véase Boury-Esnault & Rützler 1997). Posteriormente, los ejemplares serán fijados con formaldehído al 4% durante 48 horas aproximadamente y después transferidos a alcohol al 70% para su conservación definitiva de acuerdo con los procedimientos estándares (Cristobo *et al.* 1992).

##### Análisis Taxonómico.

El estudio taxonómico inicial se realizó utilizando la taxonomía tradicional basada en las características morfológicas. Para esto, se analizaron todos los ejemplares recolectados, incluyendo sus características externas, su estructura esquelética, y las características de las fibras de esponjina (véase Boury-Esnault & Rützler 1997). El sistema de clasificación

utilizado en este estudio fue el "Systema Porifera" propuesto por Hooper & Soest (2002), aunque también se incorporó otra literatura reciente que presenta algunas modificaciones específicas a la estructura sistemática del grupo, tal es el caso de las Halisarcida (Ereskovsky *et al.* 2011), Homosclerophorida (Gazave *et al.* 2012), Astrophorida (Cardenas *et al.* 2011) y Halichondrida (Soest & Hooper 2005).

#### Técnica utilizada para la preparación de elementos esqueléticos en Demospongiae.

Consiste en tomar un fragmento del ejemplar, que se coloca sobre un portaobjetos y se le agregan unas gotas de ácido nítrico ( $\text{NO}_3\text{H}$ ) llevándose seguidamente a la llama de un mechero hasta la ebullición. La operación se debe repetir varias veces hasta que la preparación se vea incolora por transparencia. Una vez consumida la materia orgánica y el  $\text{NO}_3\text{H}$  sobre el portaobjetos, se depositan algunas gotas de alcohol etílico (96°) y se flamea a la llama del mechero. Después de esto, el material restante (espículas de sílice), se cubre con el fluido de montaje (bálsamo de Canadá). Las preparaciones así montadas se secan en la estufa a 40 °C durante 2 – 3 días (Rubió 1973).

#### Técnica utilizada para el estudio de la estructura esquelética.

Con pinzas de punta fina se toma un pequeño trozo de esponja en sentido longitudinal o transversal, o bien con un bisturí se cortan secciones finas del ejemplar. Se deposita el corte en un portaobjetos y se calienta en una estufa a 60-70 °C, o bajo una luz caliente. Sobre el corte se depositan algunas gotas de un medio de montaje (bálsamo del Canadá o Entellan), para que clarifique la muestra. De esta manera se pueden observar las espículas en la misma disposición que tenían en la esponja (Uriz 1978).

#### Técnica para la preparación de las fibras de espongina.

Se introduce una porción de la esponja en una solución de 1/3 de agua destilada, 1/3 de agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) de 110 volúmenes y 1/3 de amoníaco. Diariamente se agita, y cada 24 horas se lava y se cambian los reactivos hasta que las fibras queden libres de materia orgánica (Olivella 1977).

## V. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Como la intención del proyecto fue obtener la mayor diversidad de esponjas posible, la selección de las localidades de muestro se realizó considerando distintos tipos de ambientes. Sin embargo, se ha considerado de mayor prioridad áreas con comunidades coralinas, para estudiar la biodiversidad de esponjas asociada a los corales. Otras áreas contempladas son manglares, playas rocosas y bahías y puertos. Para una vista detallada de las regiones marinas prioritarias y localidades abordadas en este proyecto véase la sección (de resultados).

### Pacífico mexicano:

Los trabajos de campo en esta área geográfica, tuvieron como objetivo principal generar información sobre la biodiversidad de esponjas tanto en localidades previamente estudiadas, como en algunas que no habían sido visitadas en proyectos anteriores. Esto con la finalidad de incrementar el conocimiento de la biodiversidad al aumentar el esfuerzo de muestreo y por otra parte tener una idea general de la diversidad de esponjas en áreas desconocidas. Además y como parte de la intención de este proyecto eran necesarios recolectar material (incluyendo especies previamente recolectadas) que representara la mayor diversidad posible, para el resguardo de material biológico del cual se buscará la obtención de ADN para posteriores estudios. Para el proyecto fueron consideradas distintas localidades de al menos cinco regiones prioritarias.

### Golfo de México (costa de México) y Caribe mexicano.

Si bien estas áreas no habían sido abordadas en proyectos previos por parte del grupo de trabajo del ICMYL-UNAM. Para el estudio fueron seleccionadas diferentes localidades basados principalmente en reportes y estudios previos, así como por sugerencia de colegas que tenían experiencia en algunos sitios. En general fueron consideradas al menos siete regiones marinas prioritarias correspondientes al Golfo de México y Caribe mexicanos.

## **VI. RESULTADOS.**

El proyecto constituye una importante contribución al conocimiento sistemático y sobre la biodiversidad de la fauna de esponjas presente en litorales mexicanos, cumpliendo de esta manera con el objetivo general propuesto. Estos resultados han enriquecido considerablemente tanto la base de datos (Biótica) como la colección de esponjas del ICMYL-UNAM Unidad Académica Mazatlán, así como al conocimiento general que se tiene de los Porifera en México.

Derivado de esta contribución, se ha incrementado el número de nuevos registros de especies conocidas y de especies que son registradas por primera vez en México (algunas potencialmente nuevas para la ciencia). Algunos corresponden a localidades del Pacífico mexicano que no habían sido incluidas en proyectos previos apoyados por la CONABIO. Además, por primera vez el grupo de trabajo de la Unidad Académica Mazatlán, se ha involucrado formalmente al estudio de la biodiversidad de esponjas en aguas del Golfo de México y Caribe mexicanos. Esto sin duda sentará las bases para el desarrollo de un mejor conocimiento sobre la fauna de este grupo en esta parte del mar territorial.

Es importante resaltar que en general el proyecto se desarrolló bajo los términos acordados en su versión original. Las modificaciones que se presentaron a lo largo del mismo fueron en apego a las cláusulas del convenio, y fueron previamente consultadas y aprobadas por la CONABIO.

A continuación se exponen los resultados siguiendo los temas generales abordados en el proyecto, marcando (entre paréntesis) los objetivos comprometidos cubiertos.

### **6.1. Recolección y tratamiento del material biológico (objetivo 1).**

El proyecto contempló una importante componente en lo que a trabajos de campo se refiere, en donde se realizaron campañas importantes que cubrieron satisfactoriamente las áreas comprometidas en el Golfo de California y los estados de Oaxaca, de Veracruz, de Campeche, de Yucatán y de Quintana Roo, en términos del proyecto. Adicionalmente y con el apoyo de otros proyectos fueron cubiertas algunas localidades que también fueron

comprometidas. Es importante destacar que tal como fue considerado en el proyecto original (véase párrafo 5 del proyecto original), se contaba con una pequeña colección, que si bien inicialmente no se contempló en los términos de referencia, posteriormente y por acuerdo con la CONABIO una parte de esta pudo ser incorporada.

En total se obtuvieron y/o analizaron muestras correspondientes a 90 localidades de muestreo, la mayoría (82 localidades) incluidas en 24 Regiones Marinas Prioritarias (RMP) establecidas por la CONABIO (Tabla 1). El resto de las localidades, aunque no están incluidas en alguna de las RMP, sin duda son áreas importantes para la biodiversidad marina.

Tabla 1. Lista de las Regiones Marinas Prioritarias y las localidades asociadas.

<b>Región Marina Prioritarias</b>	<b>Número de localidades asociadas</b>
Alto golfo	Punta Machorro, San Felipe, BC
Bahía Concepción	El Requesón, Bahía Concepción Bahía de Concepción, Loreto, BCS Santispac, BCS
Bahía de Banderas	Antiguo Corral del Risco "Punta Mita", Nayarit Los Arcos, Puerto Vallarta, Jalisco Mismaloya, Puerto Vallarta, Jalisco
Bahía Magdalena	CFE, BCS
Champotón-El Palmar	Arrecifes artificiales Lerma, Campeche XPICOB, Campeche Muelle Celestún, Yucatán
Complejo Insular de Baja California	Bahía de los Ángeles, Ensenada Talud XIV20, Golfo de California
Complejo Insular de Baja California Sur	Caleras, La Paz Playa La Bruja, La Paz, BCS Zona IV, La Paz, BCS Puerto Escondido, BCS Playa Concha, La Paz, BCS Muelle API, La Paz
Coyuca-Tres Palos	Astillero, Acapulco Parque de la Reina, Acapulco Playa Suizos, Acapulco, Guerrero
Cozumel	Arrecife Colombia, Cozumel

Ensenadense	Campo Kennedy, Ensenada La Bufadora, Ensenada, BC San Quintín, Ensenada, BC
Huatulco	El Arrocito, Puerto Angel, Oaxaca Isla Montosa, Sta. Ma. Huatulco
Lag. Sta. Ma. La Reforma	Estero La Pocita, Isla Altamura, Angostura, Sinaloa Isla Talchichitle (3), Estero del Tlacuachon, Angostura, Sinaloa Isleta los Cuartillos, Angostura, Sinaloa
Laguna Verde-Antón Lizardo	La Gallega, zona rocosa, Veracruz Hornos, Muelle Fiscal, Veracruz La Canaida, Valiente, Veracruz Isla de En Medio, Veracruz El Ahogado, isla de En Medio, Veracruz El Giotte, Veracruz La Blanquilla, Veracruz Isla Verde (centro), Veracruz Isla Verde (Laguna), Veracruz El Mersey, Terranova, Veracruz Barco hundido, Valiente, Veracruz
Marismas Nacionales	Las Monas, Isla Isabel Cerro Pelón, Isla Isabel Bahía Tiburones, Isla Isabel Isla María Cleofas 1, Islas Marias
Pantanos de Centla-Laguna de Términos	Bahamita, Cd. del Carmen, Campeche La Deseada, Carmen, Campeche Isla Arena, Carmen, Campeche Playa Puerto Real, Campeche Muelle Puerto Real, Campeche La Ensenada, Campeche Estero El Pargo, Campeche
Piactla-Urias	Antiguo Muelle de Atraque, Mazatlán, Sinaloa Isla Lobos 1, Mazatlán, Sinaloa Isla Venados, Mazatlán, Sinaloa Isla Hermano Norte, Mazatlán, Sinaloa
Plat. Cont. Golfo Tehuantepec	La Entrega, Puerto Angel, Oaxaca
Pta. Maroma-Nizuc	Playa del Carmen, Solidaridad, Q. Roo Puerto Morelos
Puerto Ángel-Mazunte	El Faro, Puerto Angel, Oaxaca Playa Estacahuite, Oaxaca Playa Tijera, Oaxaca Playa Panteón, Oaxaca Camaroncito, San Pedro Pochutla Mazunte, Sta. Ma. Tonameca

R.B. Archipiélago Revillagigedo	Bahía Braulia, Isla Socorro
Sian Ka'an	Manglar Laguna Negra, Felipe Carillo Puerto, Q. Roo Punta Pájaros Arrecife, Felipe Carillo Puerto, Q. Roo Punta Allen (frente al Faro), Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo Arrecife Nichehabin, Felipe Carillo, Q. Roo Punta Pájaros Muelle, Felipe Carrillo, Q. Roo
Sisal-Dzilam	Muelle Puerto Progreso, Yucatán
Tulum-Xpuha	Arrecife Akumal isla, Solidaridad, Q. Roo Akumal, Arrecife 2, Solidaridad, Q. Roo Akumal Arrecife 3, Solidaridad, Q. Roo Bahía Akumal pasto, Solidaridad, Q. Roo Bahía Akumal Arrecife, Solidaridad, Q. Roo Laguna Yankul, Solidaridad, Q. Roo
Xcalac-Majahual	Mahahual, Othón P. Blanco, Q. Roo
<b>LOCALIDADES SIN ASOCIACIÓN A REGIÓN MARINA PRIORITARIA: 8</b>	
Clipperton; El Muelle, Puerto Ángel, Oaxaca; Laguna La Ventanilla, Oaxaca; Estero "El Bichi", Topolobampo, Sinaloa; La Choya, Pto. Peñasco, Sonora; Paraje Viejo, Astillero de Guaymas, Sonora; San Agustín, Puerto Ángel, Oaxaca; Talud XIV, Golfo de California; Tuxpan, Veracruz; La Canaida, Valiente, Veracruz; isla de En Medio, Veracruz; El Ahogado, isla de En Medio, Veracruz; El Giote, Veracruz; Barco hundido, Valiente, Veracruz.	

## 6.2. Información taxonómica de los registros: colección y base de datos BIOTICA (objetivos 1, 2 y 3).

De las localidades consideradas se obtuvo un importante número de ejemplares, de los cuales un total 848 registros fueron incorporados tanto a la colección de esponjas como a la base de datos (BIÓTICA). Estos registros están organizados en 2 Clases, 13 Órdenes, 49 Familias, 96 géneros y 167 especies. Contabilizando el número de especies que provisionalmente aparecen en la base de datos como sp., se cuenta con un total de 201 especies.

Del total de los registros 16 quedaron identificados a nivel de Orden, 1 a Suborden, 10 a Familia, 81 (sin contar las que se encuentran como sp.) a Género, 5 a Subgénero y un total de 735 están identificados a nivel de especie, de los cuales 78 se encuentran como sp. En la

tabla 2 se hace referencia a detalle de los distintos grupos taxonómicos incorporados, así como los registros y las especies en cada uno de ellos.

Tabla 2. Número de registros por nivel taxonómico y porcentaje de registros identificados a especie.

Grupo taxonómico	Número de:				Ejemplares identificados a especie	Porcentaje de identificación a nivel específico
	Familias	Géneros	especies	Registro de ejemplares		
Agelasida	1	1	6	11	11	100
Astrophorida	4	6	10	36	32	88.9
*Chondrosida	2	3	6	33	31	93.9
Dendroceratida	1	3	4	17	17	100.0
Dictyoceratida	4	6	22	101	91	90.1
Hadromerida	6	14	36	155	130	83.9
Halichondrida	4	11	15	78	71	91.0
Haplosclerida	5	11	28	120	92	76.7
Homosclerophorida	2	4	4	16	14	87.5
Lithistida	1	1	1	2	2	100.0
Poecilosclerida	15	29	51	207	179	86.5
Spirophorida	1	2	5	19	17	89.5
Verongida	3	5	13	53	48	90.6
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>96</b>	<b>201</b>	<b>848</b>	<b>735</b>	<b>86.7</b>

\*incluye a la familia *Halisarcidae*.

El análisis taxonómico de las muestras se realizó a partir del estudio de sus estructuras esqueléticas (espículas) así como su disposición en el cuerpo de la esponja, entre otras características morfológicas tomadas de los individuos resguardados. Adicionalmente se utilizaron fotografías tomadas *in situ*, con las que se tomaron en cuenta características morfológicas externas de los individuos como la forma y el color en vida.

El sistema de clasificación utilizado para el estudio de las esponjas en el proyecto fue el “Systema Porifera” de Hooper y Van Soest *et al.* (2002) el cual constituye la base de la sistemática actual en Porifera. Además, durante el desarrollo del proyecto fueron incorporadas distintas citas bibliográficas que hacen referencia a modificaciones específicas a la estructura sistemática de Porifera. La inclusión de nueva literatura al proyecto, fue debidamente solicitada y aprobada por la CONABIO.

Por su parte, la identificación taxonómica a nivel específico se realizó con base a la literatura existente en las áreas geográficas específicas, tanto para el Pacífico mexicano, como para el Caribe y Golfo de México. Además de este informe, se ha entregado la base de datos con toda la información actualizada.

### **6.3. Contribución taxonómica a la base de datos previa al proyecto (objetivo 4).**

Como parte del compromiso adquirido en el proyecto a través del objetivo 4, se ha revisado material biológico resguardado en la “Colección de Esponjas del Pacífico Mexicano” que había sido previamente incluido en la base de datos BIOTICA (derivado de proyectos anteriores), pero que por algún motivo no se había completado su identificación taxonómica o bien, su estatus requería alguna actualización.

En este sentido, la base previa contenía un total de 118 registros que solo estaban identificados a nivel de orden, al trabajar con este material el número se redujo a 98. De la misma forma, el número de ejemplares a nivel de familia era de 112, ahora es de 93. Mientras que a género era de 189 y se redujo a 179. Finalmente, el número de registros identificados a nivel de especie era de 1281 el cual incrementó a 1330 registros.

Sin duda, estas aportaciones son de gran importancia a la base de datos ya que se trataba de ejemplares que debido a su difícil identificación, esta no había sido lograda anteriormente, o bien, se trataba de ejemplares considerados como especies potencialmente nuevas, y que han sido recientemente publicadas (p.ej. Cruz-Barraza *et al.* 2011, 2012, 2014).

### **6.4. Colección de tejidos y ADN genómico (objetivo 5).**

Uno de los aspectos más importantes del proyecto fue el resguardo de material biológico debidamente preservado para realizar posteriores estudios genéticos, como por ejemplo de sistemática molecular. En este sentido durante el procesamiento de las muestras, fue separado y conservado (en alcohol absoluto) un pequeño fragmento representativo de cada individuo recolectado. Esto se realizó siguiendo protocolos estándares para la conservación de tejidos y de ADN de poríferos.

La codificación que se le dio a esta colección, es paralela a la “Colección de Esponjas del Pacífico Mexicano” que resguarda el material biológico de esponjas correspondiente a este

proyecto, es decir, el código es el mismo. De tal manera que a la hora de obtener por ejemplo un código de barras de ADN, la información corresponderá a la misma del ejemplar que se encuentra en la colección y base de datos biótica.

La finalidad es contar también con una colección de ADN genómico de esponjas mexicanas para estudios relacionados con la sistemática molecular, la generación de código de barras, y otros estudios ecológicos y evolutivos que involucren el uso de marcadores moleculares. De dicha colección ya se cuenta con algunos resultados publicados (p. ej. Cruz-Barraza *et al.* 2012, 2014).

## VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DISCUSIÓN.

México es considerado un país megadiverso y aunque en los últimos años se ha logrado un considerable avance en el conocimiento de su fauna marina (p. ej. MEXBOL), en general, los invertebrados han sido poco estudiados y aún existen grupos (incluso con algún potencial biotecnológico) de los que se conoce poco sobre su fauna. Entre estos, destacan el Phylum Porifera, que si bien, por mucho tiempo en México su estudio taxonómico fue pobremente desarrollado (Soest 2007, Soest *et al.* 2012), durante la última década el conocimiento ha incrementado significativamente, reflejándose en un mayor del número de especies conocidas en ambas costas (Carballo *et al.* 2014). A pesar de este avance, nuestros resultados evidencian la necesidad de continuar con la labor taxonómica para el conocimiento de las esponjas de México. Debido a que en general aún es evidente la falta de estudios en áreas de importancia para la biodiversidad (p. ej. RMP), además de que en localidades previamente estudiadas se puede observar que al incrementar el esfuerzo de muestreo, el número de especies conocidas aumenta sustancialmente.

En este sentido el proyecto constituye una pieza clave en el estudio de los Porifera de México, debido a que además de incluir localidades que no habían sido estudiadas previamente en el Pacífico mexicano, por primera vez se incorpora material del área de Golfo de México y el Caribe mexicano, en la colección de esponjas del ICMYL-UNAM Unidad Académica Mazatlán. Esto ha permitido al grupo de trabajo, revisar material procedente de ambas costas mexicanas y tener una idea más completa sobre la diversidad de esponjas en nuestro país. Además y como una aportación importante de este proyecto, se ha recolectado material biológico debidamente conservado para el estudio genético de las especies. Esto con la finalidad de implementar el uso de marcadores moleculares para el estudio sistemático (p.ej. código de barras de ADN) y evolutivo de las esponjas, lo que sin duda contribuirá significativamente en un mejor conocimiento de su biodiversidad.

A continuación se presenta un breve análisis y discusión sobre los resultados que se obtuvieron de este trabajo considerando la información de proyectos previos que han incorporado registros a la base de datos, y en general al conocimiento de los Porifera en el país.

En relación al trabajo de campo, es interesante resaltar que el número de localidades de muestreo involucradas en el proyecto llegó a 90, cuando el compromiso original fue de 60. El incremento de 30 localidades se debió a la incorporación de localidades consideradas en el proyecto pero que fueron financiadas con apoyo, en parte de otros proyectos. Además, una vez en las localidades consideradas se optó por elegir algunas más, que por su situación geográfica, tipo de sustrato, etc., podrían favorecer la presencia de un mayor número de especies de esponjas. Cabe mencionar que debido a la presencia de condiciones climáticas desfavorables durante los muestreos, algunas localidades originalmente propuestas no pudieron ser visitadas. Tal es el caso de una localidad en la RMP 52. Delta del Rio Coatzacoalcos, la cual luego de dos intentos, el trabajo de campo no pudo ser concretado, debido primero a presencia de los llamados nortes y luego por el paso del huracán Vence.

En relación a las RMP comprometidas en el proyecto, con el resultado obtenido se puede considerar satisfactorio, ya que a excepción de la RMP comentada en el párrafo anterior, el resto fueron cubiertas. A esto, se le puede sumar la incorporación de 9 RMP que originalmente no estaban comprometidas, y que sin duda son de importancia para el estudio de biodiversidad de esponjas. Estos resultados reflejan el enriquecimiento tanto la colección de referencia como de la base de datos de esponjas de la Unidad Académica Mazatlán, con respecto a previas aportaciones. En la base anterior (resultado de proyectos previos), se contaba con 24 regiones marinas prioritarias registradas, al incorporar los resultados de este proyecto el número incrementó a 34.

De igual manera, el número de ejemplares incluidos en la colección de esponjas y la base de datos fue mayor al comprometido inicialmente (800 registros), alcanzando los 848 registros. Este material, hace importante referencia a la incorporación de los ejemplares de la costa oeste del país. El número de registros en la base de datos previa a este proyecto se era de 1,700 registros, con la información obtenida de nuestros resultados el número incrementó a 2,548 registros. A manera de ilustración, si comparamos la información con los registros previos, se puede apreciar un incremento significativo con la aportación de este proyecto, así como del incremento de las RMP (Fig. 1).

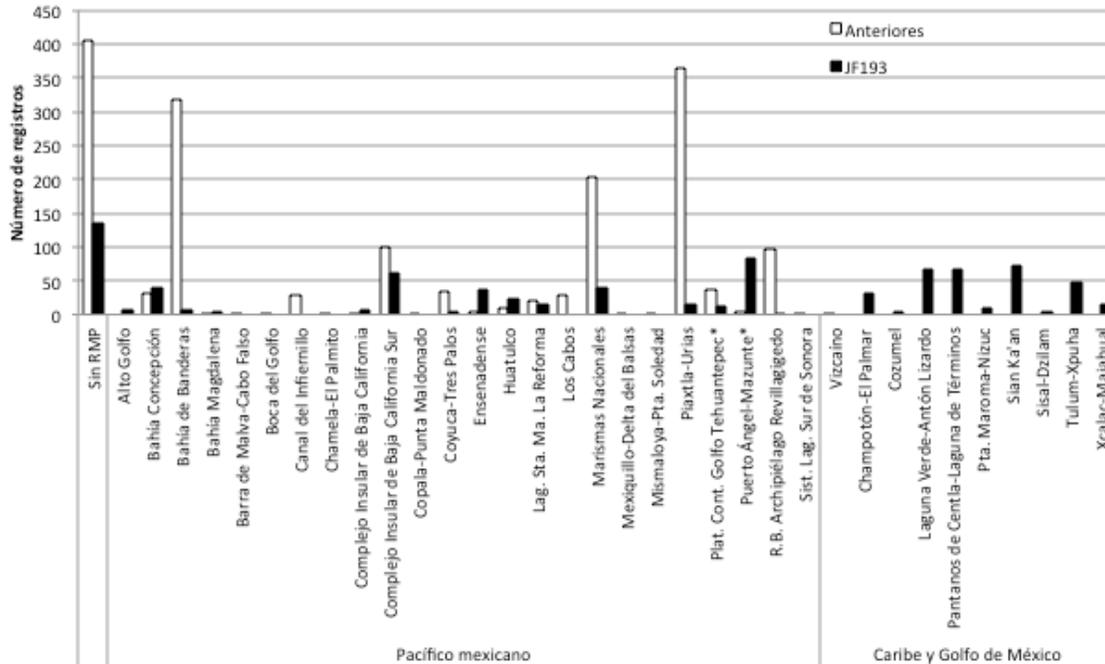


Figura 1. Comparación del número de registros por región marina prioritaria de la base de datos de esponjas Biótica previa (barras blancas) y los resultados de este proyecto (barras negras).

Además del importante incremento en el número de registros y de regiones marinas prioritarias, el número de especies incorporadas a la base de datos y colección de esponjas incrementó considerablemente con este proyecto. El número de especies registradas en la base de datos previa era de 135, con la información de nuestros resultados el número incrementó a 294 especies (incluyendo las que provisionalmente están como sp.). El incremento de más del doble de las especies está relacionado con la incorporación de muestras de la región del Caribe, la cual no solo para los Porifera sino para muchos otros grupos marinos es considerada altamente biodiversa (Fig. 2).

Es de resaltar que la fauna del Golfo de México también es rica en especies, y si bien, esta tiene una fuerte influencia de las especies caribeñas, observaciones personales sugieren una fauna peculiar con la presencia de especies distintas al Caribe (potencialmente nuevas) y que necesitan ser reconocidas para un mejor conocimiento de la biodiversidad en esta parte de México. Esto se irá reflejado poco a poco, conforme se vayan analizando a fondo y publicando los resultados derivados del proyecto.

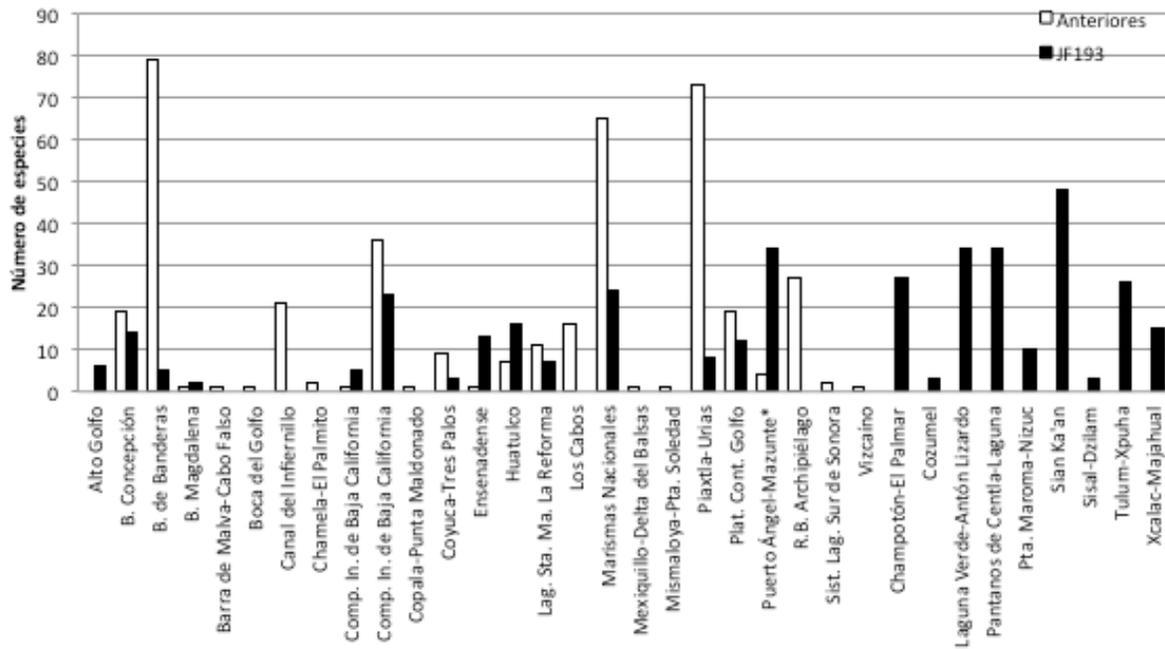


Figura 2. Comparación del número de especies por región marina prioritaria de la base de datos de esponjas Biótica previa (barras blancas) y los resultados de este proyecto (barras negras).

Analizando la información taxonómica de los registros se puede decir que en general se ha obtenido un resultado positivo. Si bien, en este caso resulta difícil cumplir con el número de especies y registros por grupo taxonómico, los resultados sin duda cubren las expectativas del grupo de trabajo. Como se mencionó el número de registros comprometidos fue rebasado (800 Vs 848). Además, considerando el porcentaje de especies identificadas comprometidas, en relación a los grupos taxonómicos que les correspondían, se puede decir que en total existía un compromiso de identificar al menos 708 ejemplares (Tabla 3). Si bien, no es posible dar con exactitud la cantidad de ejemplares para cada grupo, si se puede decir que el número comprometido de ejemplares fue rebasado, ya que derivado del proyecto fueron identificados un total de 735 ejemplares a nivel especie. En la tabla 3 se muestra a detalle los aspectos relacionados con la información comprometida y la obtenida del resultado del proyecto, en la cual se puede hacer una comparación de cada una de las secciones. Además de los datos mencionados, resalta el incremento del número de familias (39 vs. 49), géneros (66 vs. 96) y especies (181 vs 201) comprometidas.

Recientemente la sistemática del grupo ha sufrido cambios importantes derivados principalmente de la incorporación del estudio de marcadores moleculares en Porifera. Entre los cambios principales se encuentra el caso del orden HALISARCIDA que ahora es una sinonimia del orden CHONDROSIDA por lo que la familia, género y especies han sido transferidas (Ereskovsky *et al.* 2011).

Es importante resaltar que la incorporación a este proyecto de localidades que fueron visitadas previamente gracias a otros apoyos por parte de la CONABIO, ha sido de gran importancia para este estudio, debido a dos aspectos principales. El primero está relacionado con incrementar el esfuerzo de muestreo en localidades de las que ya se tenía información previa. En nuestra experiencia, hemos visto como incrementa el número de especies cuando evitamos la recolecta de la fauna más común y vistosa y nos enfocamos en la fauna críptica (especies pequeñas que viven en cuevas, debajo de rocas, etc.). El segundo aspecto está relacionado con uno de los objetivos del mismo proyecto en el que se buscó recolectar material biológico de especies antes recolectadas con la finalidad de preservar adecuadamente un fragmento para la obtención de ADN.

Sin duda este proyecto es pionero en la recolecta de material genético para los Porifera de México. Además, ha permitido la obtención de muestras de la costa oeste del país por parte de nuestro grupo de trabajo. Como se mencionó, entre los resultados principales es evidente la presencia de nuevos registros y especies potencialmente nuevas para la ciencia, lo que pone de manifiesto la necesidad de continuar con el trabajo taxonómico así como el incorporar más áreas de importancia para la biodiversidad lo cual nos dará un mejor conocimiento sobre la biodiversidad de esponjas en nuestras aguas, que nos pueda servir para estudios más aplicados relacionados con su importancia comercial, ecológica, biotecnológica y evolutiva.

Grupo taxonómico	Número aproximado, COMPROMETIDO de:					Porcentaje de identificación a nivel específico	Número OBTENIDO en el proyecto de:				Ejemplares identificados a especie	Porcentaje de identificación a nivel específico
	Familias	Géneros	especies	Registro de ejemplares	Ejemplares identificados a especie		Familias	Géneros	Especies*	Registro de ejemplares		
Astrophorida	3	5	10	25	20	80 %	4	6	10	36	32	88.9
Agelasida	1	2	5	25	25	100%	1	1	6	11	11	100
*Chondrosida	2	2	4	20	20	100%	2	3	6	33	31	93.9
Dendroceratida	1	3	8	40	40	100%	1	3	4	17	17	100.0
Dictyoceratida	3	4	10	50	50	100%	4	6	22	101	91	90.1
Hadromerida	6	13	60	200	180	90%	6	14	36	155	130	83.9
Halichondrida	3	8	15	60	48	80%	4	11	15	78	71	91.0
Haplosclerida	4	8	22	110	88	80%	5	11	28	120	92	76.7
Homosclerophorida	1	2	4	10	10	100%	2	4	4	16	14	87.5
Lithistida	1	1	1	2	2	100%	1	1	1	2	2	100.0
Poecilosclerida	11	14	31	205	164	80%	15	29	51	207	179	86.5
Spirophorida	1	2	3	13	12	90%	1	2	5	19	17	89.5
Verongida	2	2	8	40	40	100%	3	5	13	53	48	90.6
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>66</b>	<b>181</b>	<b>800</b>	<b>708</b>		<b>49</b>	<b>96</b>	<b>201</b>	<b>848</b>	<b>735</b>	

Tabla 3. Comparación de los datos correspondientes a la información taxonómica comprometida, con los datos derivados de este proyecto.

\* El valor incluye a las especies que provisionalmente aparecen en la base de datos como “sp.” y que luego de una revisión exhaustiva de la literatura no fue posible asignarles un nombre, por lo que podrían ser potencialmente nuevas para ciencia.

## **VIII. CONCLUSIONES.**

Sin duda, el incluir registros de áreas geográficas distintas a las de proyectos anteriores, en este caso de la costa oeste de México, ha resultado en un incremento significativo del número de especies, de localidades y de RMP. Esto tiene una repercusión positiva al enriquecimiento en información tanto de la base de datos (BIÓTICA) como para la colección de esponjas del ICMYL-UNAM Unidad Académica Mazatlán. Lo cual también resultara en un mejor conocimiento de la biodiversidad de esponjas de México.

La recolecta de material adecuadamente preservado para la obtención de ADN de las esponjas, permitirá a futuro la implementación de modernas tecnologías a nivel molecular que facilitarán el uso marcadores moleculares específicos para la identificación de especies a personas no expertas, además de agilizar el conocimiento de la biodiversidad en nuestros mares.

La presencia de especies potencialmente nuevas pone de manifiesto la necesidad de continuar con la ardua labor taxonómica para completar el inventario faunístico de las esponjas en México. Además de incrementar el esfuerzo de trabajo de campo para la obtención de esponjas en áreas geográficas aun no estudiadas y que pueden ser de importancia para la biodiversidad de este importante grupo zoológico.

## **IX. AGRADECIMIENTOS.**

Nosotros agradecemos al Centro Ecológico Akumal, en particular a Iván Penié, a Elisa López y a Baruch Figueroa Zavala, por su hospitalidad y apoyo logístico para los trabajos de campo en el estado de Quintana Roo. También a Ángel Omar Ortiz Moreno, a Yadira Gómez Hernández y Denisse Ángeles Solís de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, por todas sus atenciones, su apoyo logístico y trabajo de campo. Al Dr. Tomas Camarena Luhrs y Teresa de Jesús Robles Borboa del Área Natural Protegida Sistema Arrecifal Veracruzano, por su apoyo y colaboración en los trabajos de campo en el estado de Veracruz.

Al equipo de Buceo Huatulco, especialmente a nuestro querido amigo Virgilio que ha sido de gran apoyo en los trabajos de campo en el área de Huatulco.

## X. LITERATURA CITADA

- Ávila E, Ávila-García A, Cruz-Barraza JA. 2014. Abundance and biomass patterns of seagrass sponges in a tropical estuarine system of the Southern Gulf of Mexico. *Marine Ecology*, DOI: 10.1111/maec.12171.
- Appeltans W, Ah Yong ST, Anderson G, Angel MV, Artois T, *et al.* 2012. The magnitude of global marine species diversity. *Current Biology*, 22(23): 2189-2202.
- Bakus JG, Green KD. 1987. The distribution of marine sponges collected from the 1976-1978. Bureau of land management Southern California Bight program. *Bulletin of the Southern California Academy of Science*, 86(2): 57-88.
- Bergquist PR. 1978. *Sponges*. University of California. 268 pp.
- Boury-Esnault N. 2006. Systematics and evolution of Demospongiae. *Canadian Journal of Zoology*, 84:205-224.
- Boury-Esnault N, Rützler K. 1997. *Thesaurus of sponge Morphology*. Smithsonian Contributions to Zoology, 596: 1-55.
- Brusca RC. 2005. Porifera. In: Hendricks M, Brusca RC, Findley LT (eds.). *Listado y distribución de la macrofauna del golfo de California, México. Parte 1. Invertebrados*. Arizona-Sonora Desert Museum, 3-47 pp.
- Brusca RC, Brusca GJ. 1990. *Invertebrates*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, 922 pp.
- Brusca RC, Brusca GJ. 2003. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, 936 pp.
- Brusca RC, Thomson DA. 1977. The Pulmo reefs of Baja California- true coral reef formation in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 1(3): 37-53.
- Carballo JL, Gómez P, Cruz-Barraza JA. 2014. Biodiversidad de Porifera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 143-153. DOI: 10.7550/rmb.32074.
- Cárdenas P, Xavier JR, Reveillaud J, Schander C, Rapp HT. 2011. Molecular Phylogeny of the Astrophorida (Porifera, Demospongiae) Reveals an unexpected high level of spicule homoplasy. *PLoS ONE* 6(4), <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0018318>
- Carter HJ. 1882. Some sponges from the West Indies and Acapulco in the Liverpool free museum described, with general and classificatory remarks. *Annals and Magazine of Natural History*, (5), 9(52): 266-301.
- Cristobo FJ, Solórzano MR, Ríos P. 1992. Métodos de recogida, estudio y conservación de las colecciones de Poríferos. *International Symposium and First World Congress on the Preservation and Conservation of Natural History Collections*, 2: 277-287.
- Cruz-Barraza JA, Carballo JL, Bautista-Guerrero E, Nava HH. 2011. New species of excavating sponges (Porifera:Demospongiae) on coral reefs from the Mexican Pacific Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(5): 999-1013

- Cruz-Barraza JA, Carballo JL, Rocha-Olivares A, Ehrlich H, Hog M. 2012. Integrative taxonomy and molecular phylogeny of genus *Aplysina* (Demospongiae: Verongida) from Mexican Pacific. PLoS one, 7(8): e42049.
- Cruz-Barraza JA, Vega C, Carballo JL. 2014. Revision of family Plakinidae (Porifera: Homoscleromorpha) from Eastern Pacific Coral Reefs: molecular systematics through *cox1* and *cob* mtDNA data. Zoological Journal of the Linnean Society.
- Dendy A. 1921. Report on the Sigma to tetraxonida collected by H. M. S. «Sealark» in the Indian Ocean. In: Reports of the Percy Sladen Trust Expedition to the Indian Ocean in 1905. Transactions of the Linnean Society of London, Vol. (7): 18:1-164.
- Díaz-Gaxilola JN, Arzola-González F. 1996. Sistema lagunar Topolobampo: inventario faunístico para el establecimiento preliminar como área natural protegida. In: Moran RE, Santos S, Izaguirre G. (eds.). Ambiente y ecología de Sinaloa; diagnóstico y perspectivas. Mazatlán, Sinaloa, 92-96 pp.
- Dickinson MG. 1945. Sponges of the Gulf of California. Allan Hancock Pacific Expedition, 11(1): 1-251.
- Erpenbeck D, Wörheide G. 2007. On the molecular phylogeny of sponges. Zootaxa, 1668: 107-126.
- Erpenbeck D, Breeuwer JAJ, Parra-Velandia FJ, Soest RWM Van. 2006. Speculation with spiculation? - Three independent gene fragments and biochemical characters versus morphology in demosponge higher classification. Molecular Phylogenetics and Evolution, 38: 293-305.
- Ereskovsky AV, Lavrov DV, Boury-Esnault N, Vacelet J. 2011. Molecular and morphological description of a new species of *Halisarca* (Demospongiae: Halisarcida) from Mediterranean Sea and a redescription of the type species *Halisarca dujardini*. Zootaxa, 2768: 5-31
- Espinosa D, Ocegueda S, Aguilar C, Flores O, Llorente- Bousquets J. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. In: Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad, Vol. 1, CONABIO, México, 33-65 p
- Gazave E, Lapébie P, Ereskovsky AV, Vacelet J, Renard E, Cárdenas P, Borchiellini C. 2012. No longer Demospongiae: Homoscleromorpha formal nominatiosn as a fourth class of Porifera. Hydrobiologia, doi:10.1007/s10750-011-0842-x
- Gómez P, Green G. 1984. Sistemática de las esponjas marinas de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 11(1): 65-90.
- Green G. 1977. Sinopsis taxonómica de trece especies de esponjas del arrecife La Blanquita, Veracruz, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 4(1):79-98.
- Green G, Fuentes L, Gómez P. 1986. Nuevos registros de Porifera del arrecife La Blanquita, Veracruz, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 13(3): 127-146.

- Hartman WD. 1955. A collection of sponges from the west coast of the Yucatan peninsula with descriptions of two new species. *Bulletin of Marine Science Gulf of Caribbean*, 5(3):161-189.
- Heiden AM Van der, Hendrickx M. 1979. Inventario de la fauna marina y costera del sur de Sinaloa. Centro de Ciencias del Mar y Limnología (Estación Mazatlán), 68 pp.
- Heiden AM Van der, Hendrickx M. 1982. Inventario de la fauna marina y costera del sur de Sinaloa. Centro de Ciencias del Mar y Limnología (Estación Mazatlán), 135 pp.
- Higgin TH. 1875. On a new sponge of the genus *Luffaria* from Yucatan, in the Liverpool Free Museum. *Annals and Magazine of Natural History*, (ser. 4), 16: 223-227.
- Hofknecht G. 1978. Descriptions and key to the intertidal sponges of the Puerto Peñasco area in the Gulf of California. *Journal of the Arizona Nevada Academy of Science*, 13: 51-56.
- Hooper JNA, Soest RWM Van. 2002. *Systema Porifera: A guide to the classification of sponges*. Hooper JNA, Soest RWM Van (eds.). Kluwer Academic, Plenum Publishers, New York, Vol. (1), 1101 pp.
- Jones WC. 1997. Spicule form and morphogenesis in the calcareous sponge *Leuconia fistulosa* (Johnston). In: Watanabe Y, Fusetani N (eds.). *Sponge Sciences: multidisciplinary perspectives*. Springer, Tokyo, 55-67 pp.
- Kefalas E, Tsirtsis G, Castritsi-Catharios J. 2003. Distribution and ecology of Demospongiae from the circalittoral of the islands of the Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *Hydrobiology*, 499:125-134.
- Laubenfels MW de. 1932. The marine and freshwater sponges of California. *Proceedings National Museum*, 81(4): 1-40.
- Laubenfels MW de. 1935. Some sponges of Lower California (Mexico), *The American Museum of Natural History*, 779: 1-14.
- Lehnert H. 1993. The sponges from Cozumel (Mexico). Inventory, critical comparison of taxonomic characters and description of a new species. *Acta Biológica. Benrodis*, 5: 35-127.
- Lendenfeld RV. 1910. The Sponges. 1. The Geodidae. In: Reports of the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish commission Steamer «Albatross», from October, 1904, to March, 1905, Lieut. Commander L.M. Garrett, U.S.N., Commanding, and of other Expeditions of the «Albatross», 1888-1904. (21). *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 41 (1): 1-259.
- Lévi C. 1957. Ontogeny and systematics in sponges. *Systematic Zoology*, 6: 174-183.
- López-Herrera M. 1992. Diagnósis taxonómica de las esponjas de las estructuras arrecifales de Antón Lizardo y Puerto de Veracruz. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 88 pp.
- Nichols S, Barnes PAG. 2005. A molecular phylogeny and historical biogeography of the marine sponge genus *Placospongia* (Phylum Porifera) indicate low dispersal

- capabilities and widespread crypsis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 323:1-15.
- Núñez-Fernández ME. 1978. Estudio taxonómico de las esponjas de la Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 96 pp.
- Olivella I. 1977. Comunidades bentónicas de sustrato duro del litoral NE. Español. VI. Sistemática de esponjas. *Miscelánea Zoológica*, 4(1): 4-15.
- Ridley S, Dendy A. 1887. Report on the monaxonid collected by H.M.S. «Challenger» during the years 1873- 76. *Challenger Reports*, 20: 1-275.
- Rubio-Fernández IA. 1997. Descripción morfológica de las esponjas marinas de la península de Yucatán. Tesis Licenciatura. ENEP Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, 141 pp.
- Rubió M. 1973. Recolección y primera descripción de esponjas: fijación, conservación y preparación. *Inmunología y Ciencia*, 5-6(3): 37-48.
- Topsent, E. 1889. Quelques spongiaires du Banc de Campêche et de la Pointe-à-Pître. *Mémoires de la Société zoologique de France*, 2: 30-52.
- Salcedo S, Green G, Gamboa C, Gamboa A, Gómez P. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados béticos presentes en el área rocosa de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México, 15(1): 73-96.
- Sim CJ, Bakus GJ. 1986. Marine sponges of the Santa Catalina Island, California. *Allan Hancock Foundation*, 5: 1-23
- Soest RWM van. 2007. Sponge biodiversity. *Journal of Marine Biology Association of the United Kingdom*, 87: 1345-1348.
- Soest RWM van, Hooper JNA. 2005. Resurrection of *Desmoxya* (Porifera: Halichondrida), with the description of a new species from Rockall Bank bathyal coral reefs, North Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association UK*, 85: 1367-1371.
- Soest RWM van, Bouery-Esnault N, Vacelet J, Dohrmann M, Erpenbeck D, *et al.* 2012. Global diversity of sponges (Porifera). *PLoS one*, 7(4):e35105.
- Soest RWM van, Boury-Esnault N, Hooper JNA, Rützler K, de Voogd NJ, *et al.* 2014. World Porifera database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/porifera> on 2014-12-10.
- Uriz MJ. 1978. Contribución a la fauna de esponjas (Demospongia) de Cataluña. Tesis Doctoral. Universidad de Gerona, 1-376 pp.
- Uriz MJ, Turon X, Becerro MA, Agell G. 2003. Siliceous Spicules and skeleton frameworks in sponges: Origin, diversity, ultrastructural patterns, and biological functions. *Microscopy Research and Technique*, 62: 279-299.
- Vega C, Hernández-Guerrero CJ, Cruz-Barraza JA. 2012. Biogeografía de esponjas marinas (Phylum Porifera); estudios en el Pacífico oriental. *Oceánides*, 27(1): 35-50.

- Vosmaer GCJ, Vernhout JH. 1902. The porifera of the Siboga-Expedition. I. The Genus Placospongia. In: Weber M (ed.). Siboga-Expeditie. Uitkomsten op zoologisch, botanisch, oceanographisch en geologisch gebied verzameld in Nederlandsch Oost-Indië, 1899-1900 aan boord HM «Siboga» onder commando van Luitenant ter zee 1e kl. GF Tydeman. 9 (Monographie VIa). (EJ Brill: Leiden), 1-17 pp.
- Webster NS. 2007. Sponge disease: A global threat? *Environmental Microbiology*, 9(6):1363-1375.
- Wilson H. 1904. The sponges. In: Reports on an exploration off the west coast of Mexico, Central and South America, and off the Galapagos Islands, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission.
- Wörheide G, Dohrmann M, Erpenbeck D, Larroux C, Maldonado M, *et al.* 2012. Deep phylogeny and evolution of sponges (Phylum Porifera). In: Becerro MA, Uriz MJ, Maldonado M, Turon X. (eds.), *Advances in Marine Biology*, vol. 61. Academic Press, The Netherlands, Amsterdam, 1-78 pp.
- Wulff J. 2012. Ecological interactions and the distribution, abundance, and diversity of sponges. *Advances in Marine Biology*, 273:344.

## ANEXO 1

### Productos obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

Los trabajos aquí mostrados se suman a la gran cantidad de productos obtenidos derivados de otros proyectos apoyados por la CONABIO. A continuación se presenta una lista de la producción lograda y de los trabajos que ahora se están elaborando.

#### Artículos científicos publicados

1. Cruz-Barraza JA, Vega C, Carballo JL. 2014. Taxonomy of family Plakinidae (Porifera: Homoscleromorpha) from Eastern Pacific Coral Reefs: molecular systematics through *cox1* and *cob* mtDNA data. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 171(2): 254-276. (2.658).
2. Carballo JL, Gómez P, Cruz-Barraza JA. 2014. Biodiversidad de Porifera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 143-153. doi: 10.7550/rmb.32074. (0.449).

Cruz-Barraza JA, Vega C. Listado de esponjas marías (Porifera) de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. En: Rafael R. Mena (Ed.). *La Bahía de La Paz: Biodiversidad, Procesos Ecológicos y Sociales* (en revisión).

#### Artículos científicos en preparación.

Cruz-Barraza JA, Avila E. New species and phylogenetic position of species of genus *Timea* (Hadromerida: Demospongiae) from Mexico.

Participación en congresos. Se incluye el agradecimiento explícito al proyecto.

1. VII Congreso Mexicano y I Congreso Panamericano de Arrecifes Coralinos y de la Sociedad Mexicana de Arrecifes Coralinos. Título: Diversidad de la familia Plakinidae (Porifera, Demospongiae) en las comunidades coralinas del Pacífico mexicano: nuevas especies y códigos de barra de ADN. Autor (es): Cruz-Barraza JA, Vega C, Carballo JL. Lugar y Fecha: 8-11 de octubre de 2013. Mérida, Yucatán.
2. VII Congreso Mexicano y I Congreso Panamericano de Arrecifes Coralinos y de la Sociedad Mexicana de Arrecifes Coralinos. Título: El género *Aplysina* (Demospongiae: Verongida) en los arrecifes coralinos del Pacífico este: taxonomía integrativa y filogenia

molecular. Autor (es): Cruz-Barraza JA, Rocha-Olivares A, Carballo JL. Lugar y Fecha: Mérida, Yucatán del 8-11 de octubre de 2013.

3. IV Simposio de la Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste (RECORECOS). Título: Nuevas aportaciones a la biodiversidad de esponjas marinas del golfo de México y el caribe mexicano. Autor (es): Cruz-Barraza JA, Vega C, Vázquez-Maldonado LE, Ávila E. Lugar y Fecha: Ciudad de México del 22 al 26 de junio del 2015.

4. XXII Congreso Nacional de Zoología. Título: hacia la taxonomía integrativa de esponjas marinas (Porifera) de México. Autor (es): Cruz-Barraza José Antonio. Lugar y Fecha: Mazunte, Santa María Tonameca, Oaxaca del 2 al 6 de noviembre de 2015

5. XXII Congreso Nacional de Zoología. Título: Estado actual de la “colección de esponjas marinas del Pacífico mexicano” (oaxmam-135-10-02) Autor (es): Vega Cristina, Cruz-Barraza José Antonio y Carballo José Luis Lugar y Fecha: Mazunte, Santa María Tonameca, Oaxaca del 2 al 6 de noviembre de 2015

6. XXII Congreso Nacional de Zoología. Título: Taxonomía integrativa y sistemática molecular de esponjas del género *Aaptos* (Suberitida: Suberitidae) del Pacífico mexicano. Autor (es): Botero-Cobo Luz Adriana y Cruz-Barraza José Antonio. Lugar y Fecha: Mazunte, Santa María Tonameca, Oaxaca del 2 al 6 de noviembre de 2015

7. XVI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR). Título: Plasticidad fenotípica de esponjas del género *Aplysina* (Demospongiae: Verongida) integrando caracteres morfológicos y marcadores moleculares. Autor (es): Cruz-Barraza José Antonio, Vega Cristina, Ley M, Salas Manuel, Carballo José Luis & Yañez Benjamin. Lugar y Fecha: Santa Marta, Colombia del 17 al 22 de octubre del 2015.

8. XVI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR). Título: Revisión taxonómica de la familia Suberitidae (Desmospongiae: Hadromerida) del Pacífico mexicano: marcadores morfológicos y moleculares. Autor (es): Luz Adriana Botero-Cobo<sup>1</sup>, José Antonio Cruz-Barraza. Lugar y Fecha: Santa Marta, Colombia del 17 al 22 de octubre del 2015.

9. XVI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR). Título: Taxonomía integrativa de esponjas del orden Chondrosida (Demospongiae: Chondrosida:

Chondrillidae) en el Pacífico mexicano. Autor (es): Juan Ramón Hernández Vega & José Antonio Cruz-Barraza. Lugar y Fecha: Santa Marta, Colombia del 17 al 22 de octubre del 2015.

10. \*XVI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR). Título: Contribución al conocimiento de la biodiversidad de Ascidas (Tunicata: Ascidiacea) del Pacífico mexicano: morfología y códigos de barras de ADN. Autor (es): Ada Liliana Hernández-González, José Antonio Cruz-Barraza. Lugar y Fecha: Santa Marta, Colombia del 17 al 22 de octubre del 2015.

*\*Aunque el trabajo no corresponde a Porifera gracias al apoyo de CONABIO, fue posible obtenerlas muestras para este trabajo por lo que incluye un agradecimiento explícito en el mismo.*

Estudiantes:

Tesis de licenciatura.

1. Estudio de la plasticidad fenotípica de esponjas del género *Aplysina* (Demospongiae: Verongida) integrado caracteres morfológicos y marcadores moleculares. Juan Manuel Ley Velarde. Fecha de presentación: 11 de junio del 2013. Facultad de ciencias del Mar (Universidad Autónoma de Sinaloa).

2. Revisión taxonómica de esponjas de la familia Suberitidae (Demospongiae: Hadremerida) del Pacífico mexicano. Luz Adriana Botero. Fecha de presentación: tentativamente febrero del 2016. Universidad del Mar, Oaxaca.

3. Taxonomía integrativa de esponjas del género *Chondrilla* Schmidt, 1862 (Porifera: Demospongiae) de México. Juan Ramón Hernández Vega. Fecha de presentación: tentativamente febrero 2016. Universidad del Mar, Oaxaca.

Tesis de Maestría

7. Taxonomía y distribución de esponjas córneas (Demospongiae: Dendroceratida y Dyctioceratida) en el Pacífico mexicano. Lic. Carolina Salas Singh. Fecha de presentación: 30 de octubre del 2015. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Estudiantes con estancias académicas prácticas profesionales y servicio social que tuvieron participación en el proyecto.

Alumno: Ada Liliana Hernández González, Instituto Tecnológico de Mazatlán.

Alumno: Luis Mario Anzoátegui Martínez, Universidad Politécnica de Sinaloa.

Alumno: Juan Ramón Hernández Vega, Universidad del Mar, Oaxaca.

Alumno: Osvaldo Cortes Echeagaray Universidad Politécnica de Sinaloa.

Alumno: Luz Adriana Botero, Universidad del Mar, Oaxaca.

Alumno: Juan Manuel Ley Velarde, Facultad de Ciencias del Mar UAS.

Alumno: Jesús Pérez castillo, Facultad de Ciencias del Mar UAS.

Alumno: Manuel Ricardo Salas Castañeda, Universidad Politécnica de Sinaloa.

Alumno: Yael Andrés Gómez Pérez, Universidad Politécnica de Sinaloa.

Alumno: Mateo Amillano Cisneros, Facultad de Ciencias del Mar UAS.

Alumno: Paul Mendivil Castro, Facultad de Ciencias del Mar UAS.