

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

---



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

## **Riqueza, abundancia y densidad de reclutas coralinos en dos arrecifes con condiciones ambientales contrastantes del Sistema Arrecifal Veracruzano.**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**BIÓLOGO**

**P R E S E N T A**

Salomón González Anuar

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Guillermo J. Horta Puga



**Los Reyes Iztacala, Tlanepantla, Estado de  
México, 2023.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **Dedicatorias y agradecimientos**

A mí mismo porque no ha sido fácil ni lo será en el futuro... y a Carolina porque lo hizo y lo hará mucho más fácil.

No es fácil poner en un breve resumen a todas las personas que marcaron tu vida en una aventura de 5 años, probablemente no mencione a muchas personas que se merecen estar aquí, pero a todos los que estuvieron conmigo, al menos una parte del camino; ustedes también son parte de este logro.

Antes que nada, gracias a las 3 personas sin las que no pude haber logrado esto: mis padres Rubí, Anuar y Víctor. Mis adultos responsables, que me dieron su tiempo, atención y dinero para llegar hasta aquí, desde cosas tan simples como comida y techo, hasta escuchar mis aspiraciones, ir por mí en las noches y financiar mis salidas, sin todo lo que me dieron esto hubiera sido imposible y por ello estoy eternamente agradecido y me cuesta expresar lo que significan para mí.

A Carolina, porque me enseñaste cariño, confianza, estabilidad y risas, contigo aprendí lo que se siente un amor sólido, uno que resiste vientos y mareas, y que me da seguridad para dar pasos hacia adelante. Tú te ganaste esta dedicatoria desde que éramos mejores amigos, y ahora somos mucho más que eso, ambos estamos terminando con esta etapa de licenciatura, y nada me emociona más que empezar una nueva etapa a tu lado, el futuro da menos miedo contigo aquí, muchas gracias por quedarte, te amo mucho. Nada de lo que diga será suficiente para agradecerte, así que te lo demostrare con acciones todo el tiempo que me dejes estar a tu lado.

Para mis más viejos amigos, Alan, Emiliano y Marco: tienen una extraña habilidad de simultáneamente hacerme olvidar del estrés, y estresarme con otras cosas diferentes, pero las risas nunca faltan, crecimos juntos desde un montón de niños, a adolescentes antisociales, a adultos ligeramente más sociables, y quiero seguir viendo en que nos convertimos, nunca se vayan bola de flamers.

A todo el club 96, Daniel, Pam, Anthony, Nicole y Carolina, por aguantarme en mis épocas nefastas, y por creer que podía ser mejor, ustedes son una de las razones más grandes de que soy el yo de hoy en día, gracias por sacarme de ese hoyo, y de nada por ser un miembro invaluable del equipo... en especial para Anthony en la época de exámenes. También gracias a Vero y Aranza, por los

chismes, aves y videojuegos, ciertamente hicieron el camino mucho más interesante.

A todos los profesores que transmitieron su experiencia a lo largo de la carrera, por demostrar su pasión por lo que hacen, el amor por la ciencia y la naturaleza, y sus ganas de compartirlo. Sé que a veces no lo parece, pero están formando una nueva generación de biólogos preparados y capaces.

Y a Pelusa, por 18 años conmigo, ojalá pudiera haberte dicho que lo logre mientras aun estabas aquí, pero estoy seguro de que ya lo sabes desde esa bonita pradera en la que andas saltando ahora mismo.

## INDICE

<b><u>Introducción</u></b> .....	4
<b><u>Objetivos</u></b> .....	8
<u>Objetivo general</u> .....	8
<u>Objetivos particulares</u> .....	8
<b><u>Materiales y métodos</u></b> .....	9
<u>Área de estudio</u> .....	9
<u>Estrategia metodológica</u> .....	11
<u>Muestreo y métodos utilizados</u> .....	12
<u>Procesamiento de datos</u> .....	14
<u>Análisis de resultados</u> .....	15
<b><u>Resultados</u></b> .....	16
<u>Riqueza y abundancia por arrecife</u> .....	16
<u>Comparación de temporadas</u> .....	19
<b><u>Discusión</u></b> .....	24
<b><u>Conclusiones</u></b> .....	31
<b><u>Literatura citada</u></b> .....	32

## INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son estructuras biológicas marinas, formadas principalmente por corales escleractinios que crecen unos sobre otros (Bierkeland 1997). Estos ambientes son uno de los ecosistemas más diversos, productivos y complejos del planeta, que además de su valor estético y ecológico, poseen un valor económico importante para las zonas costeras que los poseen, por su potencial turístico y los servicios ecosistémicos que estos brindan (Tunnell 2010). Los corales se distribuyen en todos los océanos del mundo, pero estos solo forman arrecifes coralinos bajo condiciones específicas, esto se ve reflejado en su distribución tropical, ya que la mayoría de los arrecifes se desarrollan en aguas cálidas, entre los 18° y los 30°C, usualmente a una profundidad entre 1 y 25 metros de profundidad (aunque existen excepciones) (Stoddart 1969).

La región con mayor diversidad de corales en el mundo es el océano pacífico, en el sudeste de Asia, en esta zona podemos encontrar más de 700 especies de corales distribuidas en más de 50 géneros, por otro lado, en el océano atlántico la zona de mayor diversidad se encuentra en Jamaica con alrededor de 50 especies (Stoddart 1969, Spalding et al. 2001).

Al ser estructuras tridimensionales, los arrecifes coralinos poseen una variedad de formas, con diferente zonación y estructura, las partes de un arrecife se pueden separar en: (1) Arrecife frontal; definido como el talud que da hacia barlovento. (2) Cresta arrecifal: es una zona de alta energía debido al rompimiento de olas. (3) Planicie arrecifal: es la zona más superficial del arrecife, protegida del oleaje por la cresta arrecifal, usualmente recubierta por una laguna arrecifal. (4) arrecife posterior: es el talud que se dirige a sotavento.

Estas zonas se ven expuestas a diferentes condiciones ecológicas, resultando en la predominancia de diferentes especies de coral en las diferentes zonas y profundidades, por ejemplo, la planicie arrecifal suele tener la menor diversidad de corales debido a la gran radiación solar y la alta temperatura del agua (Stoddart 1969). Por otro lado, la cresta arrecifal suele estar dominada por corales ramificados, mientras que las zonas más profundas tienden a ser menos diversas, habitadas solo por corales capaces de aprovechar la poca luz disponible (Graus et al. 1989). El arrecife posterior suele tener la mayor diversidad, especialmente a profundidades entre los 9 y 12 metros (Horta-Puga et al. 2017, Horta-Puga et al. 2020)

A pesar de su importancia, la cobertura coralina ha disminuido un 53 % en el Atlántico occidental durante las últimas cuatro décadas (Bierkeland 2015). Esto puede deberse a múltiples factores, como el aumento en la temperatura global promedio, la acidificación de los océanos, la sobreexplotación de ambientes marinos, proliferación de enfermedades (Dubinsky et al. 2010), contaminación y eutrofización (Bell 1992) sobrepesca (Valentine & Heck 2005) y destrucción de ambientes asociados (Nagelkerken et al. 2000) entre otros.

El alto impacto sobre los arrecifes de coral, hacen que la conservación y la recuperación de estos ambientes sea de vital importancia. Algunos de los aspectos de mayor relevancia en la conservación de los arrecifes de coral, son la reproducción y el reclutamiento, que se define como el proceso mediante el cual se agregan nuevos individuos a la población. En el caso de los corales, significa la formación de colonias nuevas, que se producen a través de reproducción sexual y la posterior dispersión de larvas.

Las poblaciones de corales hermatípicos dependen principalmente de reproducción sexual para mantener sus poblaciones después de una depresión demográfica, aunque la reproducción asexual por fragmentación también puede influir en la recuperación (Smith 1992).

En caso de los corales la reproducción sexual puede suceder de 2 maneras: (1) la fecundación puede ser interna, en este caso, los corales incuban sus larvas hasta que estas se hayan desarrollado lo suficiente para luego ser liberadas, esto representa un aumento en la energía invertida para cada larva, pero también aumenta la supervivencia de la progenie a los corales que presentan este método de reproducción se denominan “brooders” o incubadores. (2) Los gametos pueden encontrarse en la columna de agua y la larva se desarrollará de manera libre, aumentando el número de juveniles, aunque la mortalidad es alta, a estos Corales se les denomina “spawners” o desovadores (Richmond 1997).

Las larvas de coral son llamadas plánulas, y estas tienen la capacidad de desplazarse grandes distancias por medio de las corrientes marinas para asentarse en lugares propicios (Richmond 1997). Diferentes especies muestran diferentes capacidades de dispersión y preferencias de asentamiento, a pesar de esto la mayoría de las larvas se asientan en el mismo arrecife del que se originan (Miller et al. 2003). Una vez que la larva encuentra un lugar propicio para asentarse (elegido por una variedad de factores, como condiciones de luz, señales químicas de algas y otros corales, composición del sustrato etc.) esta se fija al sustrato y sufre una metamorfosis, donde se convierte en un pólipo coralino y comienza a depositar su esqueleto calcáreo, a la vez que el pólipo original comienza a dividirse de manera asexual para formar una nueva colonia (Richmond 1997). Cualquier colonia coralina menor a 2 cm, resultado de reproducción sexual es llamada recluta (Horta-Puga et al. 2017).

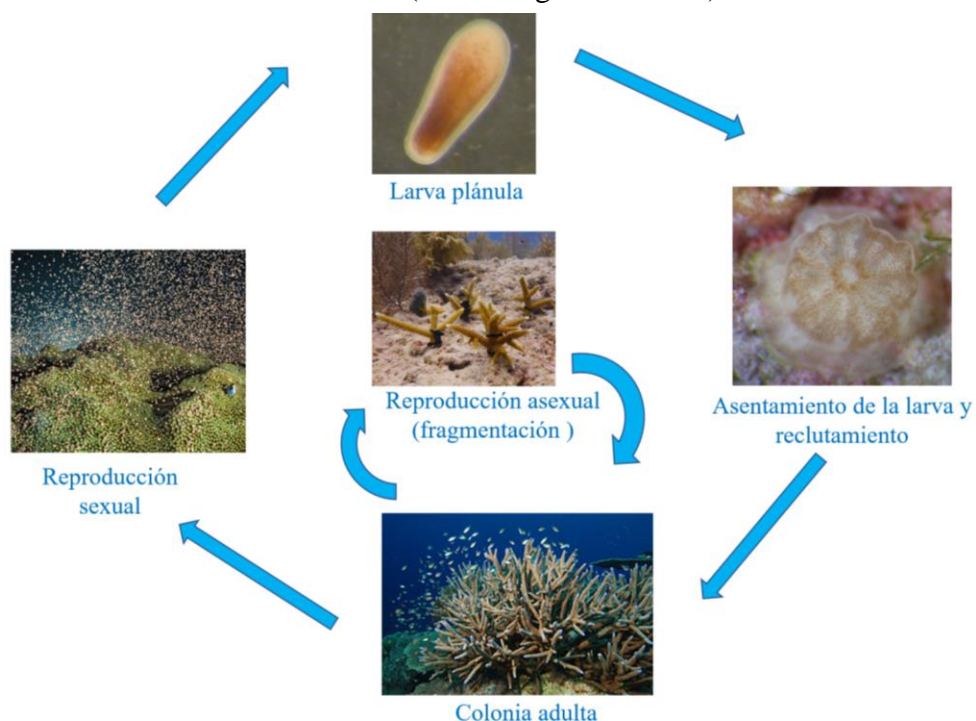


Figura 1: Ciclo de vida de corales hermatípicos, ilustrando reclutamiento, reproducción sexual y asexual y etapa larvaria.

Los índices de reclutamiento de un arrecife pueden variar de manera significativa por distintos factores ambientales y temporales, incluyendo la disponibilidad de larvas, sustratos viables, cobertura de algas (Kuffner et al. 2006) condiciones de luz (Maida et al. 1994) temporada de reproducción de la especie y de un arrecife a otro (Kojis et al. 2001). Aunado a esto, diferentes especies de corales tienen estrategias reproductivas y tasas de supervivencia distintas, por lo que usualmente una alta abundancia de reclutas no se traduce directamente a una alta abundancia de adultos de la misma especie, pero la interacción entre la reproducción y la supervivencia de los reclutas afectará directamente la estructura de la comunidad de corales adultos (Bak et al. 1979). A pesar de lo anterior, generalmente un alto índice de reclutamiento (reclutas/m<sup>2</sup> en un área determinada) y tasa de reclutamiento (Reclutas/m<sup>2</sup>/año) en un arrecife significa una capacidad de recuperación ante afectaciones relativamente rápida, por lo que su estudio resulta sumamente importante para la conservación y monitoreo de estos ecosistemas (Kojis et al. 2001).

Existen diversos trabajos de índole ecológica realizados en el Sistema Arrecifal Veracruzano, dentro de los trabajos más destacados que estudian índices y patrones de reclutamiento, están los programas de monitoreo permanente realizados por la CONABIO DM005 y GM005 (Horta-Puga et al. 2017), especialmente GM005, que abarca el estudio de 10 arrecifes entre los cuales encontramos a La Galleguilla y La Blanca. Estos estudios, entre otros parámetros, determinaron el índice de reclutamiento en el SAV entre 2006 y 2015, además de determinar la abundancia relativa específica de los reclutas coralinos. De igual manera, el trabajo titulado “Patrones interanuales e interarrecifales de las comunidades de peces, corales y equinodermos en el Sistema Arrecifal Veracruzano” (Pérez- España et al. 2015) determinó los géneros más abundantes de reclutas en 8 arrecifes del SAV (incluido el arrecife La Blanca) entre 2006 y 2014, así como las profundidades con mayor abundancia de reclutas coralinos por especie y por arrecife. También, existen trabajos que analizan la disponibilidad de larvas coralinas en los ambientes arrecifales por medio de sustratos artificiales, por ejemplo, Melo-Merino et al. en el 2015 analizó el suministro de larvas en Arrecife Verde y Santiaguillo del SAV.

Por otro lado., existen trabajos con un enfoque menos dirigido hacia el reclutamiento coralino, pero que también aportan datos valiosos para el estudio de este tema (Horta-Puga 2015, 2003) analizaron las condiciones y el estado de ciertos arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano.

En otras zonas de estudio se existen múltiples trabajos que estudian los patrones de reclutamiento como composición y densidad de reclutas a lo largo del atlántico tropical, desde florida (Chiappone et al. 1996) a las costas de centro y Sudamérica (Bak 1987, Vidal et al. 2005, Ruiz-Zarate et al. 2004) y las islas del caribe (Rogers et al. 1984, Edmunds 2000). Estos los estudios sugieren que las menores densidades de corales juveniles se encuentran en florida, mientras que las mayores se encuentran en las islas del caribe central como las islas vírgenes, también es importante recalcar que los estudios que reportan mayores densidades se realizaron en años previos a 1985. En una escala aun mayor Kojis et al. (2001) compara índices de reclutamiento y abundancia genérica de distintos arrecifes, tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico, y determina una variación altamente significativa entre los arrecifes



El arrecife La Galleguilla se localiza al norte de la desembocadura del Río Jamapa frente a la ciudad de Veracruz y uno de los puertos más grandes del país: Puerto Veracruz, el cual es una fuente de impacto ambiental por el dragado del puerto, lavado de sentinas, descargas de aguas pluviales, escurrimientos costeros etc. además de ser influenciado por aguas ricas en sedimentos provenientes del río Jamapa y transportados por las corrientes oceánicas, especialmente durante la época de secas. En cambio, el arrecife La Blanca se localiza cerca de la desembocadura del Río Jamapa, hacia el sur de esta, la cual es una fuente importante de perturbación ambiental especialmente en época de lluvias, debido a la descarga de contaminantes, nutrientes y sedimentos provenientes del río. Considerando estos factores, ¿Es plausible considerar que la estructura de la comunidad de reclutas coralinos se verá influenciada por estos factores y resultará diferente entre ambos arrecifes? Y de ser así ¿La abundancia, densidad y riqueza de reclutas coralinos será mayor en La Galleguilla comparado con La Blanca en la época de secas y viceversa en época de lluvias? ¿estarán presentes los mismos géneros en las mismas proporciones en ambas temporadas y en ambos arrecifes?

El estudio sobre reclutas coralinos y los ciclos estacionales que estos siguen, son de gran importancia para estimar la capacidad de recuperación de los arrecifes con bases anuales, por lo que conocer los índices y patrones de reclutamiento de un arrecife puede ayudar a la toma de decisiones con respecto a las medidas de restauración requeridas en una zona determinada, así como la magnitud de estas, con especial énfasis a arrecifes fuertemente impactados (Shaver et al. 2020).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

El objetivo de este trabajo es determinar la estructura de la comunidad de reclutas de corales hermatípicos en los arrecifes La Galleguilla y La Blanca del Sistema Arrecifal Veracruzano, durante las temporadas de secas y de lluvias y determinar si existen diferencias significativas entre arrecifes y entre temporadas.

### **Objetivos particulares**

- 1.-Identificar a nivel de genero a los reclutas coralinos en los arrecifes Blanca y Galleguilla.
- 2.-Determinar la riqueza genérica de reclutas coralinos en los arrecifes La Blanca y La Galleguilla durante la época de secas y la época de lluvia.
- 3.-Calcular la abundancia relativa de cada genero de reclutas coralinos registrado en los arrecifes La Blanca y La Galleguilla durante las temporadas de lluvias y secas.
- 4.-Calcular la densidad total y por genero de reclutas coralinos en los arrecifes La Blanca y La Galleguilla.
- 5.-Comparar la riqueza, abundancia y densidad de reclutas coralinos en los arrecifes Blanca y Galleguilla, de manera general y por temporada.
- 6.-Comparar la riqueza, abundancia y densidad de reclutas coralinos entre las temporadas de lluvias y de secas.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano se encuentra en las costas y en la plataforma continental frente al estado de Veracruz y representa el Sistema Arrecifal más desarrollado del Golfo de México (Ortiz-Lozano et al. 2013). El SAV está conformado por más de 50 arrecifes costeros y de plataforma con una orientación NW-SE, separados por la desembocadura del Río Jamapa, dividiéndolos en un grupo norte y un grupo sur (Tunnell 2010). Los arrecifes de plataforma emergen hasta la superficie desde profundidades que varían entre los 25 y 40 metros, y usualmente se dividen en 4 zonas geomorfológicas: arrecife frontal, cresta arrecifal, planicie arrecifal y arrecife posterior (Horta-Puga et al. 2015). El Sistema Arrecifal Veracruzano ha sido sujeto de múltiples fuentes de perturbación y deterioro, como la minería de coral para construcción de la ciudad de Veracruz y su proximidad a dicha ciudad, la cual es fuente de contaminantes además, de la construcción del puerto, el aumento de las descargas de aguas urbanas e industriales que van de la mano con el crecimiento poblacional (Horta-Puga et al. 2015). El SAV también se encuentra influenciado por la desembocadura del Río Jamapa, el cual es fuente de contaminantes, microorganismos patógenos, nutrientes y sedimentos que aumentan la turbidez, en especial durante la época de lluvias (Horta-Puga et al. 2020). Las descargas del Río Jamapa son una fuente importante de afectación para el sistema arrecifal, con especial énfasis en los arrecifes cercanos a la costa y contribuyen a que la zona registre salinidades más bajas que otras zonas a lo largo de la costa de Veracruz, como Tuxpan (valores promedio de 35.96 PSU vs. 36.35 PSU), en especial durante el verano, donde las descargas fluviales son más voluminosas (Carrillo et al. 2007).

A su vez el Golfo de México en general se ve afectado por 3 temporadas climáticas marcadas: época de secas (de febrero a mayo), época de lluvias (de agosto a octubre) y época de nortes (mediados de octubre a febrero) estas temporadas pueden variar anualmente en su duración, especialmente con el reciente cambio climático (Caso et al. 2004).

En conjunción con las temporadas climáticas, la zona se ve afectada por corrientes oceánicas superficiales que cambian de dirección a lo largo del año: estas corrientes fluyen costa arriba (N-NW) de mayo a agosto, mientras que de septiembre a marzo fluyen costa abajo (S-SE) (Salas et al. 2017., Carrillo et al. 2007). Esto se debe al cambio de dirección de los vientos durante el año (Salas et al. 2017). El cambio en la dirección de estas corrientes puede significar cambios importantes en los patrones de reclutamiento de los arrecifes, así como la disponibilidad de nutrientes y presencia de contaminantes al norte y al sur de la desembocadura del Río Jamapa, dependiendo de la época del año. Aunado a esto, los corales se reproducen sexualmente a finales de verano, lo cual también puede significar variaciones importantes a lo largo del año, por todo lo anterior diferentes arrecifes del SAV. Se ven afectados por diferentes presiones ambientales y antropogénicas a lo largo del año.

Los arrecifes La Blanca y La Galleguilla se eligieron por sus condiciones ecológicas, fuentes de perturbación y estados de conservación contrastantes, lo cual permitirá realizar una comparación satisfactoria. El arrecife La Blanca es un arrecife de plataforma ubicado a 2.6 km de la costa, al sur de la desembocadura del Río Jamapa, con una longitud máxima de un km, y una anchura máxima de .6 km con una ubicación de 19° 5' norte, 96° oeste, este arrecife

se ve influenciado por descargas del Río Jamapa, cuyos efectos se ven aumentados durante la época de lluvias, a tal grado que las descargas del río parecen haber inhibido el desarrollo del talud de sotavento (Horta-Puga et al. 2009), a pesar de esto, el arrecife La Blanca es uno de los arrecifes con mayores índices de reclutamiento de todo el SAV (Horta-Puga et al. 2017, Pérez- España et al. 2015).

El arrecife La Galleguilla es un arrecife de plataforma, ubicado a 2 km de la costa al norte de la desembocadura del Río Jamapa, cerca del puerto de Veracruz, con una longitud máxima de un km y una anchura máxima de .5 km con una ubicación de 19°14' norte, 96°07' oeste. Este arrecife se encuentra altamente impactado por la cercanía al puerto y otras actividades humanas como explotación de recursos por minería de coral para la construcción de la ciudad de Veracruz (Horta-Puga et al. 2015), aunado a esto, se ha encontrado que la cobertura de algas e invertebrados no corales es particularmente más alta que otros arrecifes (Brenner et al. 2019).

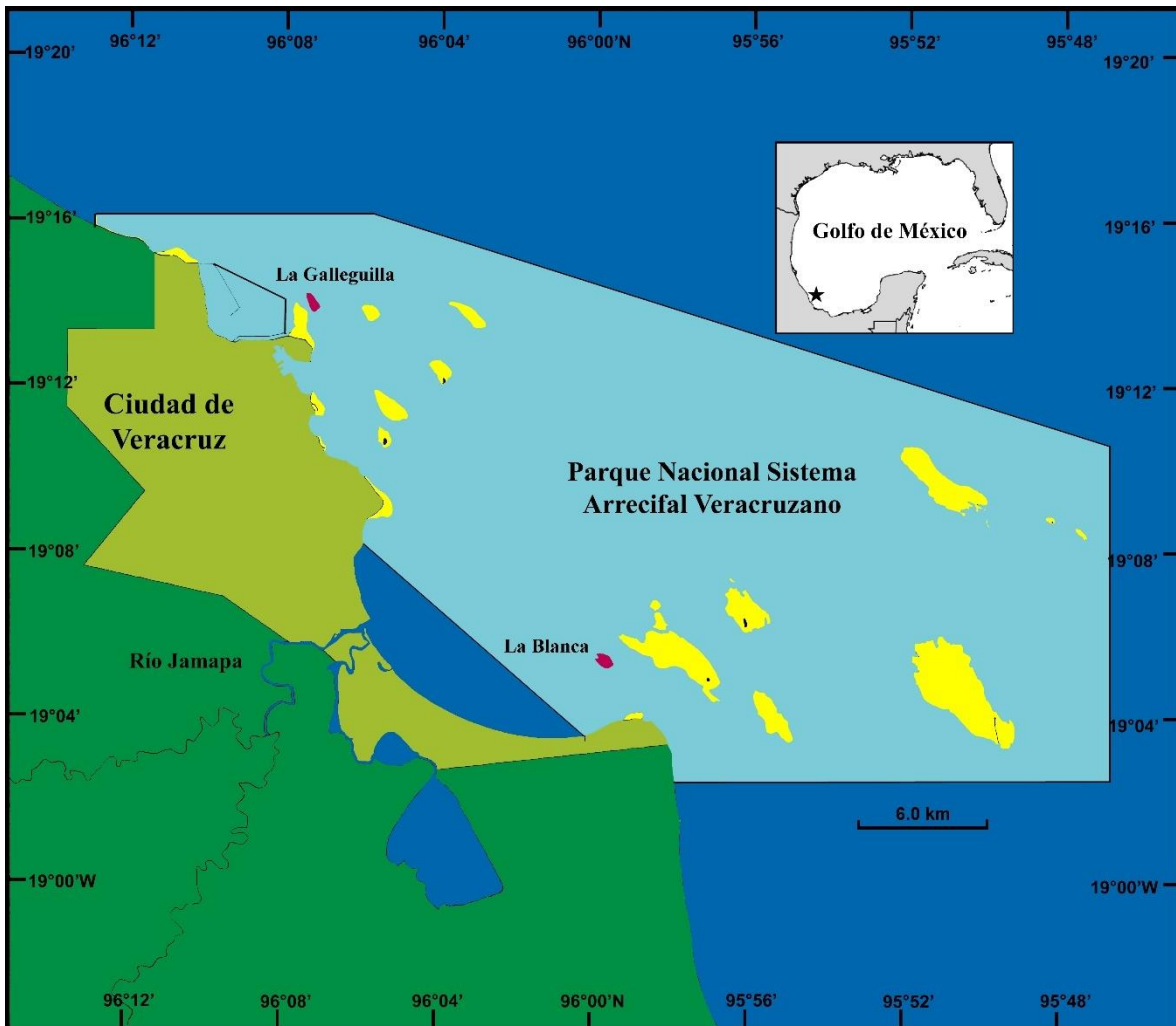
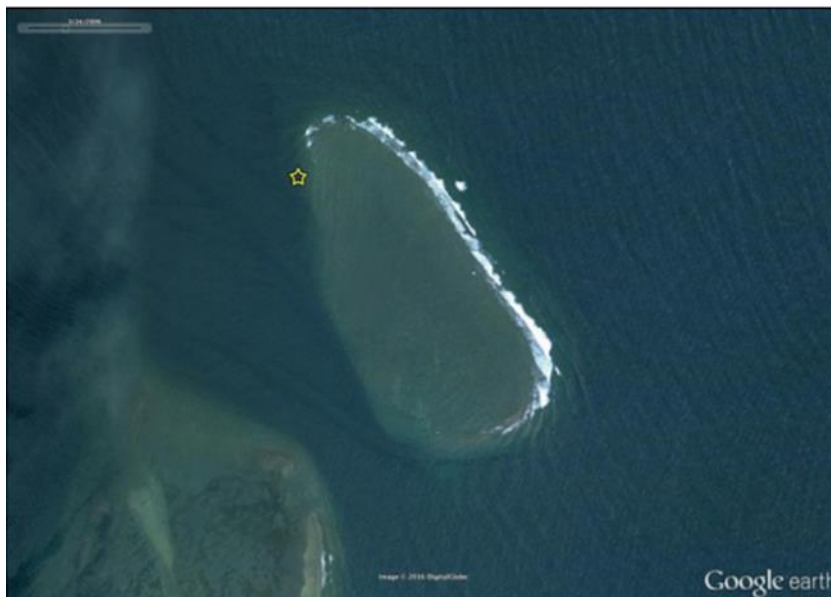
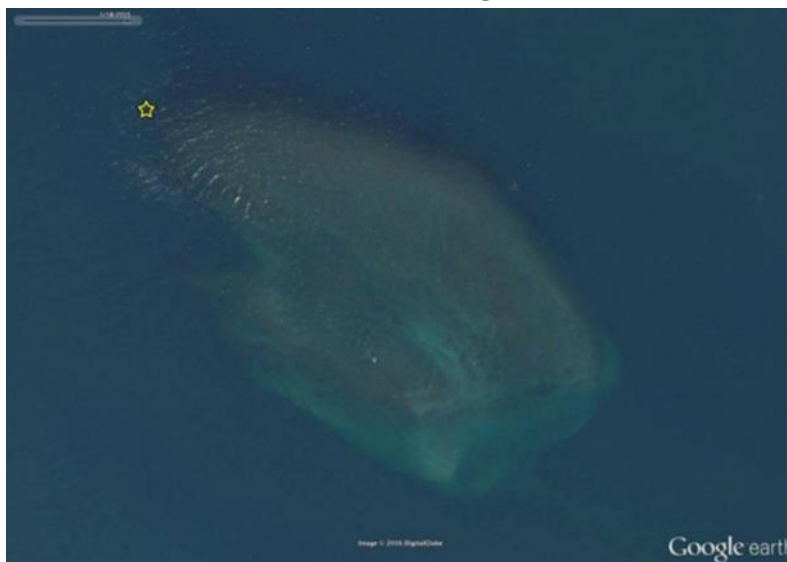


Figura 1. Mapa del Sistema Arrecifal Veracruzano, resaltados en rojo los arrecifes La Galleguilla y La Blanca.



**Figura 2.1. Mapa del Arrecife La Galleguilla, SAV, \*ubicación de la estación de muestreo ecológico en el talud de sotavento (Google Earth®).**



**Figura 2.2. Mapa del Arrecife La Blanca, SAV, \* Ubicación de la estación de muestreo ecológico en el talud de barlovento (Google Earth®).**

### **Estrategia metodológica**

El muestreo se realizó en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, como parte del proyecto GM005 de la CONABIO (Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: segunda etapa) con el objetivo principal de determinar cambios significativos en la estructura de la comunidad arrecifal (incluyendo la comunidad de reclutas coralinos) y por ende su estado de conservación. Este estudio basó su metodología en el protocolo AGRRA (Lang et al. 2012) con ligeras modificaciones (Horta-Puga et al. 2009) para evaluar el estado de conservación de la comunidad bentónica en los arrecifes estudiados. El proyecto utilizó fotocuadrantes para analizar la estructura de la comunidad bentónica de los arrecifes, mismos datos que se utilizaron para la determinación de los

reclutas coralinos en el presente estudio. El método de cuadrantes es muy utilizado para determinar la abundancia, densidad y cobertura de especies sésiles debido a la poca o nula movilidad del objeto de estudio y facilidad de su aplicación.

### **Muestreo y métodos utilizados**

El proyecto CONABIO GM005 se compuso de 12 campañas de muestreo ecológico, en las que se recopiló información en época de secas (septiembre-octubre) y época de lluvias (abril-marzo) en 15 arrecifes del SAV desde septiembre de 2009 a septiembre de 2015 (Tabla 1). Para este trabajo solo se utilizaron los fotocadrantes obtenidos en las campañas C07 a C12 para los arrecifes La Blanca y La Galleguilla, para analizar la estructura de la comunidad de reclutas coralinos en época de secas y lluvias, así como las diferencias entre arrecifes y temporadas. Ambos muestreos se realizaron a una profundidad de 9 a 12 metros, debido a que en esta profundidad se presenta la mayor diversidad y cobertura de corales en los arrecifes del SAV (Horta-Puga et al. 2020). El muestreo se realizó sobre el sustrato arrecifal en zonas libres de invertebrados sésiles de tamaño considerable, y se recopilaron un total de 120 cuadrantes en cada arrecife por cada campaña de muestreo. Los cuadrantes se construyeron con tubos de PVC de media pulgada, teniendo una dimensión total de 25x25 cm, estos estaban montados sobre una cámara digital mediante un marco de PVC (figura 3,4), y se realizó una captura en imagen digital por cuadrante (mayor a 5 megapíxeles), a las cuales se denominaron fotocadrantes para su análisis posterior. Con estos fotocadrantes se realizó el conteo y determinación taxonómica de reclutas coralinos por unidad de área (densidad), en época de secas y época de lluvias.

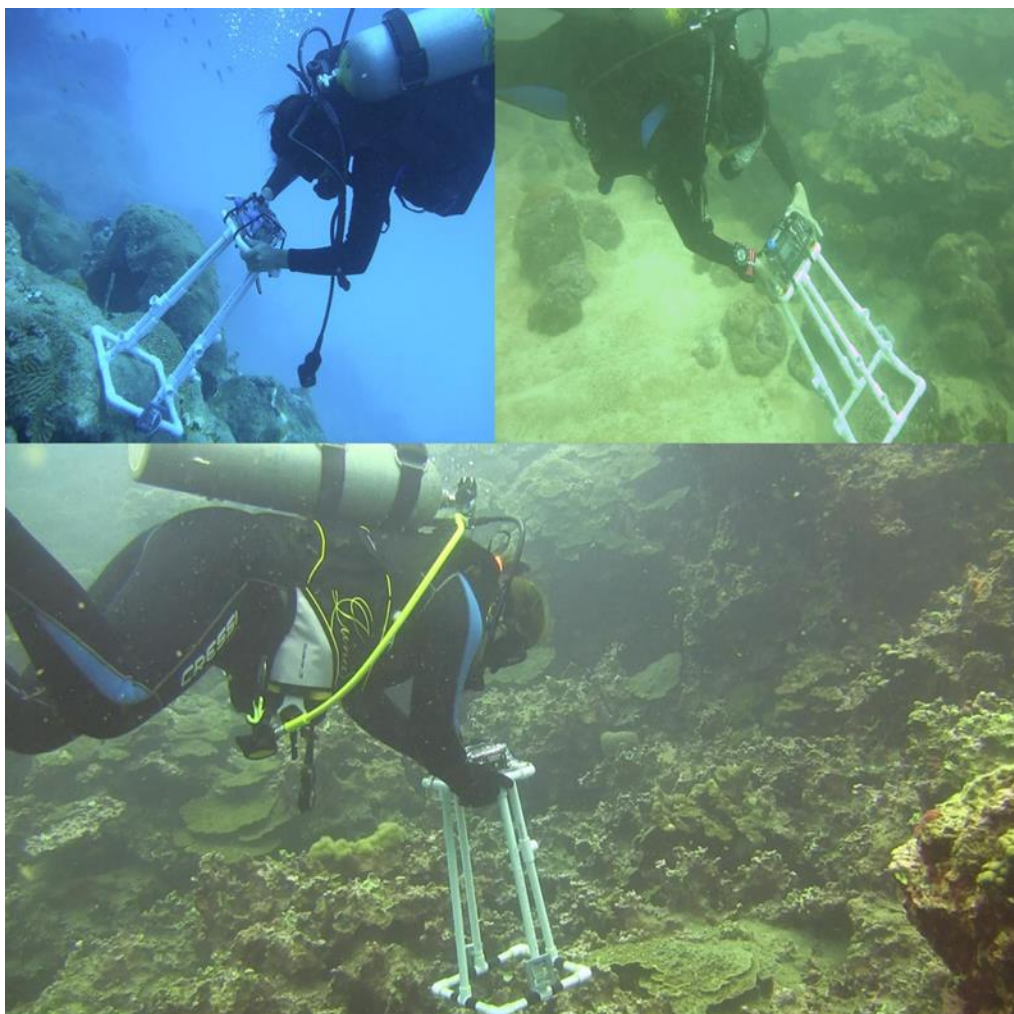
El muestreo en Arrecife La Galleguilla se realizó estableciendo una estación de muestreo en el talud de sotavento ubicado en las coordenadas 19°14'01.4" N y 96°07'32.0" O (figura 2.1), mientras que para el arrecife La Blanca la estación se ubicó en el talud de barlovento, con coordenadas 19°05'25.3" N y 96°00'11.7" O (figura 2.2).

Se analizaron los fotocadrantes provenientes de las campañas C07 a C12 en los arrecifes La Blanca y La Galleguilla, compuestas de 240 fotocadrantes cada una (120 por arrecife, equivalentes a 7.5 m<sup>2</sup>) resultando en un total de 1,440 fotocadrantes, equivalentes a 90 m<sup>2</sup> de superficie, de los cuales 720 fotocadrantes corresponden a cada arrecife y temporada (45 m<sup>2</sup> por arrecife o temporada).

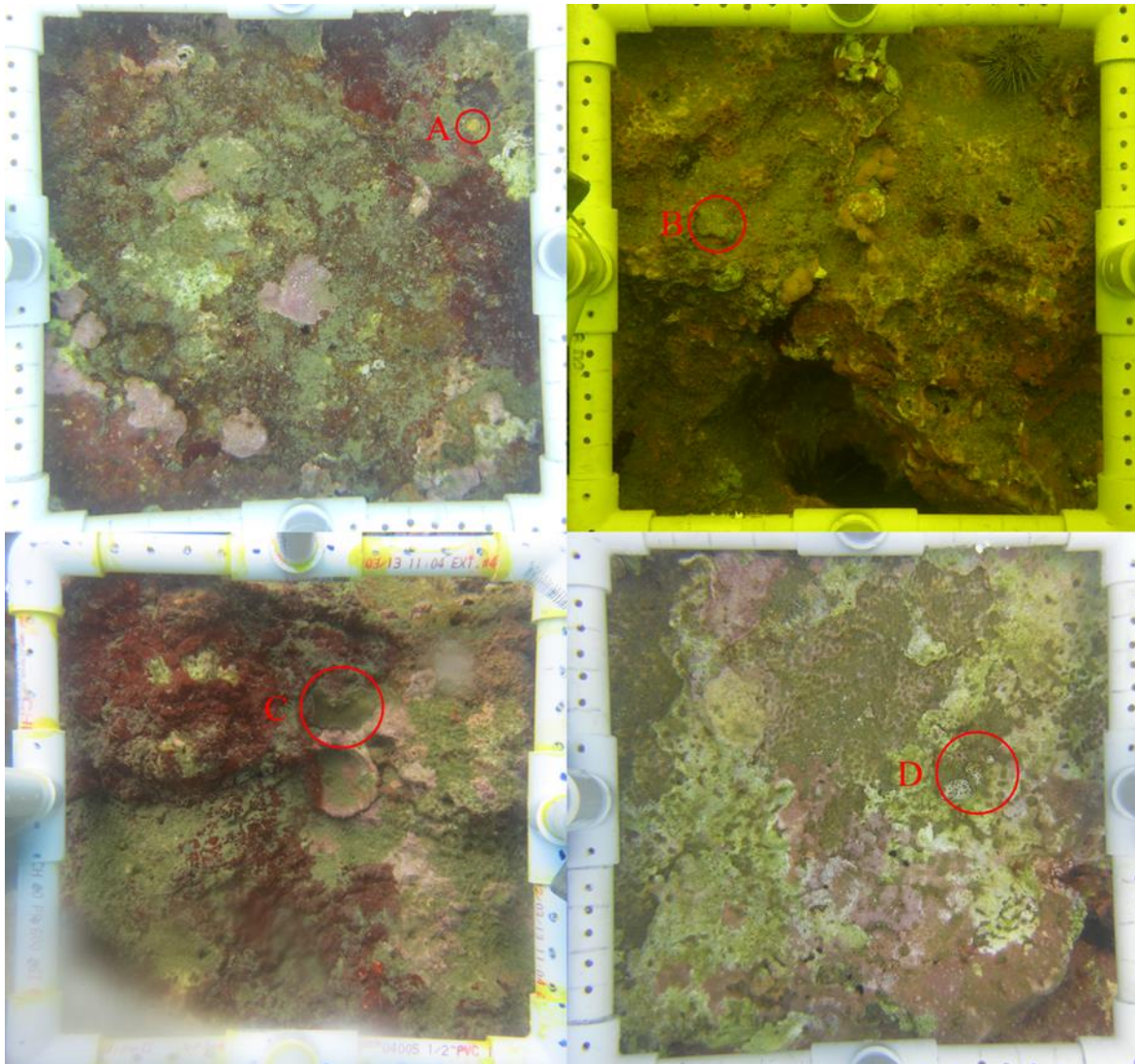
**Tabla 1.**

**FECHAS DE LOS MUESTREOS DEL PROYECTO CONABIO GM005 (SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO: CONDICIÓN ACTUAL Y PROGRAMA PERMANENTE DE MONITOREO: SEGUNDA ETAPA) UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS.**

<b>CAMPAÑA</b>	<b>FECHA</b>	<b>TEMPORADA</b>
<b>C-07</b>	Mar/2013	Secas
<b>C-08</b>	Sept/Oct/2013	Lluvias
<b>C-09</b>	Mar/ 2014	Secas
<b>C-10</b>	Oct/ 2014	Lluvias
<b>C-11</b>	mar/2015	Secas
<b>C-12</b>	Sept/2015	Lluvias



**Figura 3. Muestreo por fotocuadrantes realizado durante el proyecto CONABIO GM005.**



**Figura 4. Ejemplo de los fotocuatrantes utilizados para el análisis visual, mostrando reclutas coralinos: A: *Siderastrea*. B: *Colpophyllia*. C: *Porites*. D: *Agaricia*.**

### **Procesamiento de datos**

El conteo de los reclutas coralinos se realizó visualmente, observando cuidadosamente cada fotocuatrante para determinar la presencia o ausencia de reclutas coralinos en cada imagen, se consideró como recluta coralino cualquier colonia o individuo con un diámetro igual o menor a 2 cm de acuerdo con Kramer (2003). Una vez ubicados se realizó una determinación taxonómica de los reclutas presentes, esta determinación se realizó a nivel de género (debido a la dificultad de reconocer especies en reclutas de coral), por medio de análisis visual, con ayuda de la guía de Dueñas et al. (2010) y realizando comparaciones con corales adultos.

Una vez analizados los fotocuatrantes, los resultados fueron vaciados en una base de datos, donde se calculó el total de reclutas coralinos de cada género observado por arrecife o temporada. Posteriormente se calculó la abundancia por género en cada muestreo y aunado a esto, se determinó la abundancia relativa (porcentaje por género con respecto al total de



reclutas coralinos), la densidad (individuos/unidad de área) de cada género y la riqueza genérica (número de géneros registrados) por arrecifes y temporadas.

Tras esto se realizaron tablas de densidad y de abundancia relativa, además de gráficos de barras para representar los resultados de manera visual.

### **Análisis de resultados**

Para el análisis se calculó lo siguiente con los datos recopilados:

- Riqueza de géneros por arrecife y por temporada.
- Abundancia por género y total por arrecife, en época de secas y en época de lluvias.
- Densidad por género y total por arrecife, en época de secas y en época de lluvias.

Una vez obtenidos estos datos, se compararon los resultados de densidad, medida en individuos/m<sup>2</sup>, entre ambas temporadas (secas y lluvias) y entre arrecifes para los análisis estadísticos. Al realizar una prueba de normalidad, ambos análisis (Shapiro-Wilks y Anderson-Darling) revelaron que los datos obtenidos son paramétricos, por lo que la comparación posterior se realizó utilizando los análisis de ji cuadrada y t de student, con un alfa de  $\alpha=0,05$ . El análisis de ji cuadrada se utilizó para determinar si hay una diferencia significativa en las proporciones de géneros de reclutas coralinos entre los arrecifes La Blanca y La Galleguilla, y entre temporadas, para así concluir si existe una diferencia significativa en los patrones de reclutamiento de estos arrecifes y entre época de lluvias y secas. Por otro lado, la prueba de t de student se utilizó para determinar si existen diferencias significativas entre las densidades promedio de ambos arrecifes y ambas temporadas.

## RESULTADOS

### Riqueza y abundancia por arrecife

Una vez analizados los 1,440 fotocuadrantes equivalentes a 90m<sup>2</sup> se obtuvieron los siguientes resultados: en total, se registraron 446 reclutas coralinos (4.95 reclutas/m<sup>2</sup>) repartidos en 12 géneros (Tabla 2.) de los cuales los géneros más abundantes fueron *Agaricia* con 228 registros (51% del total), *Siderastrea* con 91 (20%) y *Porites* con 43(9.6%) (Tabla 5), los géneros *Colpophyllia* (38 registros), *Oculina* (15 registros) y *Stephanocoenia* (15 registros) también se encontraron con cierta regularidad, mientras que los demás géneros solo presentan registros esporádicos , con *Mycetophyllia*, *Pseudodiploria* y *Orbicella* como géneros menos abundantes, solo registrando un recluta.

Para el arrecife La Blanca (Tabla 3), se registraron 381 reclutas coralinos (8.5 reclutas/m<sup>2</sup>) lo cual representa el 85% de los registros totales en el estudio, estos reclutas pertenecen a 10 géneros, *Agaricia* fue el más numeroso con 5.07 reclutas/m<sup>2</sup> (59.84% del total), seguido por *Siderastrea* con 1.1 reclutas/ m<sup>2</sup> (12.86%) y *Porites* con 0.82 reclutas/m<sup>2</sup> (9.71%) cabe mencionar que la totalidad de registros del género *Agaricia* se dieron en el Arrecife la Blanca. Por otro lado, los géneros menos abundantes fueron *Mycetophyllia* y *Pseudodiploria* con 1 solo registro (0.02 reclutas/m<sup>2</sup>), mientras que géneros como *Montastraea* y *Orbicella* no se presentaron en este arrecife. La campaña con mayor número de reclutas fue la C-12 (lluvias, 18-26/10/15) con 16.53 reclutas/m<sup>2</sup> de 7 géneros, donde el género *Agaricia* fue el más abundante, por otro lado, la campaña con menor número de reclutas fue la campaña C-08 (lluvias, 23/9 - 03/10 /13) con 4.4 reclutas/m<sup>2</sup>, donde *Agaricia* vuelve a ser el género más abundante.

En el caso del Arrecife Galleguilla (Tabla 4) solo se registraron 65 reclutas coralinos (1.4 reclutas/m<sup>2</sup>) de 7 géneros, equivalente al 15 % de los registros totales, en este caso el género más abundante fue *Siderastrea* con 40 (0.89 reclutas/m<sup>2</sup>), que representan el 61.54% de los registros en este arrecife), el segundo género más numeroso corresponde a *Oculina* con 9 reclutas (0.2 reclutas/m<sup>2</sup>) y el tercero a *Porites* con 6 (0.13 reclutas/ m<sup>2</sup>). Para este arrecife, el género menos numeroso fue *Orbicella* con solo 1 recluta registrado (0.02 reclutas/m<sup>2</sup>) mientras que reclutas de los géneros *Mycetophyllia*, *Madracis*, *Pseudodiploria*, *Leptoseris* y *Agaricia* no aparecieron en este arrecife. En este caso la campaña con mayor número de reclutas fue la campaña C-07 con 15 reclutas (2.26 reclutas/m<sup>2</sup>), de los cuales *Siderastrea* es el género más numeroso.

Al comparar las densidades de ambos arrecifes la prueba de t con un intervalo de confianza de .05 confirmo que existen diferencias significativas entre los arrecifes (t=3.8, valor critico =2.2) por lo que podemos afirmar que la densidad de reclutas coralinos en el arrecife La Blanca es significativamente mayor que la densidad en el arrecife La Galleguilla. De igual forma la prueba de Xi cuadrada revela diferencias significativas entre las estructuras de las comunidades de ambos arrecifes (valor P= 1.5X10<sup>-26</sup>).

**Tabla 2:**

**Densidades totales de reclutas coralinos (individuos/m<sup>2</sup>) en los arrecifes La Blanca y La Galleguilla obtenidos a partir de los muestreos C7al C12 del proyecto CONABIO GM005 que tomaron lugar de marzo de 2013 a septiembre de 2015.**

<b>Género/ Arrecife</b>	<b>Blanca</b>	<b>Galleguilla</b>	<b>Total</b>
<i>Siderastrea</i>	1.1±4.2	0.8±4.1	0.9±4.2
<i>Agaricia</i>	5±12.5	0.00	2.5±9.2
<i>Colpophyllia</i>	0.7±3.6	0.1±1.6	0.4±2.7
<i>Oculina</i>	0.1±1.4	0.2±1.9	0.1±1.7
<i>Stephanocoenia</i>	0.3±3	0.04±.8	0.1±2.2
<i>Porites</i>	0.8±3.9	0.1±1.7	0.4±3
<i>Montastraea</i>	0.00	0.04±.8	0.02±0.6
<i>Mycetophyllia</i>	0.02±0.6	0.00	0.01±0.4
<i>Madracis</i>	0.1±1.7	0.00	0.09±1.3
<i>Leptoseris</i>	0.1±1.3	0.00	0.06±0.9
<i>Orbicella</i>	0.00	0.02±0.6	0.01±0.4
<i>Pseudodiploria</i>	0.02±0.6	0.00	0.01±0.4
<b>Total</b>	<b>8.5±15.3</b>	<b>1.4±5.2</b>	<b>4.9±12</b>

**Tabla 3:**

**Densidades de reclutas coralinos (individuos/ m<sup>2</sup>) por género en el Arrecife La Blanca, obtenidas para cada campaña, de marzo de 2013 a septiembre de 2015.**

<b>Género/ Campaña</b>	<b>C-07 (Secas)</b>	<b>C-08 (Lluvias)</b>	<b>C-09 (Secas)</b>	<b>C-10 (Lluvias)</b>	<b>C-11 (Secas)</b>	<b>C-12 (Lluvias)</b>	<b>Total género</b>
<i>Siderastrea</i>	2.6±6.6	1.2±4.7	1±4	0.8±3.5	0.4±2.5	0.4±2.5	<b>1.1±4.2</b>
<i>Agaricia</i>	2.9±9.9	1.8±6.2	3±8.6	3.4±9.5	6.4±13.1	12.6±19.6	<b>5±12.5</b>
<i>Colpophyllia</i>	0.8±3.5	0.5±2.8	0.6±3.8	0.6±3.8	1±4	0.6±3.2	<b>0.7±3.6</b>
<i>Porites</i>	0.2±2	0.2±2	0.8±4	1.3±4.9	0.8±3.5	1.4±5.4	<b>0.1±1.4</b>
<i>Stephanocoenia</i>	0.5±2.8	0.1±1.4	0.00	0.00	0.2±2.9	0.8±6.1	<b>0.3±3</b>
<i>Oculina</i>	0.2±2	0.1±1.4	0.00	0.00	0.4±2.5	0.00	<b>0.8±3.9</b>
<i>Montastraea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
<i>Mycetophyllia</i>	0.00	0.1±1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02±0.6</b>
<i>Orbicella</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.18±1.7</b>
<i>Leptoseris</i>	0.1±1.4	0.00	0.00	0.00	0.4±2.5	0.1±1.4	<b>0.1±1.3</b>
<i>Pseudodiploria</i>	0.00	0.1±1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
<i>Madracis</i>	0.00	0.00	0.1±1.4	0.1±1.4	0.4±2.5	0.4±3.2	<b>0.02±0.6</b>
<b>Total campaña</b>	<b>7.6±14.6</b>	<b>4.4±10.1</b>	<b>5.7±11.6</b>	<b>6.4±11.9</b>	<b>10.1±15.9</b>	<b>16.5±21.4</b>	<b>8.5±15.3</b>

**Tabla 4:**

**Densidad de reclutas coralinos (individuos/m<sup>2</sup>) por género en el Arrecife La Galleguilla, obtenidas para cada campaña de marzo de 2013 a septiembre de 2015.**

<b>Género/ Campaña</b>	<b>C-07 (Secas)</b>	<b>C-08 (Lluvias)</b>	<b>C-09 (Secas)</b>	<b>C-10 (Lluvias)</b>	<b>C-11 (Secas)</b>	<b>C-12 (Lluvias)</b>	<b>Total género</b>
<i>Siderastrea</i>	1.4±5	0.6±3.2	0.6±3.2	0.5±3.5	1.2±5.1	0.8±4	<b>0.8±4.1</b>
<i>Agaricia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
<i>Colpophyllia</i>	0.1±1.4	0.1±1.4	0.00	0.00	0.1±1.4	0.2±2.9	<b>0.1±1.6</b>
<i>Porites</i>	0.1±1.4	0.1±1.4	0.00	0.1±1.4	0.2±2.9	0.1±1.4	<b>0.2±1.9</b>
<i>Stephanocoenia</i>	0.1±1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1±1.4	<b>0.04±.8</b>
<i>Oculina</i>	0.4±2.5	0.1±1.4	0.2±2	0.2±2.9	0.00	0.1±1.4	<b>0.1±1.7</b>
<i>Montastraea</i>	0.00	0.1±1.5	0.00	0.1±1.4	0.00	0.00	<b>0.04±.8</b>
<i>Mycetophyllia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
<i>Orbicella</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1±1.4	0.00	<b>0.00</b>
<i>Leptoseris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
<i>Pseudodiploria</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.02±0.6</b>
<i>Madracis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
<b>Total campaña</b>	<b>2.2±5.9</b>	<b>1.2±4.2</b>	<b>0.9±3.7</b>	<b>1±4.9</b>	<b>1.7±6.1</b>	<b>1.4±5.8</b>	<b>1.4±5.2</b>

**Tabla 5:**

**Totales de abundancia relativa por género de reclutas coralinos en los arrecifes La Blanca y La Galleguilla obtenidos a partir de los muestreos C7al C12 del proyecto CONABIO GM005 que tomaron lugar de marzo de 2013 a septiembre de 2015.**

<b>Total abundancia relativa/Arrecife</b>	<b>Blanca (%)</b>	<b>Galleguilla (%)</b>	<b>Total (%)</b>
<i>Siderastrea</i>	12.8	61.5	19.9
<i>Agaricia</i>	59.8	0	51.1
<i>Colpophyllia</i>	8.6	7.6	8.5
<i>Oculina</i>	1.5	13.8	3.3
<i>Stephanocoenia</i>	3.4	3	3.3
<i>Porites</i>	9.7	9.2	9.6
<i>Montastraea</i>	0.00	3	0.4
<i>Mycetophyllia</i>	0.2	0	0.2
<i>Madracis</i>	2.1	0	1.7
<i>Leptoseris</i>	1.3	0	1.1
<i>Orbicella</i>	0	1.5	0.2
<i>Pseudodiploria</i>	0.2	0	0.2

## Comparación de temporadas

Con respecto a las temporadas (tabla 6), en la temporada de lluvias se registraron 233 reclutas coralinos (5.18 reclutas/m<sup>2</sup>) de 11 géneros (*Orbicella* no está presente en esta temporada) donde el género más abundante fue *Agaricia* con 3 reclutas/m<sup>2</sup>, seguido de *Siderastrea* con 0.73 reclutas/m<sup>2</sup> y *Porites* con 0.58 reclutas/m<sup>2</sup>, mientras que el género menos abundante fue *Mycetophyllia*, *Leptoseris* y *Pseudodiploria* con solo 1 registro (0.02 reclutas/m<sup>2</sup>).

En la temporada de secas se registraron 213 reclutas en total (4.73 reclutas/m<sup>2</sup>), pertenecientes a 9 géneros (*Montastraea*, *Mycetophyllia* y *Pseudodiploria* están ausentes en esta temporada), los 2 géneros más abundantes vuelven a ser *Agaricia* con 2.06 reclutas/m<sup>2</sup> y *Siderastrea* con 1.24 reclutas/m<sup>2</sup>, pero en este caso el tercer género más abundante es *Colpophyllia* con 0.46 reclutas/m<sup>2</sup>. Para esta temporada el género menos abundante es *Orbicella*, con solo un registro (0.02 reclutas/m<sup>2</sup>).

Como podemos ver en una comparación entre las abundancias genéricas (fig. 1) algunos géneros son notablemente más abundantes en una de las temporadas, poniendo como ejemplo los 4 géneros más abundantes, *Agaricia* y *Porites* son bastante más abundantes en temporada de lluvias, mientras que *Colpophyllia* y especialmente *Siderastrea* aumentan su abundancia en temporada de secas. El único género que mantuvo abundancias iguales en ambas temporadas fue *Madracis*.

Los análisis estadísticos con un intervalo de confianza de 0.05 revelan que la densidad de reclutas coralinos entre una temporada y otra no presentan diferencias significativas ( $t=0.22$ , valor crítico=2.7) por otro lado, la estructura de la comunidad si presenta diferencias significativas entre una temporada y otra (valor  $P=1.42 \times 10^{-6}$ ).

Para el Arrecife La Blanca se registraron 176 reclutas (7.82 reclutas/m<sup>2</sup>) de 8 géneros en temporada de secas, y 205 (9.11 reclutas/m<sup>2</sup>) de 10 géneros en temporada de lluvias, en ambas temporadas el género más abundante fue *Agaricia*, sin embargo, el segundo y tercer lugar difieren entre las temporadas, en temporada de secas el segundo género más abundante es *Siderastrea*, seguido de *Colpophyllia*, mientras que en temporada de lluvias *Porites* y *Siderastrea* ocupan el segundo y tercer puesto respectivamente. En temporada de secas no se presentó ningún registro de *Montastraea*, *Mycetophyllia*, *Pseudodiploria* ni *Orbicella* y el género menos abundante fue *Madracis* y *Leptoseris* con 4 registros, por otro lado, en temporada de lluvias, *Mycetophyllia* si se registró, siendo junto con *Pseudodiploria*, *Leptoseris* y *Oculina*, los géneros menos abundantes de la temporada, con solo 1 registro, mientras que *Montastraea* y *Orbicella* estuvieron ausentes. En este caso las densidades entre una temporada y otra no presentaron diferencias significativas ( $t=0.32$ , valor crítico=2.07) al contrario, la estructura de la comunidad fue significativamente diferente (valor  $P=.02$ ).

El Arrecife Galleguilla registró 37 reclutas (1.64 reclutas/m<sup>2</sup>) de 6 géneros en la época de secas y 28 reclutas (1.24 reclutas/m<sup>2</sup>) también de 6 géneros en la época de lluvias. En la época de secas, *Siderastrea* fue el género más abundante, seguido de *Oculina*, por otro lado, como géneros menos abundantes tenemos a *Orbicella* y *Stephanocoenia* con un solo registro. En

esta temporada no hubo registros de los géneros *Agaricia*, *Montastraea*, *Mycetophyllia*, *Leptoseris*, *Pseudodiploria* y *Madracis*. En el caso de la época de lluvias el género *Siderastrea* es el más abundante, seguido de *Oculina*, *Colpophyllia* y, el género menos abundante en esta temporada fue *Stephanocoenia* con solo 1 registro, en este caso el género *Montastraea* aparece, mientras que *Orbicella*, *Mycetophyllia*, *Madracis* y *Agaricia* no se registraron. En este caso los análisis estadísticos con intervalo de confianza de 0.05 no resultaron en diferencias significativas para la densidad ( $t=0.$ , 0.99, valor crítico=2.7) ni para la estructura de la comunidad entre temporadas ( $X_i=0.5$ ).

**Tabla 7:**

**Densidades totales de reclutas coralinos (reclutas/m<sup>2</sup>) en los arrecifes La Blanca y La Galleguilla durante las temporadas de secas y lluvias, de marzo de 2013 a septiembre de 2015.**

<b>Género/ Temporada</b>	<b>Secas</b>	<b>Lluvias</b>
<i>Siderastrea</i>	1.2±4.7	0.7±3.6
<i>Agaricia</i>	2.±7.9	3±10.2
<i>Colpophyllia</i>	0.4±2.8	0.3±2.7
<i>Oculina</i>	0.2±1.9	0.1±1.5
<i>Stephanocoenia</i>	0.1±1.8	0.1±2.6
<i>Porites</i>	0.3±2.7	0.5±3.3
<i>Montastraea</i>	0.00	0.04±.8
<i>Mycetophyllia</i>	0.00	0.02±0.6
<i>Madracis</i>	0.09±1.1	0.09±1.4
<i>Leptoseris</i>	0.09±1.1	0.02±0.6
<i>Orbicella</i>	0.02±0.5	0.00
<i>Pseudodiploria</i>	0.00	0.02±0.6
<b>Totales</b>	<b>4.7±11.2</b>	<b>5.1±12.7</b>

**Tabla 8:**

**Densidades de reclutas coralinos (reclutas/m<sup>2</sup>) en el arrecife La Blanca, durante las temporadas de secas y lluvias, de marzo de 2013 a septiembre de 2015.**

<b>Género/ Temporada</b>	<b>Secas</b>	<b>Lluvias</b>
<i>Siderastrea</i>	1.3±4.8	0.8±3.7
<i>Agaricia</i>	4.1±10.8	6±13.9
<i>Colpophyllia</i>	0.8±3.7	0.6±3.3
<i>Oculina</i>	0.2±1.8	0.04±8.4
<i>Stephanocoenia</i>	0.2±2.3	0.3±3.6
<i>Porites</i>	0.6±3.3	1±4.4
<i>Montastraea</i>	0.00	0.00
<i>Mycetophyllia</i>	0.00	0.04±.8
<i>Madracis</i>	0.1±1.6	0.1±2
<i>Leptoseris</i>	0.1±1.6	0.04±.8
<i>Orbicella</i>	0.00	0.00
<i>Pseudodiploria</i>	0.00	0.04±0.8
<b>Total</b>	<b>7.8±14.2</b>	<b>9.1±16.3</b>

**Tabla 9:**

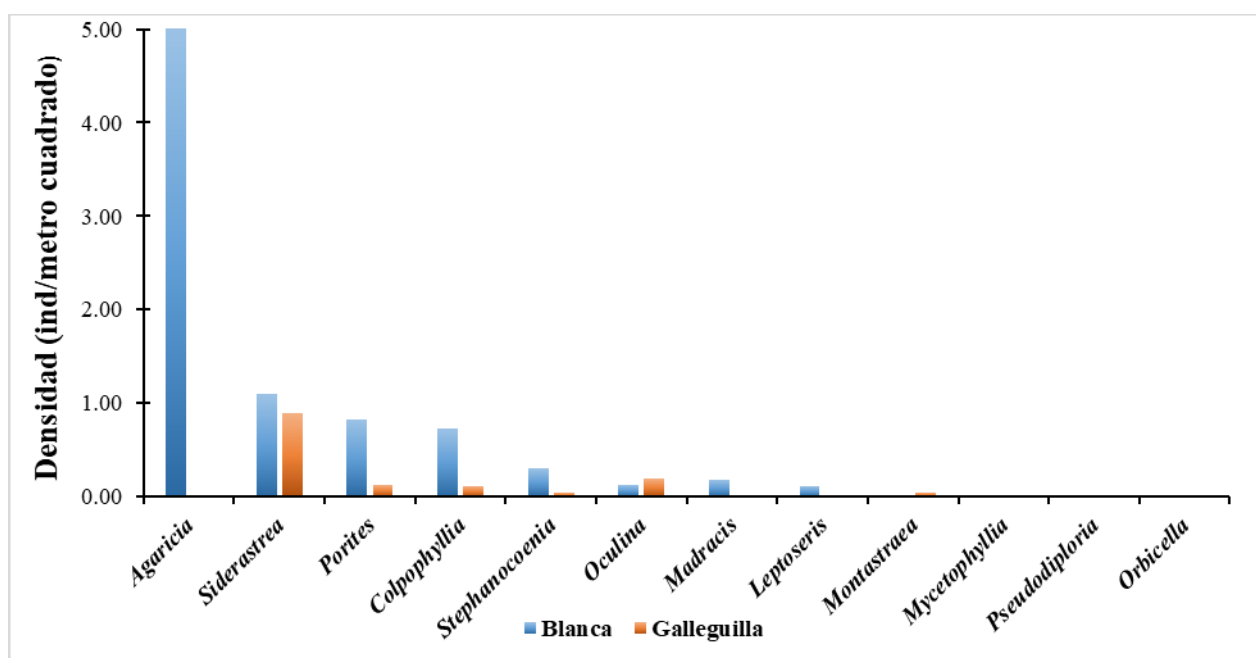
**Densidades de reclutas coralinos (reclutas/m<sup>2</sup>) en el arrecife La Galleguilla, durante las temporadas de secas y lluvias, de marzo de 2013 a septiembre de 2015.**

<b>Géneros La Galleguilla</b>	<b>Secas</b>	<b>Lluvias</b>
<i>Siderastrea</i>	1.1±4.6	0.6±3.6
<i>Agaricia</i>	0.00	0.00
<i>Colpophyllia</i>	0.09±1.9	0.1±1.8
<i>Oculina</i>	0.2±1.8	0.1±2
<i>Stephanocoenia</i>	0.04±0.8	0.04±0.8
<i>Porites</i>	0.1±1.8	0.1±1.4
<i>Montastraea</i>	0.00	0.09±1.1
<i>Mycetophyllia</i>	0.00	0.00
<i>Madracis</i>	0.00	0.00
<i>Leptoseris</i>	0.00	0.00
<i>Orbicella</i>	0.04±.8	0.00
<i>Pseudodiploria</i>	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>1.6±5.4</b>	<b>1.2±5</b>

**Tabla 10:**

**Abundancia relativa de cada género en temporada de lluvias y secas en los arrecifes La Blanca y La Galleguilla.**

Abundancia relativa por temporadas	Secas (%)	Lluvias (%)
<i>Siderastrea</i>	26.2	14.1
<i>Agaricia</i>	43.6	57.9
<i>Colpophyllia</i>	9.8	7.3
<i>Oculina</i>	4.6	2.1
<i>Stephanocoenia</i>	3.2	3.4
<i>Porites</i>	7.9	11.1
<i>Montastraea</i>	0.00	0.8
<i>Mycetophyllia</i>	0.00	0.4
<i>Madracis</i>	1.8	1.7
<i>Leptoseris</i>	1.8	0.4
<i>Orbicella</i>	0.4	0.00
<i>Pseudodiploria</i>	0.00	0.4



**Figura 5. Cambios en la densidad de los 4 géneros de reclutas coralinos más abundantes, en temporadas los arrecifes La Blanca y La Galleguilla.**



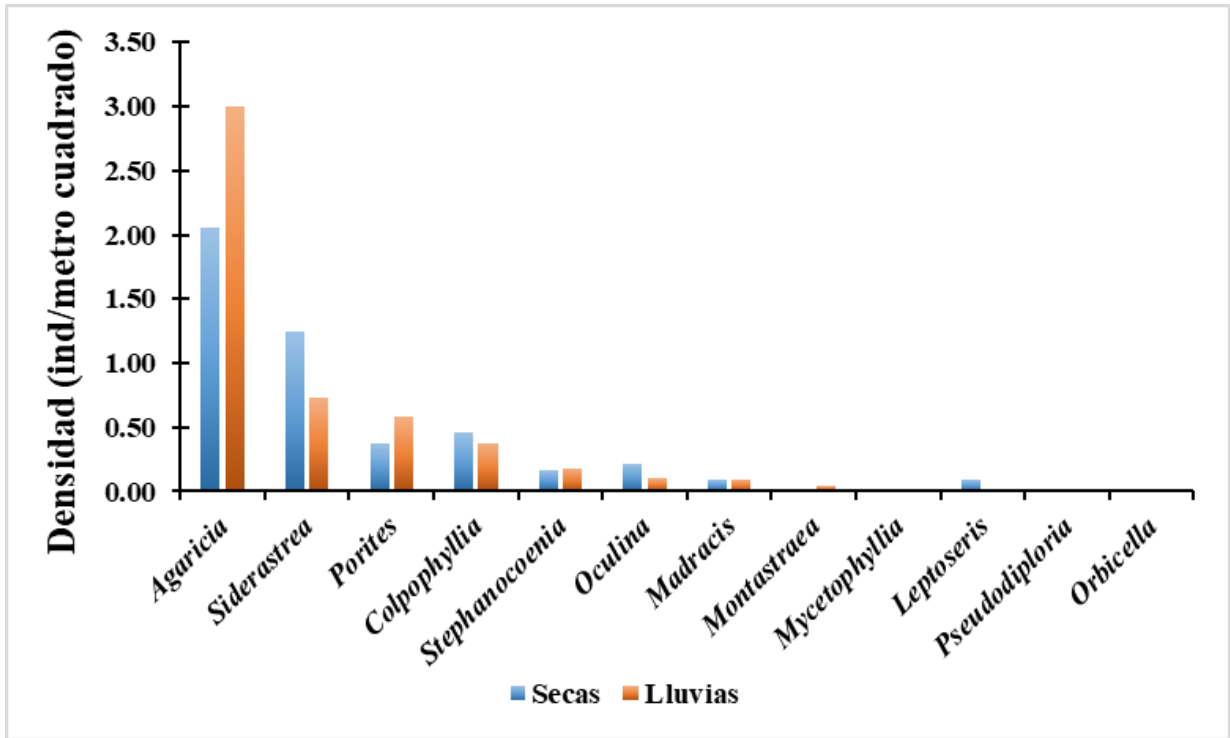


Figura 7: cambios en la densidad de los géneros reclutas coralinos reportados, durante las temporadas de lluvias y secas.

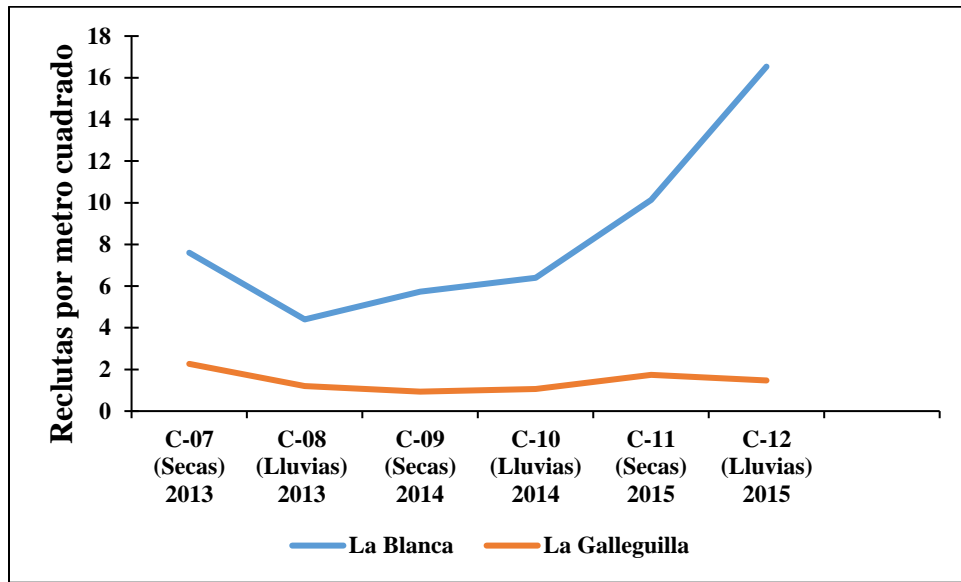


Figura 6. Cambios en la densidad de reclutas coralinos reportados durante el estudio (2013 a 2015).

## DISCUSIÓN

Los resultados en este trabajo son generalmente consistentes con otros estudios sobre reclutas coralinos realizados en arrecifes de coral del océano Atlántico, desde el número de géneros hasta la composición de la comunidad de reclutas.

Empezando por la riqueza genérica, este estudio identificó 12 géneros de reclutas, mientras que diferentes estudios en otras partes del Atlántico reportan 8 géneros para la barrera de coral mesoamericana (Ruiz-Zarate et al. 2004) 15 a 20 para las Islas Vírgenes (Edmunds 2000., Rogers et al. 1984) 15 para Curazao (Bak 1879) 13 para el Caribe Colombiano Vidal et al. 2005) y 7 en Florida (Chiappone et al. 1996). Para el del Sistema Arrecifal Veracruzano, los estudios reportan entre 3 y 15 géneros (Horta-Puga et al. 2015, Horta-Puga 2003, Pérez-España et al. 2015, Melo-Merino 2015, Brenner et al. 2019) por lo que los números registrados aquí caen dentro de lo previamente registrado, sin ser particularmente altas o bajas, hay que tomar en cuenta que este trabajo solo incluyó 2 arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano, y si el estudio se hubiera llevado a cabo en más arrecifes, esta riqueza probablemente aumentaría.

La densidad promedio reportada (4.9 reclutas /m<sup>2</sup>) puede ser comparada con densidades registradas en el resto del Atlántico oeste, que varían entre 1 a 18 reclutas /m<sup>2</sup> (Chiappone et al. 1996, Vidal et al. 2005, Edmunds 2000, Ruiz-Zarate et al. 2004, Bak et al. 1979) con los valores más altos siendo reportados en el este del Caribe y los más bajos en Florida y la barrera de coral mesoamericana, en este caso el Sistema Arrecifal Veracruzano vuelve a presentar valores intermedios comparados con el resto del Atlántico. Referente a otros estudios realizados dentro del SAV, las densidades se reportan desde 1.2 a 13.12 reclutas/m<sup>2</sup> (Horta-Puga et al. 2015, 2003, Pérez-España et al. 2015, Melo-Merino 2015, Brenner et al. 2019, Kramer 2003) por lo que la densidad reportada en este estudio no está fuera de lo ya registrado.

La densidad en el Arrecife La Blanca (8.47 reclutas/m<sup>2</sup>) parece ser más baja que lo previamente reportado por Pérez España et al. 2015, que reportó 14/m<sup>2</sup>, pero mayor a la reportada por Horta-Puga et al. 2015, con 4 reclutas/m<sup>2</sup>. Por otro lado, la Galleguilla registro 1.4 reclutas/m<sup>2</sup> lo cual es menor a lo registrado por Brenner et al. 2019 (3.73/m<sup>2</sup>) mayor a Horta-Puga (2003) (menor a 1 recluta/m<sup>2</sup>) y cercano a Horta-Puga (2015) (1.2±0.4), por lo anterior, ambos arrecifes se encuentran dentro de los parámetros previamente reportados.

El Arrecife La Blanca presenta una densidad de reclutas coralinos notablemente más alta que La Galleguilla, esto puede ser debido a los diferentes estados de conservación en los que se encuentran estos arrecifes, y condiciones ambientales divergentes de los mismos. La Galleguilla es un arrecife cercano a la costa y al puerto de Veracruz, y ha sido fuertemente explotado para su aprovechamiento humano (Horta-Puga et al. 2015), esto se ve reflejado en la escasa cobertura de coral vivo que presenta, reportada desde 7.5%, hasta un máximo de 15%, mientras que la cobertura de algas esta reportada en 75.4% (Horta-Puga et al. 2015, Horta-Puga 2003, Horta-Puga et al. 2017, Brenner et al. 2019). Por otro lado, en el Arrecife La Blanca se reportan coberturas de coral vivo superiores a 22%, hasta un máximo de 27% (Horta-Puga et al. 2015, Horta-Puga et al. 2017, Pérez-España et al. 2015) con una cobertura algal de 56%. Se ha demostrado que reclutas coralinos tienden a asentarse en arrecifes con

mayores porcentajes de cobertura coralina, a su vez las altas abundancias de algas en un arrecife pueden inhibir el asentamiento de larvas, además de perjudicar crecimiento y supervivencia de reclutas ya asentados (Kuffner et al. 2006, Ritson-Williams et al. 2009).

La composición de la comunidad de reclutas no difiere mucho a lo reportado a lo largo del Atlántico oeste, donde *Agaricia*, *Siderastrea* y *Porites* siempre se encuentran entre Los géneros más abundantes (con algunas variaciones), los reclutas del género *Agaricia* parecen ser los más abundantes en la mayoría de los casos a lo largo del Atlántico, tanto dentro como fuera del SAV (Chiappone et al. 1996, Ruiz-Zarate et al. 2004, Edmunds 2000, Horta-Puga et al. 2015, Pérez-España et al. 2015, Horta-Puga 2003, Melo-Merino et al. 2015, Rogers et al. 1984, Bak et al. 1979, Wittenberg et al. 1992, Kramer 2003, Brenner 2019, Smith 1992.) Específicamente en el SAV, Horta-Puga et al. 2017 reporta que *Agaricia* y *Siderastrea* son los 2 géneros de reclutas más abundantes, pero *Porites* está en el quinto lugar, además reporta que en el grupo norte del SAV, *Siderastrea* es el género de reclutas más abundante en vez de *Agaricia*, lo cual consiste con los resultados encontrados en este trabajo en el Arrecife La Galleguilla. Esto puede deberse a que el género *Siderastrea* es bastante resistente a condiciones ambientales adversas, además de tener un potencial reproductivo alto y tamaños de colonias pequeñas, estas características lo hacen un rápido colonizador de zonas impactadas con condiciones desfavorables (Lirman et al. 2009), además se tienen reportes sobre las abundancias del género *Siderastrea*, que tienden a aumentar con la ausencia de géneros competidores como *Agaricia*, *Porites* o *Favia* (Lazar 2011) como se puede ver en este caso, ya que en el (Horta-Puga et al. 2015, Horta-Puga 2003, Horta-Puga et al. 2017, Brenner et al. 2019 arrecife La Galleguilla no se registraron reclutas del género *Agaricia*, y pocos del género *Porites*. Esta ausencia de reclutas del género *Agaricia* en La Galleguilla ya ha sido reportada por otros estudios en el SAV (Brenner et al. 2019) o en el caso de Horta-Puga et al. 2017 solo se registraron 3 reclutas en un periodo de 6 años. El estudio anterior también encontró que las abundancias relativas de corales adultos de especies de *Agaricia* son mucho menores en La Galleguilla que en La Blanca, lo cual podría explicar la falta de reclutas, ya que se ha encontrado evidencia de que este género presenta una correlación positiva entre la densidad de sus colonias adultas y la abundancia de sus reclutas (Chiappone et al. 1996).

A su vez la composición de la comunidad de reclutas parece no reflejar la composición de la comunidad de corales adultos en el SAV, evidenciado por la escasez de reclutas pertenecientes a algunos de los géneros con mayor cobertura como adultos, como *Montastraea* y *Orbicella* (Horta-Puga 2003, 2015, 2017, Pérez-España et al. 2015) además de la ausencia de reclutas del género *Acropora*, este patrón se ha reportado en múltiples arrecifes a lo largo del Atlántico, donde la comunidad de reclutas difiere notablemente de la comunidad de adultos (Chiappone et al. 1996, Vidal et al. 2005, Diaz et al. 1995, Edmunds 2000, Rogers et al. 1984, Wittenberg et al. 1992, Kramer 2003, Bak et al. 1979, Smith 1992.) esto probablemente se debe a distintas estrategias reproductivas que los corales hermatípicos utilizan para mantener sus poblaciones.

Los corales hermatípicos parecen dividirse en 3 grupos: (1) El primero está compuesto por corales masivos como *Montastraea*, con pocos reclutas, pero alta supervivencia (tanto post asentamiento como en la adultez), longevos y con alta capacidad regenerativa ante daños,

por lo que la abundancia de los reclutas tiende a ser baja (como lo reportado en este estudio), pero una gran parte de estos reclutas llegan a la adultez. (2) El segundo grupo está compuesto por corales oportunistas, como algunas especies de *Agaricia* y *Porites* (en general corales de familia Agariciidae), con baja capacidad regenerativa y baja supervivencia, pero con gran potencial reproductivo, que se traduce en un gran número de reclutas, que en su mayoría mueren antes de convertirse en adultos. (3) El tercer grupo está conformado por corales frágiles y quebradizos debido a la forma de sus colonias, como *Madracis* y *Acropora*, con baja abundancia de reclutas debido a que su estrategia principal de propagación es asexual, por medio de fragmentación (Bak et al. 1979, Rylaarsdam 1983, Smith 1992).

Estas estrategias reproductivas junto con otras evidencias pueden explicar la estructura de la comunidad de reclutas encontrada en este estudio. Otras evidencias que pueden ayudar a explicar la estructura presentada por la comunidad de reclutas son: las mortalidades especialmente altas para reclutas de los géneros *Agaricia* y *Porites*, en comparación con otros géneros de reclutas coralinos (Vidal et al. 2005, Edmunds 2000), la escasa abundancia de reclutas del género *Montastraea* así como su alta supervivencia, y la rareza de reclutas de géneros como *Acropora*, incluso antes del declive poblacional de este género en el Caribe (Rylaarsdam 1983, Tunnicliffe 1980), aunque en este caso la ausencia de este género de reclutas probablemente sea debido a la mortalidad masiva de acroporidos en el Caribe a principios de los años 80 (Cramer et al. 2020), y los efectos de la perturbación humana, como la acidificación oceánica, que parece afectar seriamente a los reclutas de acroporidos, evitando la recuperación poblacional de estos géneros (Albright et al. 2010).

A pesar de lo anterior se ha observado que en algunos casos la densidad de corales adultos se correlaciona positivamente con la densidad de reclutas de la misma especie, tanto en especies incubadoras como desovadoras, por lo que esta relación varía de un sistema arrecifal a otro (Chiappone et al. 1996, Grigg et al. 1974). Estas diferentes tasas de supervivencia también suponen diferentes amenazas para la recuperación de estos grupos, por ejemplo, géneros como *Montastraea* podrían verse fuertemente afectados por altas mortalidades en adultos, debido a la lentitud de su reproducción y crecimiento, por otro lado, si algún factor afecta las tasas de asentamiento y reclutamiento, la población podría verse menos impactada, debido a la longevidad y resistencia de los corales adultos. En el caso de *Agaricia*, cuyas estrategias son más oportunistas, la población se vería más afectada por una menor tasa de reclutamiento que por un aumento en la mortalidad adulta, desafortunadamente estudios indican que, en las últimas décadas, la mortalidad de adultos ha aumentado significativamente, y las tasas de reclutamiento han caído dramáticamente (Huges et al. 2000).

**Tabla 10:**

**Comparación de densidad, riqueza y estructura en la comunidad de reclutas coralinos en múltiples estudios realizados en el Atlántico oeste.**

<b>Lugar</b>	<b>Densidad (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Riqueza genérica de reclutas</b>	<b>Géneros de reclutas más abundantes</b>	<b>Referencia</b>
<b>Islas vírgenes</b>	18 a 19	20	<i>Agaricia, Porites, Madracis</i>	Rogers et al. 1984
<b>Islas vírgenes</b>	13.25	15	<i>Porites, Agaricia, Favia</i>	Edmunds 2000
<b>Barrera de coral mesoamericana</b>	1 a 6.4	10	<i>Agaricia, Siderastrea, Porites</i>	Ruiz-Zarate et al. 2004
<b>Curazao</b>	15 a 18	15	<i>Agaricia, Helioseris</i>	Bak 1879
<b>Florida</b>	1.18 a 2.48	7	<i>Agaricia, Porites, Siderastrea</i>	Chiappone et al. 1996
<b>Caribe Colombiano</b>	8.4	13	<i>Agaricia, Porites</i>	Vidal et al. 2005
<b>SAV.</b>	2.6	11	<i>Siderastrea, Agaricia, Porites</i>	Horta-Puga et al. 2015
<b>SAV.</b>	1.2	8	<i>Siderastrea, Oculina, Porites</i>	Horta-Puga 2003
<b>SAV.</b>	5.5 a 7.2	13	<i>Agaricia, Siderastrea</i>	Pérez-España et al. 2015
<b>SAV.</b>	13.2	9	<i>Agaricia, Porites, Siderastrea</i>	Melo-Merino 2015
<b>SAV.</b>	.53 a 3.7	3	<i>Agaricia, Siderastrea, Porites</i>	Brenner et al. 2019
<b>SAV.</b>	4.9	12	<i>Agaricia, Siderastrea, Porites</i>	Este estudio

**Tabla 11:**

**Comparación entre las comunidades de reclutas coralinos de corales adultos en múltiples estudios realizados en el Atlántico oeste.**

<b>Lugar</b>	<b>Géneros de reclutas más abundantes</b>	<b>Géneros de adultos más abundantes</b>	<b>Referencia</b>
<b>Islas vírgenes</b>	<i>Agaricia, Porites, Madracis</i>	<i>Montastraea, Agaricia, Siderastrea</i>	Rogers et al. 1984
<b>Caribe Colombiano</b>	<i>Agaricia, Porites</i>	<i>Montastraea, Colpophyllia, Diploria</i>	Vidal et al. 2005., Diaz et al. 1995
<b>SAV.</b>	<i>Siderastrea, Agaricia, Porites</i>	<i>Siderastrea, Colpophyllia, Montastraea</i>	Horta-Puga et al. 2015
<b>SAV.</b>	<i>Siderastrea, Oculina, Porites</i>	<i>Montastraea, Colpophyllia, Diploria</i>	Horta-Puga 2003
<b>SAV.</b>	<i>Agaricia, Siderastrea</i>	<i>Colpophyllia, Montastraea, Orbicella</i>	Pérez-España et al. 2015
<b>SAV.</b>	<i>Agaricia, Siderastrea, Porites</i>	-	Este estudio

### **Temporadas**

Los resultados del análisis por temporadas revelan que las densidades de reclutas coralinos no cambian significativamente entre una temporada y otra, este resultado parece coincidir con un estudio indica que la cobertura algal no cambia significativamente con la temporada de lluvias de manera general en el SAV, a excepción de en el Arrecife La Blanca (Horta-Puga et al. 2020). Por otro lado, la estructura de la comunidad si resulta significativamente diferente entre las temporadas, con algunos géneros aumentando su densidad en temporada de secas y otros en temporada de lluvias, por ejemplo: en el arrecife La Blanca, aun con el previamente mencionado aumento significativo en la cobertura de macroalgas, géneros como *Agaricia* y *Porites* aumentan notable en sus densidades durante la época de lluvias (especialmente *Agaricia*). Los estudios sobre la variación temporal de los patrones de reclutamiento indican que el factor más influyente en esta variación son las épocas reproductivas de cada especie de coral, pero también influyen las diferentes estrategias reproductivas, el estado de la comunidad adulta y eventos post asentamiento que pueden tener un efecto importante en la estructura de la comunidad de reclutas coralinos a lo largo del año, lo anterior resulta en variaciones importantes en los patrones de reclutamiento entre regiones geográficas y de una especie a otra (Adjeroud et al. 2007).

El aumento del género *Agaricia* en época de lluvias puede deberse en parte a que estos corales liberan sus plánulas a mediados de abril (Van-Moorsel 1983), fecha posterior a los muestreos de la época de secas, por lo que muchos de los individuos registrados en la época de lluvias pueden pertenecer a esta liberación de larvas, por otro lado, el género *Porites* libera larvas constantemente a lo largo del año (Soong 1991), pero principalmente en abril y mayo en el caso de *P. astreoides* lo cual también coincide con la mayor abundancia encontrada durante los muestreos realizados en la temporada de lluvias (McGuire 1998). También se tienen registros de que los reclutas de los géneros *Porites* y *Agaricia* registran mayores diámetros

promedio en zonas eutróficas, esto podría deberse a un crecimiento más rápido en estas condiciones, o a mortalidad más alta de colonias pequeñas (Wittenberg et al. 1992) en el caso de un crecimiento más rápido en épocas con mayor presencia de nutrientes, esto podría explicar el aumento en la abundancia de *Porites* y *Agaricia* en época de lluvias, ya que individuos más grandes son más fácilmente registrados .

En contraparte, los géneros *Siderastrea* y *Colpophyllia* aumentan su abundancia en época de secas en ambos arrecifes, de nuevo esto podría estar relacionado con la época de desove y liberación de plánulas, ya que se tienen registros que en el caribe algunos corales del género *Siderastrea* liberan sus plánulas de finales de agosto a septiembre (Soong 1991), al igual que *Colpophyllia natans* en el norte del golfo de México (Hagman et al. 1998, Vize et al. 2005). Tomando en cuenta que los muestreos de la época de lluvias fueron realizados en septiembre, puede que las plánulas de *Siderastrea* y *Colpophyllia* aún no se hubieran asentado o fueran muy pequeñas para registrarse por medio de los fotocuadrantes, o que exista algún otro factor que produzca el aumento de abundancia de estos géneros en época de secas fuera de la época reproductiva, es importante recalcar que los cambios en la densidad de *Colpophyllia* no son tan dramáticos como en *Siderastrea*. También se ha reportado que en Brasil *S. stellata* libera la mayoría de sus plánulas en enero (Neves et al. 2003) lo cual coincidiría con la mayor abundancia registrada en época de secas, pero al ser datos tomados fuera del caribe, estos podrían variar de una zona biogeográfica a otra.

En los géneros restantes, el bajo número de individuos reportados evita realizar una comparación satisfactoria entre las temporadas.

Cuando separamos los géneros por época reproductiva podemos darnos cuenta de un patrón existente: los corales que se reproducen en marzo/abril son más abundantes en época de lluvias mientras que los corales que se reproducen en agosto/septiembre tienden a ser más abundantes en época de secas.

La temporalidad de los reclutas coralinos y los ciclos temporales que estos siguen, es un área que aun requiere muchos más estudios, especialmente en la zona del caribe y golfo de México , por lo que en este apartado no se tienen muchos datos con que comparar los resultados , por otro lado se han hecho estudios en patrones inter anuales de la comunidad arrecifal del SAV y se ha llegado a la conclusión de que probablemente esta comunidad no siga patrones anuales, y hace falta un estudio a largo plazo para encontrar patrones si es que estos existen (Pérez-España et al. 2015).

Por último, en este estudio puede verse una clara tendencia al aumento en la densidad de reclutas coralinos desde la temporada de lluvias de 2013 a la temporada de lluvias de 2015, por lo menos para el arrecife La Blanca, las razones de esto no son claras, podría deberse a condiciones climáticas variables, o patrones de reproducción interanuales aun no estudiados.

**Tabla 12:**

**Temporadas reproductivas y temporada de mayor abundancia de los 4 géneros de reclutas coralinos más abundantes en este estudio.**

<b>Genero</b>	<b>Temporada reproductiva</b>	<b>temporada con mayor abundancia</b>	<b>Referencia</b>
<i>Agaricia</i>	Abril	Lluvias	Van-Moorsel 1983
<i>Siderastrea</i>	Agosto-Septiembre/enero	Secas	Neves et al. 2003., Soong 1991
<i>Porites</i>	Abril y Mayo	Lluvias	Soong 1991
<i>Colpophyllia</i>	Agosto/septiembre	secas	Hagman et al. 1998., Vize et al. 2005



## CONCLUSIONES

- 1.- La riqueza encontrada fue de 12 géneros de reclutas coralinos presentes en los arrecifes La Galleguilla y La Blanca.
- 2.- Agaricia fue el género con mayor abundancia de reclutas coralinos, y este tiende a marcar las tendencias promedio en el estudio.
- 3.- La densidad de reclutas promedio fue de 4.96 reclutas/m<sup>2</sup>.
- 4.- La comunidad de reclutas coralinos presenta diferencias significativas entre arrecifes y entre temporadas.
- 5.- La comunidad de reclutas coralinos presenta diferencias significativas entre temporadas en el arrecife La Blanca, pero no en La Galleguilla.
- 6.- La densidad de reclutas coralinos presenta diferencias significativas entre arrecifes.
- 7.- El Arrecife La Blanca presentó una mayor densidad de reclutas coralinos y una mayor riqueza genérica que el Arrecife La Galleguilla.
- 8.- La densidad de reclutas coralinos no cambia significativamente entre temporadas.

## LITERATURA CITADA

- Adjeroud M, Penin L Carroll A (2007) Spatio-temporal heterogeneity in coral recruitment around Moorea, French Polynesia: implications for population maintenance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 341, 204-218.
- Albright R, Mason B, Miller M, Langdon C (2010) Ocean acidification compromises recruitment success of the threatened Caribbean coral *Acropora palmata*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 20400-20404.
- Bak RP, Engel MS (1979) Distribution, abundance, and survival of juvenile hermatypic corals (Scleractinia) and the importance of life history strategies in the parent coral community. *Marine Biology*, 54, 341-352.
- Bell P (1992). Eutrophication and coral reefs, some examples in the Great Barrier Reef lagoon. *Water Research*, 26, 553-568.
- Bierkeland C (1997) Life and death of coral reefs. Springer Science & Business Media, New York U.S.A.
- Bierkeland C (2015) Coral reefs in the Anthropocene. Springer Dordrecht.
- Brenner J, Pérez-España H (2019) Línea base para el monitoreo de los arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) a través de la metodología AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment). Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana.
- Carrillo L, Horta-Puga G, Carricart-Ganivet J. (2007) Climate and oceanography. en: Coral reefs of the southern Gulf of Mexico, (eds. J W Tunnell, E. A. Chávez, & K. Whithers) pp. 34–40, La Paz México.
- Caso M, Pisantry I, Ezcurra E (2004) Diagnóstico ambiental del Golfo de México (Vol. 1). Instituto Nacional de Ecología.
- Chiappone M, Sullivan KM (1996) Distribution, abundance, and species composition of juvenile scleractinian corals in the Florida reef tract. *Bulletin of marine science*, 58, 555-569.
- Cramer KL, Jackson JB, Donovan MK, Greenstein BJ, Korpany CA, Cook GM, Pandolfi JM (2020) Widespread loss of Caribbean acroporid corals was underway before coral bleaching and disease outbreaks. *Science Advances*, 6,17.
- Díaz JM, Garzón-Ferreira J, Zea S (1995) Los arrecifes coralinos de la isla de San Andrés: estado actual y perspectiva para su conservación. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 1-150.
- Dubinsky Z, Stambler N (2010) Coral reefs: an ecosystem in transition. Springer Science & Business Media.
- Dueñas F, Montenegro A, Acosta A, Vidal M, Villamil M (2010) Guía para el reconocimiento de corales escleractíneos juveniles en el Caribe. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias.
- Edmunds, PJ (2000). Patterns in the distribution of juvenile corals and coral reef community structure in St. John, US Virgin Islands. *Marine Ecology Progress Series*, 202, 113-124.

- Graus, RR, Macintyre IG (1989) The zonation patterns of Caribbean coral reefs as controlled by wave and light energy input, bathymetric setting, and reef morphology: computer simulation experiments. *Coral reefs*, 8, 9-18.
- Grigg R, Maragos JE (1974) Recolonization of hermatypic corals on submerged larva flows in Hawaii. *Ecology*, 55, 378-395.
- Hagman DK, Gittings SR, Deslarzes KJ (1998) Timing, species participation, and environmental factors influencing annual mass spawning at the Flower Garden Banks (Northwest Gulf of Mexico). *Gulf of Mexico Science*, 16, 6.
- Horta-Puga G (2003) Condition of selected reef sites in the Veracruz Reef System (stony corals and algae). *Atoll Research Bulletin*.
- Horta-Puga G, Tello-Musi J, Beltrán-Torres A, Carricart-Ganivet JP, Carriquiry J D, Villaescusa-Celaya J (2015) Veracruz reef system: a hermatypic coral community thriving in a sedimentary terrigenous environment. *Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano. Hacia el corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México*, 181-207.
- Horta-Puga, G, Tello-Musi, J, Córdova-Morales A, Gutiérrez-Carrillo G, Gutiérrez-Martínez J, Morales-Aranda A (2017) Sistema Arrecifal Veracruzano, condición actual y programa permanente de monitoreo: Segunda Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe Final SNIB-CONABIO, proyecto No. GM005, Ciudad de México.
- Horta-Puga G, Tello-Musi J, Córdova, A, Gutiérrez-Carrillo A, Gutiérrez-Martínez J, Morales-Aranda A (2020) Spatio-temporal variability of benthic macroalgae in a coral reef system highly influenced by fluvial discharge: Veracruz, Gulf of Mexico. *Marine Ecology* 41(4).
- Hughes TP, Tanner JE (2000) Recruitment failure, life histories, and long-term decline of Caribbean corals. *Ecology*, 81, 2250-2263.
- Kojis B, Quinn N (2001) The importance of regional differences in hard coral recruitment rates for determining the need for coral restoration. *Bulletin of Marine Science* 69, 967-974.
- Kramer P (2003) Synthesis of coral reef health indicators for the western Atlantic: results of the AGRRA program (1997-2000). *Atoll Research Bulletin*.
- Melo-Merino S, Pérez H, Román M (2015) Reclutamiento coralino in situ y en sustrato artificial en el Sistema Arrecifal Veracruzano, suroeste del golfo de México. *E-Bios*. 2, 96-105.
- Kuffner IB, Walters LJ, Becerro MA, Paul VJ, Ritson-Williams R, Beach KS (2006) Inhibition of coral recruitment by macroalgae and cyanobacteria. *Marine Ecology Progress Series*, 323, 107-117.
- Lang JC, Marks KW, Kramer PR, Kramer PA, Ginsburg RN (2012) Protocolos AGRRA version 5.5. Big Pine Key: Ocean Research & Education.
- Lazar KE, Frazer T K, Jacoby CA, Mary CM (2011) Reproductive strategy of *Siderastrea radians* in the St. Martins Keys, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 87, 91-111.
- Lirman D, Manzello D (2009) Patterns of resistance and resilience of the stress-tolerant coral *Siderastrea radians* (Pallas) to sub-optimal salinity and sediment burial. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 369, 72-77.

- Maida M, Coll JC, Sammarco PW (1994) Shedding new light on scleractinian coral recruitment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 180, 189-202.
- McGuire MP (1998) Timing of larval release by *Porites astreoides* in the northern Florida Keys. *Coral Reefs*, 17, 369-375.
- Neves EG, Da-Silveira FL (2003) Release of planula larvae, settlement and development of *Siderastrea stellata* Verrill, 1868 (Anthozoa, Scleractinia). *Hydrobiologia*, 501, 139-147.
- Miller K, Mundy C (2003) Rapid settlement in broadcast spawning corals: implications for larval dispersal. *Coral reefs*, 22, 99-106.
- Nagelkerken I, Dorenbosch M, Verberk WCEP, De-La-Morinière EC, Van-Der-Velde G (2000) Importance of shallow-water biotopes of a Caribbean Bay for juvenile coral reef fishes: patterns in biotope association, community structure and spatial distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 202,175-192.
- Ortiz-Lozano L, Pérez-España H, Granados-Barba A, González-Gándara C, Gutiérrez-Velázquez A, Martos J (2013) The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management*, 86, 22-32.
- Pérez-España H, Ávila-Gutiérrez PS, Melo-Merino SM, Berumen-Solórzano P, Flores-Arévalo R, Granados-Barba A, González-Gándara C (2015) Patrones interanuales e interarrecifales de las comunidades de peces, corales y equinodermos en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano. *Hacia el corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México*, 159-178.
- Richmond, R (1987) Energetics, competency, and long-distance dispersal of planula larvae of the coral *Pocillopora damicornis*. *Marine Biology*, 93, 527-533.
- Richmond R (1997) Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of reefs. *Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall:175-197.
- Ritson-Williams R, Arnold SN, Fogarty ND, Steneck RS, Vermeij MJ, Paul VJ (2009) New perspectives on ecological mechanisms affecting coral recruitment on reefs. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 38, 437.
- Rogers CS, Fitz HC, Gilnack M, Beets J, Hardin J (1984) Scleractinian coral recruitment patterns at Salt River submarine canyon, St. Croix, U.S. Virgin Islands. *Coral Reefs* 3,69–76.
- Ruiz-Zárata MA, Arias-González JE (2004) Spatial study of juvenile corals in the Northern region of the Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS). *Coral Reefs*, 23, 584-594.
- Rylaarsdam KW (1983) Life histories and abundance patterns of colonial corals on Jamaican reefs. *Mar Ecol Prog Ser* 13,249–260.
- Salas-Monreal D, Salas-Pérez JJ, Salas-de-León DA, Monreal-Gómez MA, Pérez-España H, Ortiz-Lozano superficiales LD, Villegas-Sánchez CA (2017) Corrientes dentro del corredor arrecifal del Suroeste del Golfo de México. *UVserva*, 3, 30-35.
- Shaver E, Courtney C, West J, Maynard J, Hein M, Wagner C, Philibotte J, MacGowan P, McLeod I, Boström-Einarsson L, Bucchianeri K, Johnston L, Koss J (2020) A Manager's Guide to Coral Reef Restoration Planning and Design. NOAA Coral Reef Conservation Program. NOAA Technical Memorandum CRCP 36, 128 pp.

- Smith SR (1992). Patterns of coral recruitment and post-settlement mortality on Bermuda's reefs: comparisons to Caribbean and Pacific reefs. *American Zoologist*, 32, 663-673.
- Soong K (1991) Sexual reproductive patterns of shallow-water reef corals in Panama. *Bulletin of marine science*, 49, 832-846.
- Spalding M, Ravilious C, Green EP (2001) *World atlas of coral reefs*. Univ of California Press, California U.S.A.
- Stoddart DR (1969) Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biological Reviews*, 44, 433-498.
- Tunnell Jr J, Chávez, E, Withers K (2010) *Arrecifes coralinos del sur del Golfo de México*. Texas A&M University Press. Texas.
- Tunncliffe VJ (1980) Biological and physical processes affecting the survival of a stony coral, *Acropora cervicornis*. Yale University.
- Valentine JF, Heck KL (2005) Perspective review of the impacts of overfishing on coral reef food web linkages. *Coral Reefs*, 24, 209-213.
- Van Moorsel GWNM (1983) Reproductive strategies in two closely related stony corals (*Agaricia*, *Scleractinia*). *Mar Ecol Prog Ser*, 13, 273-283.
- Vidal AM, Villamil CM, Acosta A (2005) Composición y densidad de corales juveniles en dos arrecifes profundos de San Andrés Isla, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 34, 211-225.
- Vize PD, Embesi JA, Nickell M, Brown DP, Hagman DK (2005) Tight temporal consistency of coral mass spawning at the Flower Garden Banks, Gulf of Mexico, from 1997-2003. *Gulf of Mexico Science*, 23, 8.
- Wittenberg M, Hunte W (1992) Effects of eutrophication and sedimentation on juvenile corals. *Marine Biology*, 112, 131-138.