



# UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Campus Tuxpan

**Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros**

**Distribución y Abundancia de *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis* (Demospongiae: Irciniidae) y su fauna asociada en el arrecife Tuxpan, Veracruz.**

**TESIS**

**Que para obtener el título de:**

**MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS  
MARINOS Y COSTEROS**

**PRESENTA:**

**Biol. María Isabela Cruz Ferrer**

**DIRECTOR:**

**Dr. Carlos González Gándara**

La presente Tesis titulada: "**Distribución y abundancia de *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis* (Demospongiae: Irciniidae) y su fauna asociada en el arrecife Tuxpan, Veracruz**", realizada por la C. Biól. María Isabela Cruz Ferrer, bajo la dirección del Dr. Carlos González Gándara, ha sido revisada y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS**

**CONSEJO PARTICULAR:**



---

**DR. CARLOS GONZÁLEZ GÁNDARA**

**DIRECTOR**

Tuxpan de Rodríguez Cano, Ver; Diciembre 2012.

La presente Tesis titulada: "DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE *Ircinia strobilina* E *Ircinia fistularis* (DEMOSPONGIAE: IRCINIIDAE) Y SU FAUNA ASOCIADA EN EL ARRECIFE TUXPAN, VERACRUZ", realizada por la C. Biol. María Isabela Cruz Ferrer, ha sido revisada y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS**

**COMISIÓN LECTORA:**



---

**DRA. MARITZA LÓPEZ HERRERA**

**LECTOR**



---

**DR. RODRIGO CUERVO GONZÁLEZ**

**LECTOR**

## AGRADECIMIENTOS

*A ti señor Dios:*

*Por el gran poder que ejerces sobre todas las cosas de mi vida. Por ser mi luz y fuerza, nunca en la oscuridad y siempre en tu luz, firme en mis decisiones. Gracias por todo !!*

*A mis padres:*

*Josefina Ferrer Olmos*

*Jaime Cruz Osorio*

*Por su todo su amor, ejemplo, comprensión pero sobre todo por su apoyo incondicional, ser unos padres valiosos llenos de amor, fe y esperanza. Todos mis éxitos son también de ustedes. Los amo!!*

*A toda mi familia tíos, primos, abuelos, y demás personas que hicieron que fuera posible este proyecto, y en especial a la familia Muñoz Bautista por considerarme parte de su familia, fueron un gran apoyo para que yo pudiera concluir esta etapa.*

*Dr. Carlos González Gándara*

*Por su apoyo durante mi carrera profesional, por su paciencia en la revisión y corrección, su gran ayuda en la realización de este trabajo por sus valiosos consejos, y asesoramiento brindado.*

*Y al Departamento Académico para la consolidación del cuerpo académico Ecosistemas Costeros y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero a través de la beca otorgada con número de registro No. 377365.*

*Muchas gracias A la comisión revisora: Mtro. Francisco Javier Martos, Dra. Maritza López Herrera y Dr. Rodrigo Cuervo por su tiempo, paciencia al revisar, hacer correcciones en este trabajo y por sus consejos. A mis amigos (a) y compañeros (a): Mtro. Jimmy Arguelles y biólogo y futuro maestro Vicencio de la Cruz por su apoyo total en todo en los muestreros y en el escrito millones de gracias, a mi amiga y hermana bióloga Ana Nereida por su consejos y apoyo, y al biólogo y futuro máster Alejandro A. Martínez Lacarías por ser un gran amigo, y compañero de viajes gracias por haberme acompañado siempre los dos futuros maestros! Y a muchos más que faltan por mencionar pero que también les agradezco por su amistad en particular a las personas que a pesar de ya no vernos aun siguen siendo mis amig@s: Ivette Belén, Arizai, Sarivel, Marcela, Rodrigo, Yesy, Norma y Naty. Aprovecho este apartado para darle millones de gracias a mis compañeros de la maestría en especial a Italia (Ita), Maura (Maru), Annelis y Claudia, por darme su amistad y apoyo, los quiero mucho chicas!!*

## DEDICATORIA

*A Dios:*

*Por estar siempre conmigo y no dejarme caer, haberme dado el gozo de tener una familia maravillosa, darme la oportunidad de compartir con mis seres queridos tristezas y alegrías en mi vida y dejarme realizar unos de mis grandes anhelos.*

*A mis padres:*

*Son para mí fuente de energía. Por haberme enseñado que "querer es poder" y que siempre con dedicación y empeño se puede lograr grandes cosas en la vida. Por su amor, y confianza. Los amo papas!!!*

*A mis hermanos:*

*Yazmin*

*Jaime*

*Por el apoyo moral que me han brindado y por el cariño que siempre me han dado. Por ser parte de mi vida, y siempre darme más fuerzas para seguir adelante. Gracias. Espero que este logro sirva como ejemplo de que si realmente se desea algo hay que luchar hasta conseguirlo, es difícil llegar a la meta pero tampoco es imposible.*

*A mis Tíos:*

*Julia y Héctor por estar conmigo siempre y por los agradables momentos que pase con ustedes, me hicieron crecer como persona, por las veces cuando estaba triste y ustedes me alentaron y me hicieron sonreír.*

*Mirna, Francisco, Socorro, Regula, a mis abuelos Isabel y Moisés y a toda mi familia por su apoyo moral, porque de una u otra manera influyeron para que lograra llegar a mi meta, de cada uno he aprendido cosas significativas y valiosas.*

*A mis amigos y amigas: por colaborar a que la vida sea más bella, porque la amistad es el afecto más hermoso que se puede dar.*

*SMILE FOREVER!*

## ÍNDICE

	PÁG
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. OBJETIVOS.....	5
IV. ÁREA DE ESTUDIO.....	6
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
VI. RESULTADOS.....	12
VII. DISCUSIÓN.....	26
VIII. CONCLUSIONES.....	33
IX. APLICACIÓN PRACTICA.....	34
X. BIBLIOGRAFIA.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización geográfica del Arrecife Tuxpan y los sitios de muestreo. ....	7
Figura 2.- Formas idealizadas de los individuos del género <i>Ircinia</i> y sus fórmulas volumétricas .....	8
Figura 3.- Abundancia de <i>I. strobilina</i> e <i>I. fistularis</i> por zonas arrecifales.....	12
Figura 4 .- Volumen de las esponjas del genero <i>Ircinia</i> .....	13
Figura 5.- Volumen de <i>I. strobilina</i> , e <i>I. fistularis</i> por zonas arrecifales.....	14
Figura 6.- A. Esponja <i>I. fistularis</i> ; B. Estructura esquelética a 10x.....	15
Figura 7.- A. Esponja <i>I.strobilina</i> ; B. Estructura esquelética a 10x.....	16
Figura 8.- Aporte porcentual de los grupos taxonómicos asociados a <i>I. fistularis</i> e <i>I. strobilina</i> en el arrecife Tuxpan. ....	21
Figura 9. Abundancia relativa de los grupos taxonómicos ligados a <i>I. fistularis</i> e <i>I. strobilina</i> en el arrecife Tuxpan.....	21
Figura 10.- Valores del índice de Shannon relacionados con la fauna asociada a <i>I. fistularis</i> e <i>I. strobilina</i> en el arrecife Tuxpan Ver.....	24
Figura 11.- Valores del índice de Pielou de la fauna asociada a <i>I. fistularis</i> e <i>I. strobilina</i> en el arrecife Tuxpan Ver.....	24
Figura 12.- Valores del índice de Simpson de la fauna asociada a <i>I. fistularis</i> e <i>I. strobilina</i> en el arrecife Tuxpan Ver.....	25

# Distribución y Abundancia de *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis* (Demospongiae: Irciniidae) y su fauna asociada en el arrecife Tuxpan, Veracruz.

Maria Isabela Cruz Ferrer

## Resumen

Con el fin de contribuir al conocimiento de distribución y abundancia de *Ircinia fistularis* e *Ircinia strobilina* en el arrecife Tuxpan Ver., así como aportar datos acerca de su fauna asociada, se realizó este estudio. Para esto se efectuaron censos visuales en la planicie y en las pendientes orientadas al norte, sur, este y oeste, considerando dos estratos de profundidad. Para evaluar la fauna asociada, se colectaron cinco individuos de cada especie. Un total de 73 esponjas fueron avistadas, 44 correspondieron a *I. fistularis* y 29 a *I. strobilina*, ambas fueron más abundantes en la zona sur y no ocurrieron en la parte este. La fauna asociada a las esponjas está representada por 20 especies de invertebrados marinos, 17 para *I. strobilina* y 14 para *I. fistularis*. Los grupos más abundantes y diversos fueron los poliquetos y crustáceos que representaron el 84% del total. El primer grupo fue más abundante para *I. fistularis* (46%) y el segundo para *I. strobilina* (68%). Los valores de los índices de diversidad fueron bajos y parecidos para las dos especies de esponjas. La riqueza y abundancia de la fauna asociada no mostraron relación con el volumen de las esponja. La presencia de *I. fistularis* e *I. strobilina* en el arrecife Tuxpan resulta importante dado que contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad marina al proporcionar microhábitats y alimento para diversos invertebrados marinos.

**Palabras claves:** abundancia, esponjas, fauna criptica, riqueza.

## I.- INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos se consideran como los sistemas más diversos, complejos y productivos de la tierra. Se distribuyen en la mayor parte de las zonas tropicales del mundo y se han convertido en un motor muy importante para el desarrollo económico de algunos países (Tunnell Jr. *et al.* 2010). En estos ecosistemas, la heterogeneidad ambiental es un atributo que divide el espacio para que sea utilizado por los organismos coralinos, su estructura está definida esencialmente por los corales hermatípicos (Jordán, 1993) y albergan a una gran diversidad de habitantes arrecifales. Entre estos, destacan: esponjas, anélidos, moluscos, equinodermos y peces, etc.

Particularmente el Phylum Porífera es uno de los grupos más abundantes y ricos entre las comunidades coralinas, son muy exitosas compitiendo por el espacio, participan en la producción primaria y en la nitrificación mediante asociaciones simbióticas; intervienen en los procesos de bioerosión y calcificación, así también participan en la filtración de partículas suspendidas en la columna de agua por lo cual algunas especies se consideran como indicadoras de perturbación (Alcolado y Herrera-Moreno, 1987). Por otra parte, algunas esponjas sintetizan sustancias bioactivas que han atraído el interés en el área de la farmacología y productos naturales (Wilkinson, 1987).

A pesar de su simplicidad morfológica, la presencia de numerosos canales en las esponjas les permite albergar a muchas especies crípticas, diversos estudios plantean el beneficio que le proveen a la fauna asociada, incluso se ha sugerido que las esponjas son responsables en gran medida, del establecimiento de relaciones ecológicas estrechas (Hendler, 1984; Turón *et al.*, 2000). Por ejemplo, las estructuras esqueléticas y la síntesis de sustancias tóxicas por parte de las esponjas confieren protección a sus simbioses contra la depredación (Westinga y

Hoetjes, 1981; Hendler, 1984). Por otra parte, su actividad filtradora de plancton y partículas orgánicas es una fuente constante de alimento para algunos hospederos (Westinga y Hoetjes, 1981). De acuerdo con Britayev (1998) las relaciones que ocurren entre las esponjas y sus endobiontes pueden ser de: comensalismo, depredación, competencia y parasitismo.

La riqueza y abundancia de la biota asociada a esponjas parece tener una relación con el tamaño de la misma (Pearse, 1932), con la morfología y la textura tisular. En los sistemas arrecifales del Caribe las esponjas pertenecientes al género *Ircinia*, se caracterizan por su tamaño relativamente grande, así como por la presencia de numerosos ósculos y espacios internos disponibles (Carrera, 1993), lo cual implica disponibilidad de refugio. Adicionalmente, su contenido de materia orgánica en sus canales es alta (Parra y Zea, 2003) por lo que los endobiontes pueden disponer de alimento también. Entre los grupos ligados temporal o permanentemente se incluyen: platelmintos, anélidos, cirrípedos, moluscos, anfípodos, isópodos, crustáceos, ofiúridos y tunicados (Kaplan, 1982; Rangel-Campo *et al.*, 2002). Algunos de éstos son habitantes obligatorios, por ejemplo, las especies del género *Synalpheus* (Emmett, 1992). Otros organismos pueden moverse libremente dentro y fuera de ellas, pero están fuertemente relacionados con estas formas de vida, por ejemplo: *Ophiothrix angulata*, *O. reticulata* *O. orstedii* y *O. suensonii*. (Westinga y Hoetjes, 1982; Bejarano *et al.*, 2004).

Considerando que las esponjas del género *Ircinia* son abundantes en los arrecifes de coral veracruzanos y tomando como referencia sus atributos morfológicos, se realizó un estudio acerca de la distribución y abundancia de *I. fistularis* e *I. strobilina* así como de la fauna asociada para determinar sus componentes y su relación con las propiedades morfológicas de las esponjas que permitan conocer su importancia como hospederos arrecifales y valorar su pertinencia como indicadores de perturbación.

## II.- ANTECEDENTES

En el Mar Caribe se han realizado diversas investigaciones taxonómicas y ecológicas sobre esponjas marinas. Entre éstos destacan los trabajos sobre composición y abundancia (Alcolado, 1999; 2002; Wulff, 2000; Valderrama y Zea, 2003; Caballero *et al.*, 2004, De la Nuez *et al.*, 2012) que citan la presencia de alrededor de 500 especies de esponjas.

En las costas del Caribe mexicano y Golfo de México, los trabajos incluyen listas de especies y descripciones taxonómicas (Carter, 1882; Gómez y Green, 1983; Gómez, 1998; 2002) que permiten conocer parte de los componentes del grupo. De acuerdo con Rützler *et al.* (2009) el registro de esponjas para el Golfo de México es de 339 especies. Otros estudios incluyen datos de dinámica poblacional (Núñez-Fernández, 1978; Gómez y Green 1984; Carrera, 1993; Rubio, 1997; Wilson, 2002), distribución y abundancia (González-Sansón *et al.*, 1997 y Díaz *et al.*, 2008; De la Nuez *et al.*, 2012) y el efecto de la complejidad estructural de las comunidades de esponjas (Wulff, 2000; Valderrama *et al.*, 2003) así como las interacciones con otros grupos, por ejemplo: corales y gorgonáceos (González-Sansón *et al.*, 1997).

Otras investigaciones destacan su capacidad antimitótica (Mora-Cristancho *et al.*, 1994) y sus asociaciones con gorgóneas y corales (González-Sansón *et al.*, 1997). Sin embargo se ha abordado pocos estudios sobre la asociación de las esponjas marinas con especies cripticas en los arrecifes de coral, de las cuales resaltan: el mutualismo con anemonas (Wulff, 1997).

Para Veracruz, los estudios sobre esponjas son escasos, entre las investigaciones sobresalen las listas de especies con notas taxonómicas o ecológicas (Green, 1977; López, 1992; García González, 1994; Gómez, 2002; 2007) donde incluso se

citan nuevos registros para México. Para el norte de Veracruz solo existen inventarios con notas ecológicas (Asís, 2006; Mateo, 2008; González-Gándara *et al.*, 2009; Cruz, 2010). En relación a los estudios ecológicos, prácticamente no existen antecedentes, excepto el trabajo de Carrera-Parra y Vargas-Hernández (1997).

La estructura de las esponjas y sus estrategias de alimentación permiten la presencia de numerosas especies, ya que aquellas les brindan un microhábitat (Bejarano y Díaz, 2001). Los estudios que abordan la fauna asociada refieren que la riqueza y abundancia guarda una relación con el tamaño y la morfología de la esponja (Pearse, 1932) y entre los grupos endobiontes están: anélidos, crustáceos y equinodermos (Kaplan, 1982; Carrera, 1993; Rangel-Campo *et al.*, 2002). Los trabajos realizados en México, especialmente los efectuados en el Sistema Arrecifal Veracruzano refieren la presencia de nuevas especies encontradas en esponjas marinas como: *Leucothoe hortapugai*, *Ampelisca burkei*, *Colomastix ircinia*, *Colomastix tridentata* y *Apocorophium acutum* (Winfield *et al.*, 2009; Winfield y Ortiz, 2011) y para el norte de Veracruz no existe ninguna información que refiera a la comunidad faunística asociada a esponjas.

La ausencia de estudios ecológicos sobre esponjas y de su fauna asociada en los arrecifes del norte de Veracruz así como su posible uso como indicadores de perturbación conducen a plantear la presente investigación con base en la siguiente hipótesis

## HIPOTESIS

La heterogeneidad ambiental es un rasgo típico de los arrecifes coralinos que determina los patrones de distribución y abundancia de las esponjas marinas, manifestándose a diferentes escalas. Por lo tanto los atributos morfológicos de las esponjas varían en función de las especies, por lo que su complejidad estructural se relaciona con la riqueza y abundancia de endobiontes asociados.

## III.- OBJETIVOS

### General

Aportar información sobre la distribución y abundancia de *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis*, además de relacionar sus atributos morfológicos con la riqueza, abundancia e índices ecológicos de la fauna críptica asociada a ellas en el arrecife Tuxpan, Veracruz.

### OBJETIVOS PARTICULARES:

- I. Determinar las variaciones espaciales de *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis* en el arrecife Tuxpan, basándose en su distribución y abundancia.
- II. Estimar el volumen de *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis*.
- III. Describir la estructura morfológica de *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis* procedentes del arrecife Tuxpan.
- IV. Determinar los componentes (riqueza y abundancia) de la fauna críptica ligada a *Ircinia strobilina* e *Ircinia fistularis*.
- V. Calcular los valores de los índices de diversidad correspondientes a la comunidad críptica asociada a *I. strobilina* e *I. fistularis*.
- VI. Relacionar los valores de riqueza y abundancia de la fauna críptica con los rasgos de *I. strobilina* e *I. fistularis*.

## IV.- ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT) incluye seis formaciones divididas en dos grupos; el primero formado por los arrecifes: Lobos, Medio y Blanquilla ubicados frente a las costas de Tamiahua y el segundo compuesto por los arrecifes Tuxpan, Enmedio y Tanhuijo localizados frente al municipio de Tuxpan (Figura 1). Geográficamente se ubica entre los 20° 45' y 21° 18' N y entre los 97° 11' y 97° 17' W. Estas formaciones son de tipo plataforma (Rigby y McIntire 1966; Jordán, 1993). El lecho marino de la zona costera cercana a los arrecifes, es de naturaleza arenosa y con una suave pendiente. En la zona arrecifal la profundidad máxima es de 30m, aunque se presentan variaciones importantes en cada arrecife (Universidad Veracruzana, 2003).

### Arrecife Tuxpan

Esta formación coralina se localiza a 12 km con rumbo de 60° al NE a partir de la desembocadura del río Tuxpan. Se encuentra ubicado, entre los 21°02'04" y 21°01'28" N y entre los 97°11'53" y 97° 11'30" W. Tiene una longitud aproximada de 1,500 m en su eje norte-sur, 650 m en su parte central y 1,200 m en su eje este-oeste. Es una estructura de tipo plataforma, elipsoidal con el eje mayor orientado en sentido NO-SE. Presenta un área de 1.4 km<sup>2</sup> con una llanura de 1300 m de longitud máxima, 800 m de anchura máxima y una profundidad promedio de 0.66 m. La parte central del arrecife está formada por sustrato calcáreo arenoso cubierto por *Thalassia testudinum* y erizos, la parte Sur del arrecife se caracteriza por las formaciones de corales pétreos de los géneros *Diploria* y *Monstastrea*, y arena sobre escombros coralino, en la parte Este consiste en fondos cubiertos por arenas gruesas calcáreas y escombros coralinos, estos fondos son producto de la acumulación de material calcáreo que es transportado por el oleaje y las corrientes, y la cobertura biótica es reducida. Hay grandes rocas calcáreas

desprovistas de cobertura coralina, las cuales delimitan la cresta arrecifal, en el Norte se pueden encontrar parches de *Acropora palmata* y de octocorales, en las pendientes de la zona Oeste del arrecife se caracteriza por tener un fondo de tipo arenoso y presenta formaciones dispersas de corales masivos, en las profundidades de 5 a 10 se encuentran cubierto de corales masivos. (Alfaro, 2012; Patiño 2006).

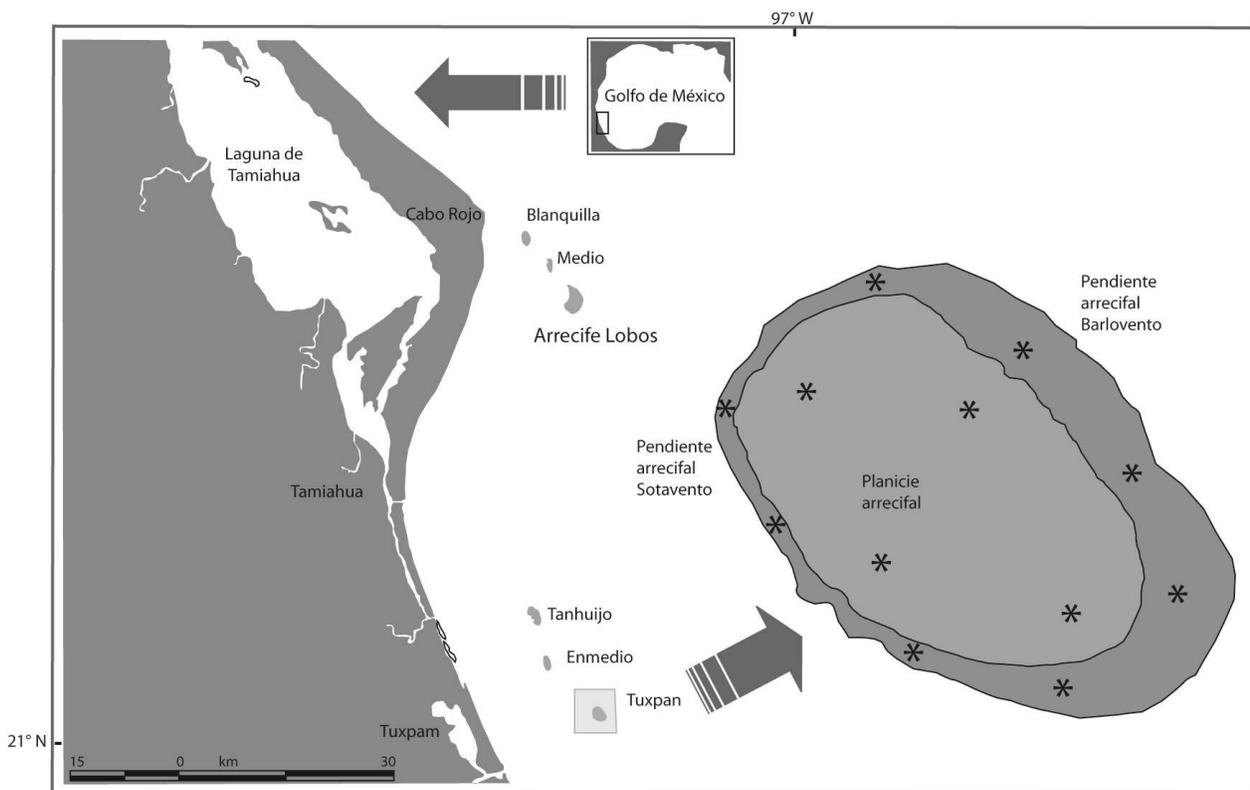


Figura 1.- Localización geográfica del Arrecife Tuxpan y los sitios de muestreo. Tomado y modificado de ReefBase (2011).

## V.- MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó durante el mes Junio 2011. Para estimar la distribución y abundancia de las esponjas arrecifales, mediante buceo libre y con equipo autónomo SCUBA. Los muestreos fueron distribuidos en las siguientes zonas: laguna arrecifal, este, sur, norte y oeste, los últimos cuatro sitios ubicados en las pendientes. Se efectuaron censos visuales utilizando nueve transectos (tres en cada una de las últimas tres zonas) de 10x1m. Durante los censos, se identificaron y contabilizaron los individuos de *I. fistularis* e *I. strobilina*. Adicionalmente se tomaron sus datos de: altura, largo y anchura con una cinta métrica de 1m y aproximación de 0.1cm. Con esto datos se calculó el volumen de acuerdo a su forma (Parra y Zea, 2003), considerando las formas geométricas mostradas en la Figura 2:

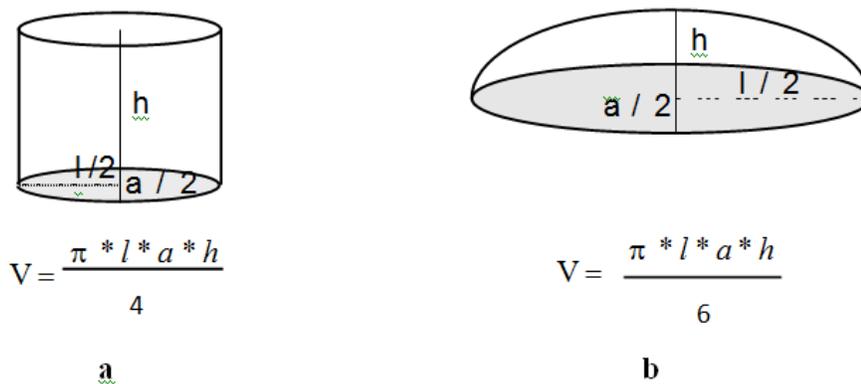


Figura 2.- Formas idealizadas de los individuos del género *Ircinia* y sus fórmulas volumétricas (Parra y Zea, 2003).

Las esponjas se preservaron con una solución de formalina al 10% (diluida con agua de mar) para su posterior análisis anatómico. Para la descripción morfológica se disectaron con un bisturí y se revisaron minuciosamente 10 esponjas (cinco de cada especie) a través de un microscopio de disección. Se describen sus atributos y se midieron los canales, ósculos, etc., siguiendo las descripciones de Eubelaker (1977).

Para analizar la fauna asociada, se colectaron diez ejemplares de *I. fistularis* (5) e *I. strobilina* (5), desprendiéndolos desde su base con un cuchillo de acero inoxidable, luego se colocaron en bolsas de polietileno para evitar la pérdida de organismos que habitan en ellas. Se mantuvieron en agua marina para su relajación, después se agregó agua común para provocar que los organismos salieran de los canales dermales. Los organismos encontrados dentro de las esponjas fueron removidos, separándolos a nivel Phylum y se fijaron en alcohol etílico al 70% para su posterior determinación taxonómica, misma que se efectuó con literatura especializada, Hendler *et al.*, (1995) para equinodermos; Abele y Kim (1986); Vargas y Cortes (1999) para crustáceos, Salazar-Vallejo *et al.* (1989) para poliquetos y Abbott (1999) para moluscos.

Después de la identificación se contabilizaron el número de organismos por especie y con la información recabada se estimaron los índices ecológicos. La riqueza específica considerando el número total de especies presentes en una muestra:

$$N_0 = S.$$

Donde:

S= Número de especies observadas o esperadas en una muestra.

El Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de acuerdo a la expresión:

$$H = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde  $p_i$  es la probabilidad de la ocurrencia de la especie  $i$  y  $\ln$  es el logaritmo de  $p_i$ ;

La equitatividad de Pielou (J) definido por la ecuación:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde  $H'_{max} = \ln(S)$

Índice de Simpson

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Con los datos de riqueza y abundancia se corrió un análisis de la similitud en porcentaje al 90% (SIMPER) para evaluar la contribución de cada componente a la similitud promedio (Bray-Curtis). Los datos de abundancia se transformaron a raíz cuarta para reducir la importancia de valores extremos (especies raras) y tener un ajuste en la formación de los grupos (taxa y especies) de mayor importancia porcentual. El análisis SIMPER se realizó con el programa PRIMER v6 (Clark y Goley, 2006).

Para definir la existencia de diferencias en los valores de riqueza y abundancia entre sitios o entre esponjas se realizó un análisis de varianza de una vía con un

nivel de confianza de 95%, para esto se utilizo el programa STATGRAPHICS Centurión XV 15.1

Para ligar una relación de causa y efecto entre las variables, se realizó una correlación. Esto se llevo a cabo con la ayuda del programa InfoStat.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

$Y_t$ : Variable dependiente, explicada.

$X_1, X_2, \dots, X_p$ : Variables explicativas, independientes o regresores.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ : Parámetros, miden la influencia de las variables explicativas.

Para ambas regresiones se uso un valor de probabilidad de  $p=0.05$

## VI.- RESULTADOS

### Variación espacial de *I. fistularis* e *I. strobilina*

De las 73 esponjas observadas, 44 correspondieron a *I. fistularis* y 29 a *I. strobilina*, ambas fueron más abundantes en la zona sur y no se observaron ejemplares ni en la llanura arrecifal ni en la pendiente de barlovento. De la primera se observaron de dos a ocho especímenes por transecto. Por su parte, *I. strobilina* solo fue registrada en las zonas sur y oeste del arrecife y sus valores de abundancia oscilaron entre dos y siete individuos por transecto (Figura 3). La prueba de ANOVA indica que no existen diferencias significativas ( $F=1.12$ ,  $p=0.3857$ ) en la abundancia de *I. fistularis*, en contraste hubo diferencias significativas para *I. strobilina* entre sitios arrecifales ( $F=61.00$ ,  $p=0.0001$ ), el valor más bajo ocurrió en las zona oeste y el más alto en la zona sur.

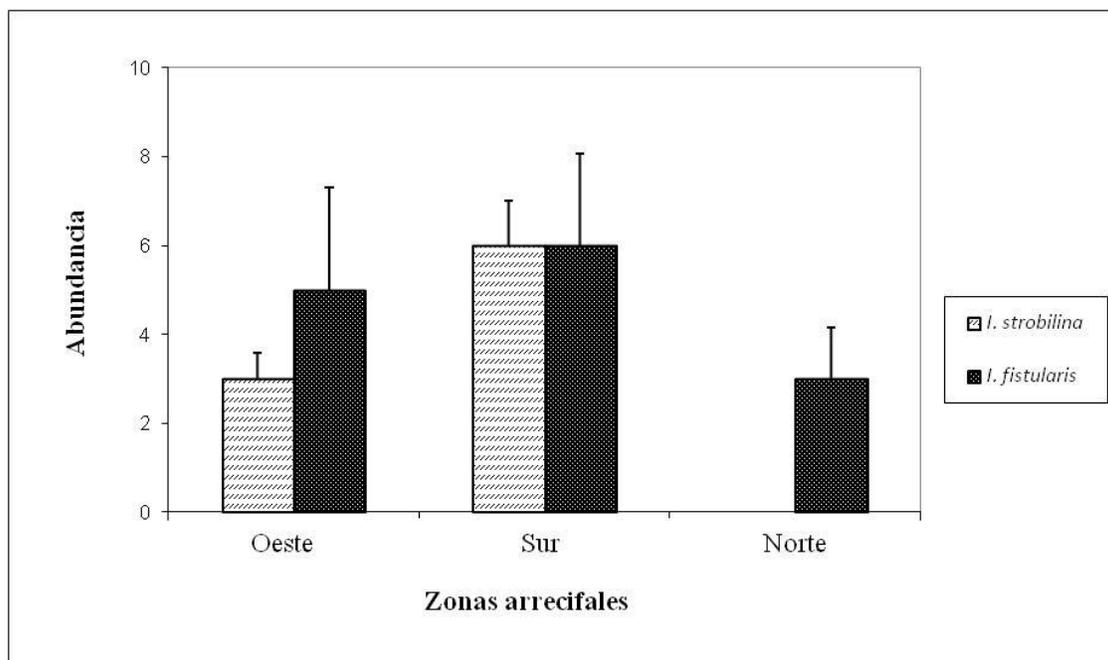


Figura 3.- Abundancia de *I. strobilina* e *I. fistularis* por zonas arrecifales

El volumen de *I. strobilina* osciló entre 47.124 cm<sup>3</sup> y 12095.16 cm<sup>3</sup>, con un promedio de 2,539.43±3,030 cm<sup>3</sup> (Figura 4). Los valores más altos ocurrieron en las esponjas de la parte oeste. De esta especie no se encontraron ejemplares en la zona este, norte y llanura arrecifal (Figura 5). Por su parte, el volumen de *I. fistularis* osciló entre 16.50 y 2591.8, su promedio fue de 650.56±602 cm<sup>3</sup> (Figura 4), mostrando un valor más alto en la zona oeste y más bajo en el norte (Figura 5).

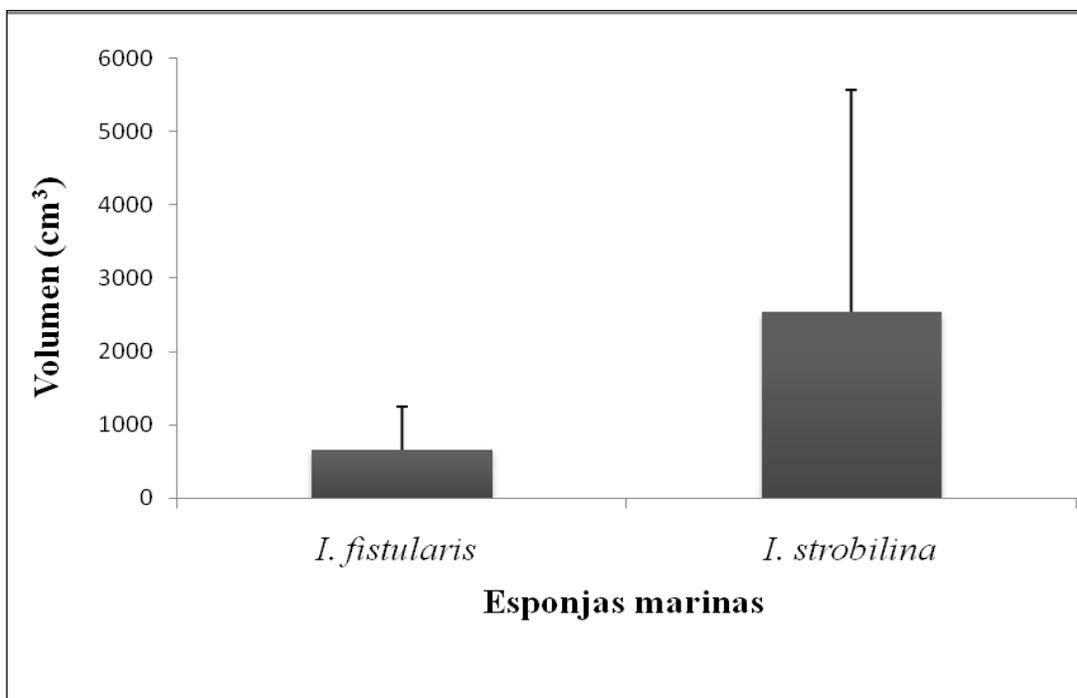


Figura 4 .- Volumen de las esponjas del genero *Ircinia*

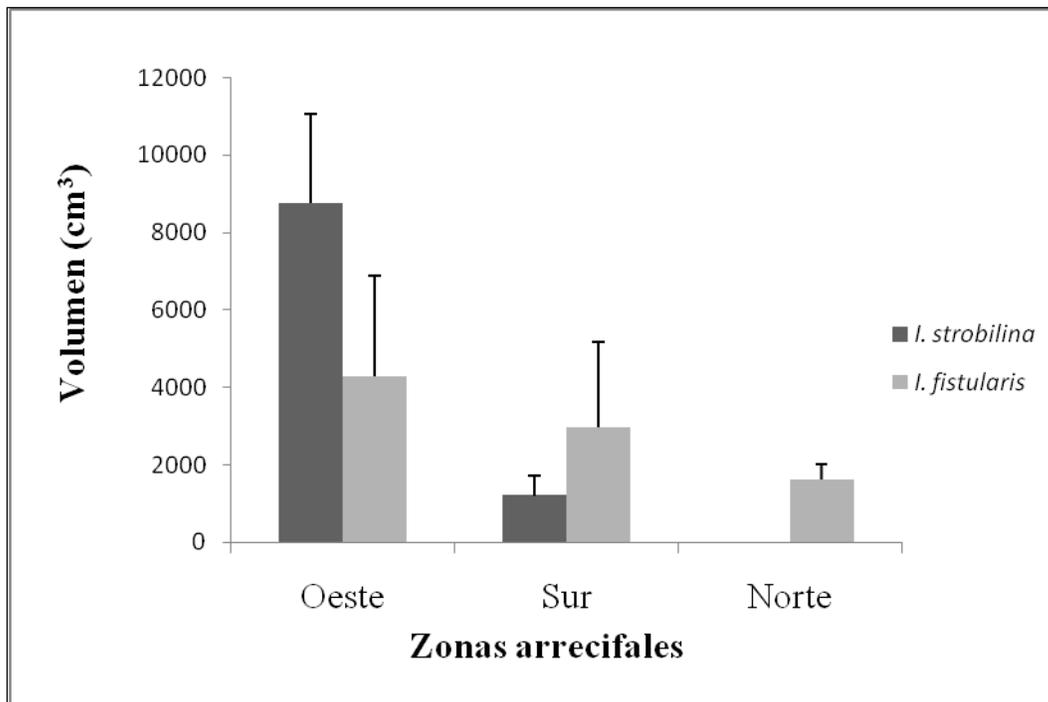


Figura 5.- Volumen de *I. strobilina*, e *I. fistularis* por zonas arrecifales.

### Descripción morfológica:

#### ***Ircinia fistularis***

Las esponjas tienen formas variadas de globular a semiesférica en la parte baja, su forma simula a la de un volcán normalmente. Tienen de 9 a 15 cm de longitud, 7.5 a 14 cm de ancho y 11 a 24 cm de altura. La superficie es de textura suave y regularmente conulosa. Presenta un atrio muy pronunciado de aproximadamente de 6.5 cm de diámetro. Los conulos se elevan hasta 2 mm aproximadamente. Los ósculos son de forma circular con un diámetro de 2 a 5mm, se distribuyen irregularmente en la superficie, la consistencia es compresible, elástica y muy

difícil de rasgar. El ectosoma es rígido y difícil de desprender. Los ejemplares presentan un fuerte olor, típico del grupo, al ser manipulados produce una mucosidad. El coanosoma posee túneles de 1.5 cm aproximadamente de diámetro. El color en vida es café claro, preservada se torna más oscura.

Esqueleto. La estructura esquelética, está formada por una reticulación de fibras fasciculadas de color ámbar, las fibras primarias miden entre 120 a 200  $\mu\text{m}$  de diámetro y contienen material foráneo. Las fibras secundarias tienen un diámetro de 80 a 120  $\mu\text{m}$ , y a veces se entrelazan una con otra, escasamente contienen material foráneo son delgadas, el colágeno fibrilar mide entre 8 a 10  $\mu\text{m}$  y su nodo terminal es circular tienen un diámetro de 10  $\mu\text{m}$  aproximadamente. (Figura 6)

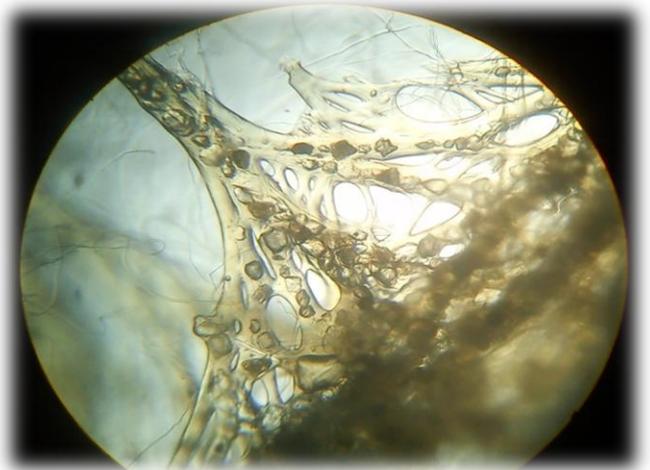


Figura 6.- A. Esponja *I. fistularis*; B. Estructura esquelética a 10x

### ***Ircinia strobilina***

Esponja de forma masiva globular a esférica, de 17 a 33 cm de longitud, 13 a 28 cm de ancho 12 a 25 cm de altura. Generalmente tiene una depresión en la parte superior, que contiene los ósculos agrupados. La superficie es extremadamente conulosa. Los cónulos tienen una altura de 2 a 5 mm. Muchos están unidos por

cúspides. Los ósculos son de forma circular u ovalada con un diámetro de 2 a 6 mm, se distribuyen regularmente en la superficie, la consistencia es suave y compresible y muy difícil de rasgar. El ectosoma es difícil de desprender, forma una malla con muy poca esponjina. La esponja al manipularla produce una mucosidad, y al extraerla del agua posee un olor fuerte y desagradable. El coanosoma posee mucho material foráneo. El color en vida es negro.

Esqueleto. El esqueleto está formado por fibras fasciculadas y ascendentes de esponjina y presentan gran cantidad de material foráneo adherido. En algunas ocasiones la esponjina se presenta formando estructuras laminares en las fibras. En las fibras primarias o ascendentes, tienen un diámetro entre 100 a 200  $\mu\text{m}$ . las fibras secundarias miden entre 75 a 100  $\mu\text{m}$ , se aprecian aberturas irregulares con un diámetro de 75 a 125 micras. (Figura 7)

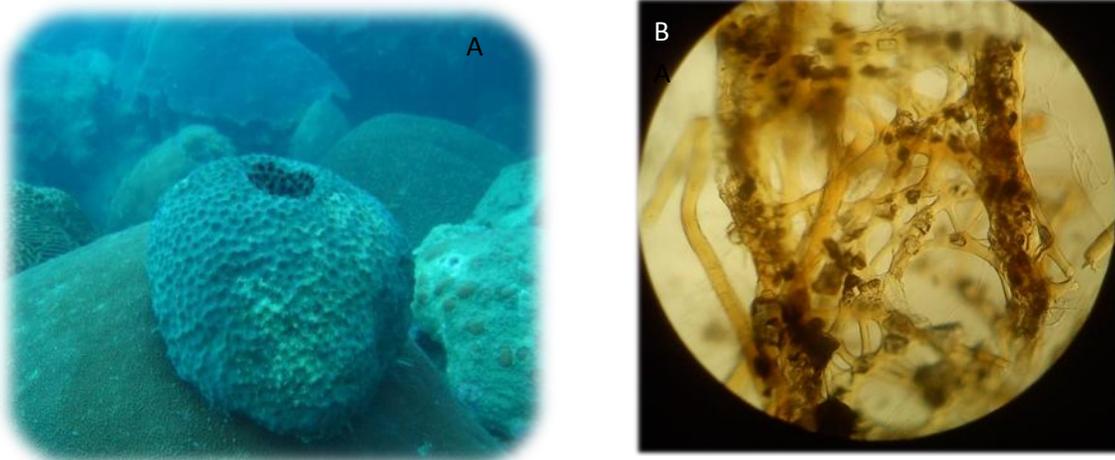


Figura 7.- A. Esponja *I.strobilina*; B. Estructura esquelética a 10x

## **Riqueza y abundancia de las especies asociadas a las esponjas *I. fistularis* e *I. strobilina***

Se registraron un total de 20 especies pertenecientes a siete clases, 12 órdenes y 15 familias. Los grupos más representativos en orden de abundancia fueron: crustáceos, poliquetos, ofiúridos, bivalvos, gasterópodos y sipuncúlidos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Listado sistemático de la macrofauna asociada a *I. fistularis* e *I. strobilina* del arrecife Tuxpan, Veracruz. Se siguió un criterio de ordenación taxonómica de acuerdo a cada phylum: Hendler *et al.* (1995) para equinodermos; Abele y Kim (1986); para crustáceos, Salazar-Vallejo *et al.* (1989) para poliquetos y Abbott (1999) para moluscos.

Listado sistemático

### **Phylum Annelida**

#### **Clase Polychaeta**

Orden Phyllodocea Fauchald, 1977

Familia Nereididae

*Nereis* sp. (Linnaeus, 1758)

Familia Pilargidae

*Litocorsa antennata* (Wolf, 1986)

Orden Eunicida

Familia Eunicidae

*Eunice* sp. (Cuvier, 1817)

Orden Terebellida

Familia Terebellidae

*Polycirrus* sp. (Grube, 1850)

*Loimia medusa* (Savigny, 1822)

Orden Sabellida

Familia Sabellidae

*Megalomma* sp. (Johansson, 1927)

## **Phylum Sipuncula**

### **Clase Sicunpulidea**

Familia Phascolionidae

*Phascolion* sp. (Montagu, 1804)

## **Phylum Mollusca**

### **Clase Gastropoda**

Orden Caenogastropoda

Familia Cerithiidae

*Cerithium litteratum* (Born, 1778)

*Cerithium lutosum* (Menke, 1828)

### **Clase Bivalvia**

Orden Veneroida

Familia Donacidae

*Donax trunculus* (Linnaeus, 1758)

*Donax* sp.

## **Phylum Equinodermata**

### **Clase Ophiuroidea**

Orden Ophiurida

Familia Ophiactidae

*Ophiactis savingyi* (Müller & Troschel, 1842)

Familia Ophiolepididae

*Ophiolepis impressa* (Lütken, 1859)

## **Phylum Arthropoda**

### **Subphylum Crustacea**

#### **Clase Malacostraca**

Orden Decapoda

Familia Alpheidae

*Synalpheus brooksi* (Coutière, 1909)

Familia Porcellanidae

*Pachycheles ackleianus* (Milne-Edwards, 1880)

Familia Dromiidae

*Dromia erythropus* (G. Edwards, 1771)

Familia Hippidae

*Emerita benedicti* (Schmitt, 1935)

Orden Estomatopoda

*Gonodactylus austrinus* (Hansen, 1895)

Orden Amphipoda

Familia Haustoriidae

*Haustorius jayneae* (Foster & LeCroy, 1991)

Clase Maxillopoda

Orden Lepadiformes

Familia Lepadidae

*Lepas anatifera* (Linnaeus, 1758)

Se contabilizaron un total de 292 organismos asociados a las esponjas, de los cuales 106 organismos correspondieron a *I. fistularis* y 186 organismos a *I. strobilina*. Los grupos con mayor abundancia fueron: poliquetos y crustáceos que representaron el 84% del total (Figura 8). Los poliquetos fueron más importantes en *I. fistularis* y representaron el 46% mientras que los crustáceos fueron más abundantes en *I. strobilina* con un 68% (Figura 9).

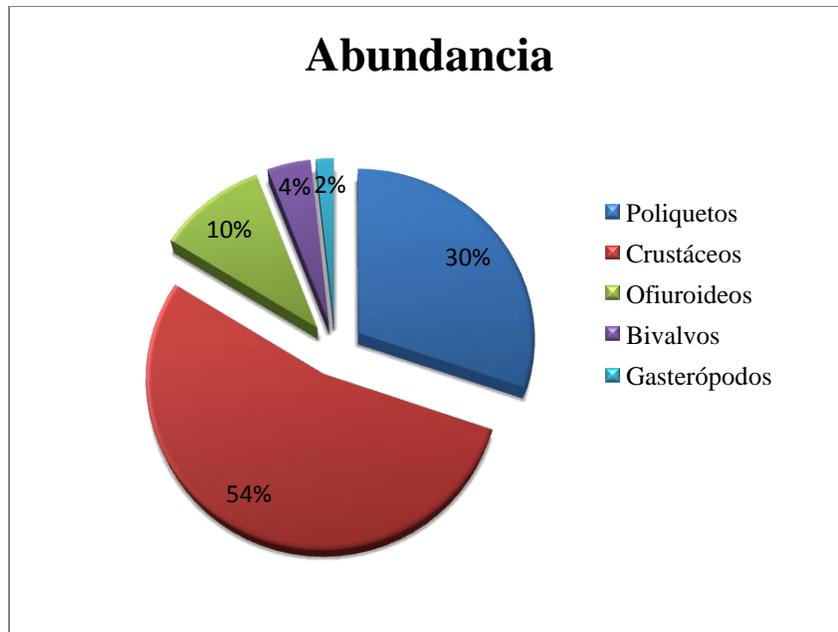


Figura 8.- Aporte porcentual de los grupos taxonómicos asociados a *I. fistularis* e *I. strobilina* en el arrecife Tuxpan.

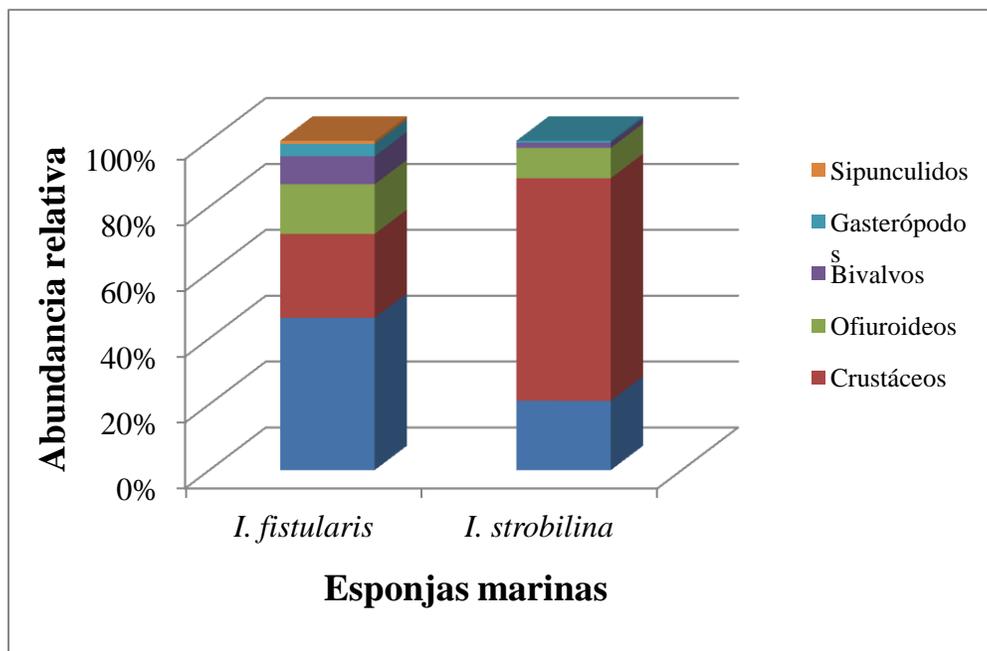


Figura 9. Abundancia relativa de los grupos taxonómicos ligados a *I. fistularis* e *I. strobilina* en el arrecife Tuxpan.

Las especies más abundantes en *I. strobilina* fue representada por crustáceos: *Synalpheus brooksi* y *Pachycheles ackleianus*. Por otro lado en *I. fistularis* se encontró mayor número de organismos de *Eunice* sp., seguido por *Synalpheus brooksi* y *Ophiactis savingyi*. (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Composición y abundancia de las especies asociadas a *I. fistularis* e *I. strobilina*.

<b>Taxón</b>	<b>Especies</b>	<b><i>I. fistularis</i></b>	<b><i>I. strobilina</i></b>
<b>Polychaeta</b>			
	<i>Eunice</i> sp.	17	5
	<i>Litocorsa antennata</i>	10	3
	<i>Loimia medusa</i>	9	7
	<i>Megalomma</i> sp.	3	11
	<i>Nereis</i> sp.	-	4
	<i>Polycirrus</i> sp.	10	9
<b>Sicunpulida</b>			
	<i>Phascolion</i> sp.	1	-
<b>Mollusca</b>			
	<i>Cerithium litteratum</i>	2	1
	<i>Cerithium lutosum</i>	2	-
	<i>Donax</i> sp.	-	1
	<i>Donax trunculus</i>	9	2
<b>Echinodermata</b>			
	<i>Ophiactis savingyi</i>	13	5
	<i>Ophiolepis impressa</i>	3	9
<b>Crustacea</b>			
	<i>Dromia erythropus</i>	-	3
	<i>Emerita benedicti</i>	-	9
	<i>Gonodactylus austrinus</i>	-	3
	<i>Haustorius jayneae</i>	-	14
	<i>Lepas anatifera</i>	10	-
	<i>Pachycheles ackleianus</i>	4	24
	<i>Synalpheus brooksi</i>	13	76

En el análisis de contribución de las especies asociadas a *I. fistularis* e *I. strobilina* nos señala que el crustáceo *Synalpheus brooksi* presentó el valor mas alto 25.73%, seguido por el poliqueto *Loimia medusa* con un 13.06%, mientras que la menor contribucion fue de *Ophiolepis impressa* con 4.03 % (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Análisis de contribución de las especies asociadas a *I. fistularis* e *I. strobilina*

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Synalpheus brooksi</i>		1.14	8.58	1.11	25.73	25.73
<i>Loimia medusa</i>		0.74	4.36	0.65	13.06	38.79
<i>Eunice sp</i>		0.79	3.81	0.67	11.43	50.22
<i>Ophiactis savingyi</i>		0.68	2.97	0.52	8.92	59.13
<i>Litocorsa antennata</i>		0.61	2.5	0.51	7.5	66.63
<i>Polycirrus sp.</i>		0.66	2.39	0.52	7.15	73.78
<i>Donax trunculus</i>		0.51	1.85	0.36	5.54	79.32
<i>Pachycheles ackleianus</i>		0.58	1.48	0.38	4.42	83.74
<i>Megalomma sp.</i>		0.51	1.44	0.38	4.32	88.06
<i>Ophiolepis impressa</i>		0.48	1.35	0.39	4.03	92.09

De acuerdo al índice de Shannon-Wiener, *I. fistularis* e *I. strobilina* mostraron valores similares de diversidad, 1.70 y 1.67 respectivamente (Figura 10), así mismo estas dos especies fueron equitativamente semejantes el valor más alto fue de *I. fistularis* (0.93), (Figura 11), por lo contrario el valor de dominancia para esta especie muestra un valor bajo (Figura 12)

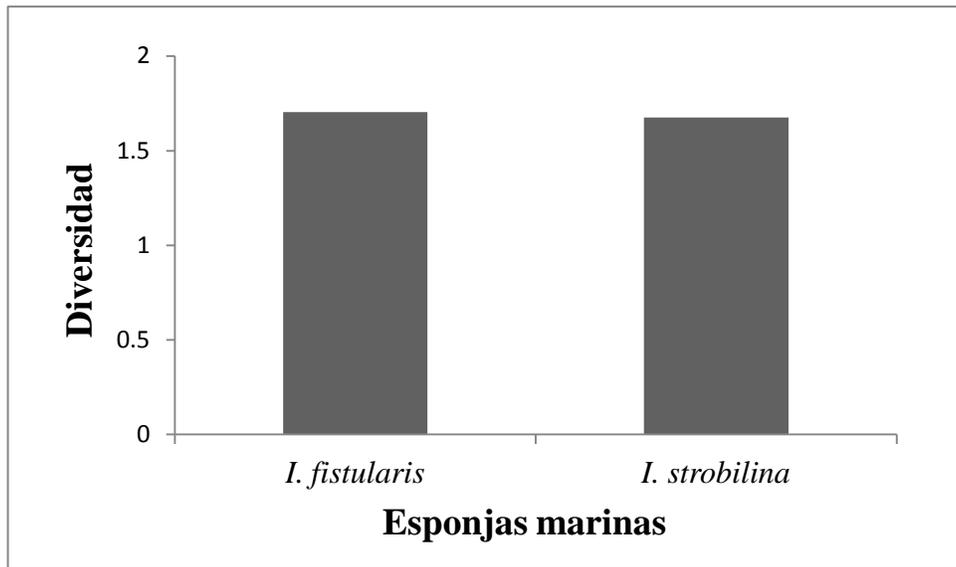


Figura 10.- Valores del índice de Shannon relacionados con la fauna asociada a *I. fistularis* e *I. strobilina* en el arrecife Tuxpan Ver.

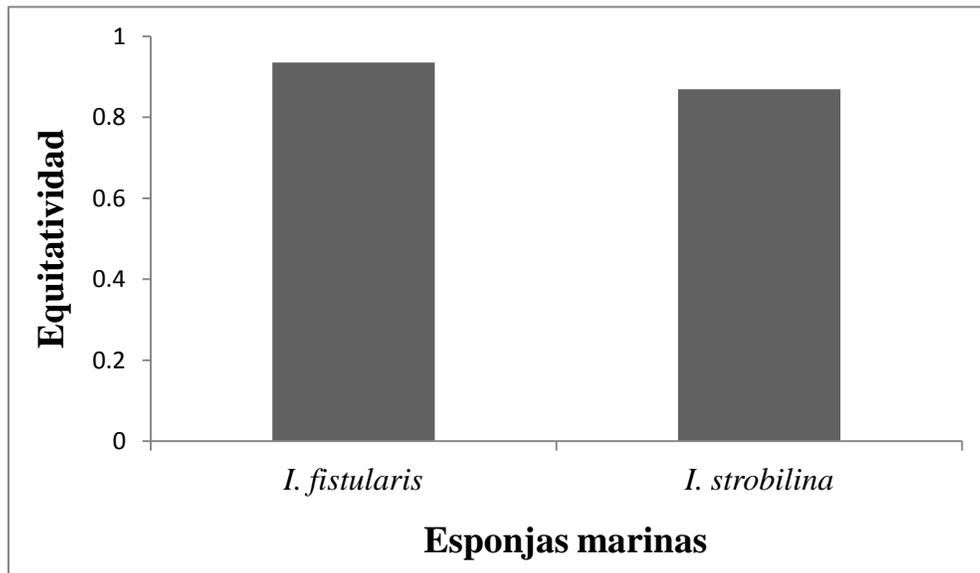


Figura 11.- Valores del índice de Pielou de la fauna asociada a *I. fistularis* e *I. strobilina* en el arrecife Tuxpan Ver.

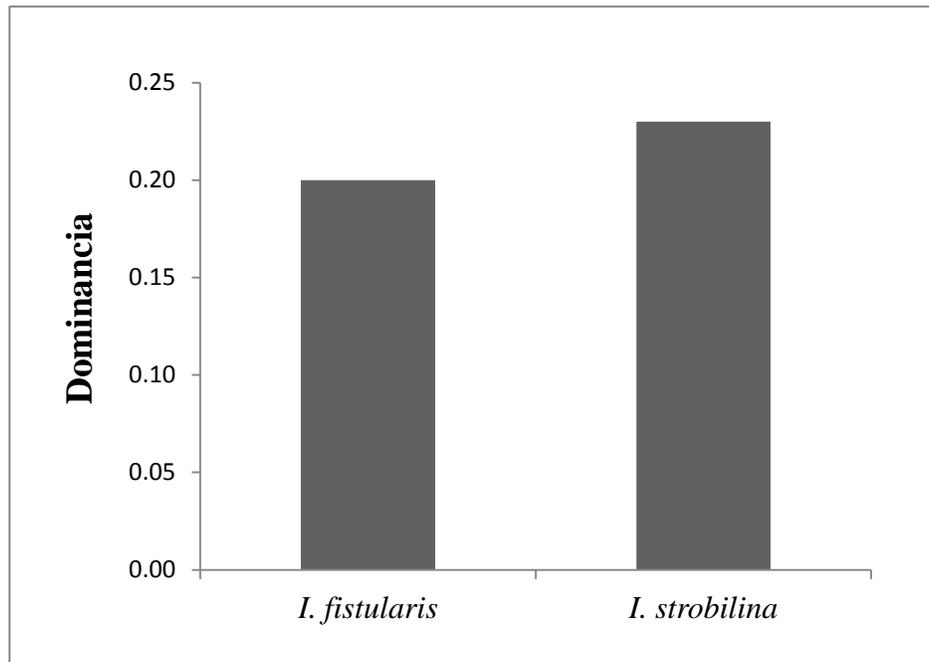


Figura 12.- Valores del índice de Simpson de la fauna asociada a *I. fistularis* e *I. strobilina* en el arrecife Tuxpan Ver.

En el análisis de Spermán se muestra una correlación muy baja (0.5) con respecto al volumen y abundancia. Por otra parte este mismo análisis demuestra que no hay una relación con el volumen y la riqueza considerando ambas especies.

## VII.- DISCUSIÓN

Los arrecifes coralinos del mar Caribe sostienen una mayor biomasa de esponjas comparada con los del Indo-Pacífico, esto al parecer se debe a una mayor productividad en el Mar Caribe. Así las localidades cercanas a las fuentes de descarga continental presentan mayor turbidez y material orgánico suspendido que aumentan la abundancia de las esponjas marinas (Zea, 1994). El arrecife Tuxpan, presenta áreas con diferente geomorfología que se relaciona con el desarrollo coralino y parece tener relación con la presencia y la forma de las esponjas del género *Ircinia*, en la zona protegida de sotavento, existe un mayor desarrollo coralino (Chicato, 2001), en cambio en barlovento el oleaje es más intenso, esta característica biológica ocurre en varios arrecifes como en el arrecife Tuxpan (Martos, 1993) Por esto, este grupo no se observó en la zona este (barlovento), en el norte las esponjas fueron bajas y casi planas. En contraste en la parte sur y oeste las esponjas presentaron sus tallas mayores y fueron abundantes. En particular, el mayor número de organismos de *I. fistularis* se detectó en la zona oeste y norte, mientras que, en la zona Sur predominó *I. strobilina*. En general, la primera fue más abundante y de más amplia distribución, ambas requieren de un sustrato duro para establecerse. Estas especies son citadas por Patiño (2006), Asís (2006), Mateo (2008) y Cruz (2010) como parte de la fauna de los arrecifes Tuxpan, Enmedio y Lobos, y se distribuyen especialmente en la zona de corales masivos, donde la cantidad de sedimentos en suspensión es mayor y al tal vez su talla así como su abundancia están relacionados con la disponibilidad de sedimentos, ya que éstos contienen materia orgánica la cual es utilizada en el proceso de alimentación. Otro aspecto que define la distribución es el tipo de sustrato, por ejemplo los géneros *Spongia* e *Hippospongia* prefieren el sustrato duro (Blanco y Formoso, 2009), en este sentido tanto *I. fistularis* como *I. strobilina* se observaron sobre sustrato duro pero ambas fueron más abundantes

en sotavento (Figura 3). Maldonado y Young (1998) registraron una alta abundancia de *I. felix* en zonas someras protegidas o encerradas en el Mar Caribe, lo cual permite deducir que los requerimientos de cada especie son variables. Un aspecto relevante es que, la abundancia de *Ircinia strobilina* en el Caribe era alta en la década de los ochenta, pero en los noventa prácticamente desapareció (Wolf, 2006) posiblemente por esta razón de la Nuez-Hernández *et al.* (2012) la citan como parte de la fauna pero no entre las más abundantes en el Archipiélago de los Colorados, Cuba, las cuales fueron: *Aplysina cauliformes*, *A. fistularis*, *I. felix* y *C. aprica*.

La familia Irciniidae se caracteriza por una red esquelética anastomosada de fibras de esponjina y todas las esponjas de esta familia poseen filamentos que salen de los ósculos en las fibras primarias y secundarias que se alargan formando nudos debido al pequeño número de ósculos (Ja Sim y Jin Le, 2004). Normalmente presentan material foráneo que les confiere un fuerte olor (típico del grupo) el cual al ser manipulados produce una mucosidad (Green, 1977). *I. strobilina* presentó los valores más altos de longitud, anchura, altura y volumen comparada con *I. fistularis* de la cual además, se distingue fácilmente por su forma. Los ósculos de forma circular u ovalada son ligeramente mayores en esta especie y se distribuyen de forma más regular en relación con *I. strobilina*, lo cual puede marcar diferencias en las especies que las ocupan así como en su abundancia.

*Ircinia strobilina* es una especie de gran tamaño, según Gómez (2002) puede llegar hasta 50cm de diámetro mientras que *I. fistularis* alcanza 35cm de altura y 12 cm de diámetro en el Golfo de México y el Caribe. Esta información contrasta con los registros de Parra y Zea (2003) quienes citan que, *I. fistularis* no sobrepasa los 20cm de altura: En el arrecife Tuxpan el valor más alto para esta especie fue de 25 cm y para *I. strobilina* se estimó un diámetro máximo de 30 cm. El tamaño de estas especies parece guardar relación con la cantidad de materia orgánica suspendida la cual es su fuente principal de alimento

(Parra y Zea, 2003). Las diferencias en la organización del sistema acuífero de estas esponjas en relación con la forma definen la eficiencia alimentaria (Pile, 1997) lo cual se traduce en el crecimiento de los organismos. Los factores bióticos y abióticos, tales como el movimiento del agua, la sedimentación y la luz se relacionan con la forma o el tamaño de las esponjas (Carballo, 2001).

La estructura de las esponjas favorece la incorporación de numerosas especies que encuentran en sus canales y atrios espacios que los resguardan de los depredadores o que les brindan alimento, de esta forma se han establecido relaciones estrechas entre las esponjas y los: cnidarios (Swain y Wulff, 2007; Montenegro, 2010), moluscos (Knowlton y Highsmith, 2005), crustáceos (Saito *et al.*, 2002; Winfield *et al.*, 2009; Winfield y Ortíz, 2011) y equinodermos (Wulff, 2006). En estas interacciones, la morfología de las esponjas juega un rol fundamental, por ejemplo, Parazoanthus y Epizoanthus seleccionan a las esponjas atendiendo a su forma (Montenegro, 2010) y algunos simbioses prefieren las esponjas de zonas someras (Restinga y Hoetjes, 1981) o bien disminuyen o se pierden con la profundidad (Maldonado y Young, 1998)

La heterogeneidad ambiental ha sido asociada generalmente con el área, incrementándose aquella a medida que aumenta el área posibilitando una mayor riqueza específica, sin embargo este patrón no se cumple. Uebelacker (1977) no detectó un mayor número de hábitats cuando se incremento el tamaño de la esponja, por ejemplo, *Gellioides digitalis* presenta tres ambientes, el externo que favorece el establecimiento de anémonas, la porción del vaso que almacena: ofiuras, camarones, anfípodos y peces y los interespacios de fibras de esponjina que ocupan poliquetos, copépodos y otros organismos.

La riqueza específica de los simbioses se relaciona con las especies de esponjas, Carrera-Parra y Vargas-Hernández (1997) determinaron que *I. strobilina* en el arrecife Isla de Enmedio, Veracruz presentó la mayor riqueza con 63 especies mientras que *Amphimedon viridis* solo mostró dos, estos autores argumentan que

esos contrastes resultan del tamaño de los ósculos y de los canales internos además de la biomasa de la esponja hospedera. Para el arrecife Tuxpan, se registraron 14 especies en *I. fistularis* y 17 para *I. strobilina*, lo cual coincide en general con los datos anteriores en el sentido de que la segunda especie es más rica aunque su diversidad específica es más baja. Más contrastantes aún, son los registros de Villamizar y Laughlin (1991) efectuados en *Aplysina lacunosa* originarias del Caribe donde determinaron 139 especies y con las observaciones de Duarte y Nalesso (1996) quienes investigando a *Micala angulosa* procedente de Sao Paulo, Brasil reportan 92 especies. Las variaciones puede ser resultado del tamaño de muestra que fue mayor en estos últimos casos, pero también puede explicarse por la existencia de un gradiente de diversidad, tal como ha sido sugerido para los corales escleractinios (Chávez, 2009) y los octocorales (Jordan, 2002), que marca una mayor biodiversidad en el Caribe en relación con el Golfo de México y particularmente con los arrecifes de Veracruz.

Tanto en *I. fistularis* como en *I. strobilina*, los poliquetos, crustáceos y equinodermos fueron los grupos taxonómicos más abundantes, lo cual coincide con las observaciones de Carrera-Parra y Vargas-Hernández (1997) en esponjas de Veracruz. Otros trabajos refieren a un grupo en particular, por ejemplo, Molina-Ramírez (2003) reportó a los poliquetos como el más importante en esponjas de Isla Contoy, Quintana Roo. Por su parte, Ribeiro *et al.*, (2003) citan a los anfípodos como dominantes en *M. microsigmatosa* de Río de Janeiro, Brasil. La ocurrencia de los tres grupos citados parece relacionarse con los espacios disponibles en las esponjas, ya que se pueden encontrar tanto en la pared externa como en los canales, además que la mayoría de ellos tienen la capacidad de perforar el tejido de las mismas y otros se alimentan de la esponja, tal es el caso de copépodos, anfípodos, isópodos y alfeídos (Mariani y Uriz, 2001).

En general, el grupo de los crustáceos fue el dominante en ambas especies de esponjas, pero a nivel específico hay diferencias, los poliquetos dominaron en *I. fistularis* y los crustáceos en *I. strobilina* (Figura 7). Carrera-Parra y Vargas-

Hernández (1997) detectaron que tanto poliquetos como crustáceos y equinodermos mostraron una mayor riqueza en *I. strobilina*, donde las especies más abundantes fueron: *Parahaustorius attenuatus* (anfípodo) *Loimia medusa* (poliqueto) y *Ophiactis savignyi* (equinodermo).

En relación con la abundancia, los poliquetos presentaron valores parecidos (88 organismos) a los registrados por Carrera-Parra y Vargas-Hernández (1997) en *I. strobilina* (97 individuos). Por otra parte, Rodríguez-Hernández (1997) registró 838 organismos de poliquetos en esponjas colectadas a una profundidad de 7 a 25 m donde *Haplosyllis spongicola* fue la especie más abundante. Para el caso del arrecife Tuxpan, el poliqueto de mayor abundancia fue *Eunice* sp, éstos probablemente encuentren más espacios en *I. fistularis*, lo cual explica su abundancia. Por lo que toca a los crustáceos, la especie más abundante en las esponjas del arrecife Tuxpan fue *Synalpheus brooksi*, Pearse (1995) y Carrera-Parra (1993) reportan a: *Synalpheus minus* y *Gonodactylus* como las de mayor abundancia. La relación de *Synalpheus* con las esponjas es muy estrecha, existiendo una eusocialidad que también se presenta en: *Synalpheus chacei*, *S. regalis*, *S. bousfieldi* y *S. brooksi* entre otras especies. Todo parece indicar que la anchura del cuerpo del crustáceo está relacionada con el diámetro de los canales de las esponjas (Duffy, 1992; 2002). Adicionalmente, la mayoría de los organismos detectados correspondieron a hembras ovígeras y juveniles, lo cual refuerza la importancia de las esponjas como hábitat o como área de crianza y alimentación ya que es probable que los camarones se alimenten principalmente de materia orgánica producida por la esponja. Por otra parte, el rol de las esponjas como áreas de refugio parecen evidentes con los registros de Winfield y Ortíz (2011) de dos especies invasoras: *Ampelisca burkei* y *Colomastix ircinia* asociadas a *I. fistularis* e *I. strobilina* en el SAV.

El grupo de los equinodermos fue común, particularmente en *I. fistularis*, se determino la presencia de: *Ophiactis savignyi* y *Ophiolepis impressa*. Duarte y Nalesso (1996), también detectaron a este grupo como uno de los más relevantes

en *M. microsigmatosa* y algo parecido citan Carrera-Parra y Vargas-Hernández (1997) refiriendo a *O. savignyi* como la más abundante en las esponjas del arrecife Isal de Enmedio, Veracruz, donde *I. strobilina* presentó la mayor riqueza específica de equinodermos asociados. Un aspecto importante es que los ofiuroides ocupan casi todos los espacios disponibles en las esponjas y es común encontrarlas en grandes cantidades.

La diversidad y equidad son relativamente iguales en las dos especies de esponjas. *I. fistularis* presentó los valores más altos ( $H' = 1.704$ ,  $J' = 0.935$ ), lo cual coinciden con los datos de Rodríguez-Hernández (1997) pero no así con los de Carrera-Parra y Vargas-Hernández (1997) quienes citan valores hasta de 4.59bits, lo cual manifiesta una baja equidad y por tanto la dominancia de algunas especies, tales como: *Synalpheus brooksi* y *Pachycheles ackleianus*, éstos además ocupan al máximo los espacios disponibles en el interior de estas esponjas.

Los atributos morfológicos, especialmente los relacionados con sus dimensiones a menudo marcan una correlación positiva con la riqueza y abundancia de la macrofauna asociada (Pearse, 1932; Duarte y Nalesso, 1996) pero no es un patrón generalizado, por ejemplo *Sphaciospongia vesparia*, únicamente presentó correlación en aquellas esponjas menores a un litro y algo parecido ocurrió en *I. fasciculata* y *Agelas oroides* (Koukouras *et al.*, 1985). En las esponjas analizadas en el arrecife Tuxpan no se encontró una relación positiva de la riqueza y abundancia con el volumen de *I. strobilina* e *I. fistularis*, lo cual puede atribuirse al tamaño de muestra o bien a que existen numerosos espacios disponibles y pocos elementos que los puedan ocupar. Además, la edad de la esponja, el aislamiento, la profundidad del agua, la latitud y la especiación de la criptofauna pueden ser otros factores que afectan a la riqueza de especies de los asociados a las esponjas (Cerrano *et al.*, 2006).

En los arrecifes coralinos hay una gran diversidad de esponjas que para Veracruz es de 46 especies (Gómez, 2007) pero que seguramente es mucho mayor, juegan

un papel muy importante como hábitat y el conocimiento de sus componentes, distribución abundancia permiten valorar su relevancia como hospederos de la fauna críptica. En el caso particular de las esponjas *I. fistularis* e *I. strobilina* por sus dimensiones y su estructura basada en fibras de espongina además de su ubicación en las zonas donde hay más material suspendido las convierte en espacios adecuados para el establecimiento de comunidades especiales representadas por tres de los grupos más importantes en los arrecifes coralinos: poliquetos, crustáceos y equinodermos. Adicionalmente parte de esa fauna corresponde a etapas: larvales, juveniles o reproductivas que fortalecen la importancia de las esponjas no solo como un espacio para alojarse sino también como un área de crianza y alimentación que favorece la diversidad biológica de los arrecifes coralinos. Esto permite deducir que las esponjas marinas proveen diversas funciones ecológicas y su disminución puede modificar desfavorablemente la biodiversidad de estos ecosistemas.

## VIII.- Conclusión

Se observaron en total 73 esponjas en el arrecife Tuxpan, de las cuales 44 individuos correspondieron a *I. fistularis* y 29 a *I. strobilina*. La mejor distribuida en el arrecife es *I. fistularis*.

*I. strobilina* presentó un volumen que oscilo entre 47.124 cm<sup>3</sup> y 12095.16 cm<sup>3</sup>. Los valores más altos ocurrieron en la parte oeste, y el volumen de *I. fistularis* oscilo entre 16.50 y 2591.8 cm<sup>3</sup>, mostrando el valores más altos hacia la zona oeste y el más bajo al norte.

Los ejemplares observados de *I. fistularis* presentaron una forma que simula a la de un volcán normalmente, por su parte *I. strobilina* generalmente posee una forma semiesférica.

Un total de 292 organismos se encontraron en los intersticios de las esponjas, *I. fistularis* presento 106 e *I. strobilina* 186 ejemplares. La macrofauna asociada esta representa por 20 especies, repartidas en 15 familias, 12 órdenes, 7 clases y 6 phylum: crustáceos (156 organismos), poliquetos (88 organismos), ofiúridos (30), bivalvos (12), gasterópodos (5) y sipunculidos (1).

De acuerdo al indice de Shannon-Wiener, *I. fistularis* e *I. strobilina* mostraron valores similares de diversidad, asi mismo estas dos especies fueron notablemente equitativas.

En el análisis de Sberman se muestra una correlación muy baja (0.5) con respecto al volumen y abundancia. Por otra parte este mismo análisis demuestra que no hay una relación con el volumen y riqueza considerando ambas especies.

## IX.- Aplicación práctica de trabajo

Los sistemas arrecifales localizados en las costas del estado de Veracruz, al igual que el arrecife Tuxpan, están sujetos a una fuerte presión ambiental debido al creciente desarrollo portuario, de la industria petrolera y otras actividades humanas como la pesca y el turismo; sin embargo, el conocimiento de la diversidad biológica de estos ecosistemas aún es incipiente, particularmente para los arrecifes del norte de Veracruz (González-Gándara *et al* 2009).

Las esponjas marinas además de ser importantes microhábitats en ambientes marinos y costeros, cuentan con un enorme potencial para registrar cambios ambientales en el mar, por lo que se consideran uno de los mejores indicadores de cambio climático al igual que la mayoría de su fauna críptica, como por ejemplo, los poliuetos (Rivero *et. al.*, 2005).

Los valores de diversidad encontrados en este estudio aunque no son altos, nos dan una idea de la importancia que representan las esponjas del genero *Ircinia* para la fauna críptica en los sistemas arrecifales. La presencia de: crustáceos, poliuetos, moluscos y equinodermos es de vital importancia para mantener la estructura y el funcionamiento arrecifal. Un aspecto relevante fue la presencia de etapas reproductivas de crustáceos en las esponjas, lo cual marca el papel de estos organismos para evitar la depredación. Por otra parte, muchas especies de interés pesquero, como los negrillos, pargos, etc., fundamentan su alimentación en los crustáceos.

La información insuficiente con respecto a la localización de “puntos críticos” de la biodiversidad, fuentes de reclutamiento y áreas “en riesgo.

El SALT fue declarado un área protegida en el 2009, con el carácter de área de protección de flora y fauna. Los resultados obtenidos, servirán para la toma de decisiones futuras en materia de planeación, ordenamiento que permitan plantear un manejo para la conservación, especialmente porque las esponjas al igual que

otros organismos arrecifales desempeñan un rol en el funcionamiento del sistema. Además con los datos generados en este trabajo se contribuye al desarrollo del conocimiento de la biodiversidad mexicana, ya que a pesar de la amplia gama de roles funcionales realizadas por esponjas marinas están todavía insuficientemente representadas en muchos programas de investigación, vigilancia y conservación. Por otra parte, esponjas y sus simbioses representan ejemplos extraordinarios de coevolución y se puede considerar un depósito y una fuente de la biodiversidad, hasta ahora en gran parte sin explorar.

Esta información ayudara a un mejor entendimiento de los complejos ecosistemas arrecifales coralinos mejorará la gestión y conservación de estos valiosos recursos.

Sin duda, aún existe una gran cantidad de especies de invertebrados en Veracruz que no han sido documentadas, por lo cual es imprescindible la conservación y restauración de las áreas naturales y el establecimiento de un plan de desarrollo económico sostenible, cuyo eje sea la conservación y el uso racional de los recursos naturales.

## X.- BIBLIOGRAFÍA

- Abele, L.G. y W. Kim. 1986. An illustrated guide to the marine decapod crustaceans of Florida. Florida Department of Environmental Regulaci3n Technical Series. 8: 1-760.
- Alcolado, P. 1999. Comunidades de esponjas de los arrecifes del Archipi3lago Sabana-Camagüey, Cuba. Bolet3n de Investigaciones Marinas y Costeras 28: 95-124.
- Alcolado, P y A. Herrera. 1987. Efectos de la contaminaci3n sobre las comunidades de esponjas en el litoral de la Habana, Cuba. Reporte de Investigaci3n. Instituto de Oceanolog3a Academia de Ciencias de Cuba. 68:1-17.
- Alfaro, G. K. 2012. Modelo de distribuci3n del h3bitat bent3nico para el arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan M3xico. 78 pp.
- As3s, U. A. 2006. Estudio comparativo de esponjas marinas en dos arrecifes del norte de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, M3xico. 49p.
- Bejarano, S., S. Zea y J. M. D3az. 2004. Esponjas y otros microh3bitats de ofiuras (Echinodermata: ophiuroidea) en ambientes arrecifales, del Archipi3lago de San Bernardo, Caribe Colombiano. 33(1): 29-47.

- Britayev, T.A. & Zamyshliak, E.A. 1998. Association of the commensal scaleworm *Gastrolepidia clavigera* (Polychaeta: Polynoidae) with holothurians near the coast of South Vietnam. *Ophelia* 45, 175-190.
- Caballero, H., P. Chevalier, P. Galia, V. Cárdenas, P. Pérez-Hernández y A. García. 2004. Componentes más comunes de la fauna del arrecife de coral de la costa oriental de Bahía de Cochinos, Cuba: corales, esponjas, gorgonáceos y peces. *Revista de Investigaciones Marinas*. 25(1): 37- 44.
- Carballo, J. L. 2006. Actualización e incorporación de nuevos registros a la fauna de esponjas del litoral Pacífico de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. AA004 México D. F.
- Carrera, P. L. 1993. Estructura de la comunidad crítica asociada a las esponjas de la Isla de Enmedio, Veracruz México. Tesis Profesional. Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 45p.
- Carter, H. J. 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):226-301.
- Chicatto, L. M. A. 2001. Comparacion de la estructura comunitaria de los corales petreos en cuatros sectores del arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biologicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, Mexico. 36p.
- Clarke, K. R. y R. N. Gorley. 2006. PRIMER v6: user manual/tutorial. PRIMER ELtd. 191p.
- Cruz-Ferrer, M. I. 2010. Esponjas marinas del arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de

Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 55 p.

De la Nuez-Hernández, D., L. Busutil y A. Pérez-Ángulo. 2012. Diversidad y abundancia de las esponjas de los bajos de Sancho Pardo, Archipiélago de los Colorados, Cuba. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*. 3:139-152

Duarte, L. F. L., y Nalesso, R. C. 1996. The sponge *Zygomycale parishii* (Bowerbank) and its endobiotic fauna. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 42, 139–151

Duffy, J.E. 1992. Host use patterns and demography in a guild of tropical sponge-dwelling shrimps. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 90: 127-138.

Duffy, J.E. 2002. The ecology and evolution of eusociality in sponge-dwelling shrimp. In: Kikuchi T (ed) *Genes, Behavior, and Evolution in Social Insects*. University of Hokkaido Press, Sapporo, Japan

Gómez, L. P. y G. Green. 1983. Sistemática de las esponjas marinas de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México, 11(1): 65-90.

Gómez, P. 2002. *Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe*. AGT Editor, S.A., México D.F. 134 pp.

Gómez, P. 2007. Inventario de las esponjas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, con nuevos registros de especies (Porífera: Desmospongiae). In: A. Granados Barba, L. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández. Eds. *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. 51-72.

- González, S. G. y E. De la Guardia. 1997. Asociación de las esponjas gorgóneas y corales en un arrecife de la Costa Noroccidental de Cuba I; distribución espacial de biotopos. *Revista Investigaciones Marinas*. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana. 18(3): 198-207.
- González-Gándara, C. 2003. Ictiofauna de los Arrecifes Coralinos del Norte de Veracruz. *Anales del Instituto de Biología Universidad Autónoma de México. Serie Zoológica*. 74(2):163-177.
- González-Gándara, G., C., A. Patiño García, U. Asís Anastacio, A. Serrano y P. Gómez. 2009. Lista de esponjas marinas asociadas al arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80 (1):15.
- Green, G. 1977. Sinopsis Taxonómica de trece especies de esponjas del arrecife La Blanquilla Veracruz México. *Anales Centro Ciencias Del Mar y Limnología UNAM México*. 4 (1): 78-79.
- Hendler, G. 1984. The association of *Ophiothrix lineata* and *Callyspongia vaginalis*: a brittlestar- sponge cleaning symbiosis? *Marine Ecology*, 5(1): 9- 27.
- Hendler, G., J. E. Miller; D. Pawson y P. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins and allies. *Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smithsonian Institution. Washington: 1-195.
- Hernández, L. R. 1997. Estructura de la comunidad faunística asociada a la esponja *Iricinia strobilina* (Lamarck, 1816) Porífera: Demospongiae: Thoretididae, del arrecife Triángulo Oeste, Banco de Campeche, México. Tesis profesional, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. 29pp.
- Jordán-Dahlgren, E., y R. E. Rodríguez-Martínez. 2003. The Atlantic coral reefs of Mexico. In: *Latin American Coral Reefs*, ed. J. Cortés, 131 58pp.

- Jordan E. D. 1993. El ecosistema arrecifal oralino del Atlántico mexicano. *Revista de la sociedad Mexicana de Historia natural* Vol. Esp. 44: 157-175.
- Kaplan, E. H. 1982. *A Field Guide to Coral Reefs of the Caribbean and Florida*. Paterson Field Guide, Mimin. Booton. 289p.
- Knowlton, A. L. y R. C. Highsmith. 2005. Nudibranch-sponge feeding dynamics: Benefits of symbiont-containing sponge to *Archidoris montereyensis* (Cooper, 1862) and recovery of nudibranch feeding scars by *Halichondria panacea* (Pallas, 1766). *Journal Experimental of Marine Biology and Ecology*. 327(1):36-46.
- Koukouras, A. 1996. Macrofauna Associated with the Sponge *Verongia aerophoba* in the north Aegean Sea. En: *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (1987) 24: 265-278.
- Koukouras, A., A. Russo, E. Voultsiadou-Koukoura, C. Dounas, y C. Chintiroglou. 1992. Relationship of sponge macrofauna with the morphology of their hosts in the North Aegean Sea. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 77: 609–619.
- López, L. M. 2004. *Esponjas*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Escuela de Biología. Sinaloa, México. 10 pp.
- Maldonado, M y C. M. Young. 1998. Reevaluation of stalked aplousinid sponges, with description of a new species from the upper Bahamian slope. *Bulletin Marine Biology* 131:443-4
- Martos, F. J. 1993. *Estudios sobre los Corales Escleractínios Hermatípicos (Cnidaria; Anthozoa, Scleractinea) del Arrecife Tuxpan, Veracruz*. Tesis de

- Licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Biología. Tuxpan, Veracruz, México. 54p.
- Mateo, M. F. 2008. Estudio comparativo de esponjas marinas en tres Arrecifes del Norte de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Biología. Tuxpan, Veracruz, México. 84 pp.
- Molina, R. A. 2003. Estudio de la macrofauna criptica poliquetológica asociada a esponjas del Parque Nacional de Isla Contoy Quintana Roo, México. Tesis profesional Facultad de ciencias UNAM, México. 91pp.
- Mariani, S. y M. J. Uriz. 2001. Copepods of the genus *Asterocheres* (Copepoda: Siphonostomatoida) feeding on sponges: behavioral and ecological traits. *Invertebrate Biology*. 120: 269–277.
- Patiño, G. A. 2006. Esponjas marinas del arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan México. 67 pp.
- Parra, V. F. y Sven Zea. 2003. Comparación de la abundancia y distribución de algunas características de las esponjas del genero *Ircinia* (porífera: demospongiae) en dos localidades contrastantes del área de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Boletín Investigaciones Marinas y Costeras*. 32: 75-91.
- Pearse, A. S. 1950. Notes on the inhabitants of certain sponges at Bimini. *Ecology* 31: 149–151.
- Pearse, A. S. 1932. Inhabitants of certain sponges al Dry Tortugas. *Papo Tortugas Laboratory Camegie Institution Wash*. 28:103-IIS.

- Pile, A.J. 1997. Finding Reiswig's missing carbon: quantification of sponge feeding using dual-beam cytometry. Proceedings. Octave International Coral Reef Symposium, 2: 1403-1410.
- Rigby, J. K., y W. G. McIntire. 1966. The Isla de Lobos and associated reefs, Veracruz, México. Brigham Young University Geology Studies 13:3 46.
- Rangel, M., B. de Sanctis, J. de Freitas, J. Polatto, A. Granato, R. Berlinck y E. Hajdu. 2002. Cytotoxic and neurotoxic activities in extracts of marine sponges (Porifera) from the southeastern Brazilian coast. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 262:31-40.
- Rubio, F. I. 1997. Descripción morfológica de las esponjas marinas de la Península de Yucatán. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 141 pp.
- Rützler, K., R. W. M. Van Soest y C. Piantoni. 2009. Sponges (Porifera) of the Gulf of Mexico. In: Felder DL y Camp DK (Eds.) Gulf of Mexico Origin, Waters and Biota. Vol 1, Biodiversity. Texas A&M University. USA. 1393pp.
- Saito, T., I. Uchida y M. Takeda. 2002. Skeletal growth of the deep-sea hexactinellid sponge *Euplectella* Owen, and host selection by the symbiotic shrimp *Spongicola japonica* (Crustacea: Decapoda: Spongicolidae). Journal of Zoology 258(4):521-529.
- Salazar-Vallejo, S. I., I. A de León-González y H. Salaices-Polanco. 1989. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México. Universidad. Autónoma de Baja California Sur. México. 212 pp.
- Swain, T. D. y J. L. Wulff. 2007. Diversity of Caribbean sponge-zoanthid symbioses: A foundation for understanding the adaptive significance of

symbiosis and generating hypothesis about higher order systematics. Journal Biology of Linnean Society 92(4):695-711.

Tunnell, W. J., E. A. Chavez y K. Withers. 2007. Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico. Texas A y M. University Press College Station. 194p.

Tunnell, J.W., Chávez, E.A., Withers, K., 2010, Arrecifes coralinos del Sur del Golfo de México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 293 p.

Turón, X., M. Codina, I. Tarjuelo, M. J. Uriz y M. Becerro. 2000. Mass recruitment of *Ophiothrix fragilis* (Ophiuroidea) on sponges: settlement patterns and post-settlement dynamics. Marine Ecology. Progressive. Serie, 200: 201-212.

Uebelacker, J. M. 1977. Cryptofaunal species/area relationship in the coral reef sponge *Gelliodes digitalis*. Proceedings, Third International Coral Reef Symposium, Miami, Florida.60-73.

Universidad Veracruzana. 2003. Área de protección de flora y fauna silvestre "Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan." Documento técnico justificativo para la creación de un área natural protegida en el sistema arrecifal Lobos-Tuxpan. Tuxpan, Veracruz, México.

Valderrama, D. y S. Zea. 2003. Esquemas de distribución de esponjas arrecifales (Porífera) del Noroccidente del Golfo de Urabá, Caribe Sur, Colombia. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 209 (32): 37-56.

Villamizar, E. y R. A. Laughlin. 1991. Fauna associated with the sponges *Aplysina archeri* and *Aplysina lacunosa* in a coral reef of the Archipiélago de Los

- Roques, National Park, Venezuela: 522-542. In: J. Reitner y H. Keupp (Eds.) Fossil and Recent Sponges.
- Westinga, E. y P. Hoetjes. 1981. The intrasponge fauna of *Sphaciospongia vesparia* (Porifera, Demospongiae) at Curacao and Bonaire. *Marine Biology*, 62: 139–150.
- Winfield, I., M. Ortiz y S. C. Olvera. 2009. Especie nueva de anfípodo comensal (Amphipoda: Gammaridea: Leucothoidae) del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Suroeste del Golfo de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80: 315- 320.
- Winfield, I. y M. Ortiz. 2011. Peracarida, crustáceos con bolsa incubadora. En: Hernández-Ortiz, V (Ed.). *Invertebrados del Estado de Veracruz*. Vol. II, Cap. Invertebrados, CONABIO, Instituto de Ecología, México. 2286 pp.
- Wilkinson, C.R. 1987. Inter ocean differences in size and nutrition of coral reef sponge populations. *Science*, 236:1654-1657.
- Wilson, M. M. 2002. Estacionalidad y dinámica poblacional de esponjas asociadas a ecosistemas rocosos litorales de la Bahía de Mazatlán. Tesis de maestría de Biología Marina. UNAM México. 106 p
- Wulff, L. J. 1997. Mutualisms among species of coral reef sponges. *Ecology*. 146-159.
- Wulff, J. L. 2000. *Sponge Predators May Determine Differences in Sponge Fauna Between two Sets of Mangrove Cays, Belize Barrier Reef* Issued by National Museum Of Natural History Smithsonian Institution Washington, D.C., U.S.A. 263 pp.

Zea, S. 1987. Esponjas del Caribe Colombiano. Catálogo Científico del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Batín. Aerco. Santa Marta Colombia. 286 pp.