

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGIA



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

**“RECLUTAMIENTO DE *Porites lobata* (ANTHOZOA: SCLERACTINIA) EN EL
ÁREA NATURAL PROTEGIDA LOS CÓBANOS, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO POR: SOFÍA GUADALUPE SOLÓRZANO MONTENEGRO
PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, NOVIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

**“RECLUTAMIENTO DE *Porites lobata* (ANTHOZOA: SCLERACTINIA) EN EL
ÁREA NATURAL PROTEGIDA LOS CÓBANOS, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:
SOFÍA GUADALUPE SOLÓRZANO MONTENEGRO

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

ASESORA DE LA INVESTIGACIÓN:
M.Sc. JOHANNA VANESSA SEGOVIA PRADO

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, NOVIEMBRE 2018.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

**“RECLUTAMIENTO DE *Porites lobata* (ANTHOZOA: SCLERACTINIA) EN EL
ÁREA NATURAL PROTEGIDA LOS CÓBANOS, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:
SOFÍA GUADALUPE SOLÓRZANO MONTENEGRO

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

TRIBUNAL CALIFICADOR:

M. SD. MARTHA NOEMÍ MARTÍNEZ

LIC. RODOLFO FERNANDO MENJIVAR

M.Sc. JOHANNA VANESSA SEGOVIA PRADO

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, NOVIEMBRE 2018.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR:

M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS.

VICERECTOR ACADÉMICO

DR. MANUEL DE JESÚS JOYA.

VICERECTOR ADMINISTRATIVO:

ING. NELSON BERNABÉ GRANADOS

SECRETARIO GENERAL

LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FISCAL GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

DECANO:

LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA:

M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2018.

Solo fue un sueño,
ver el mar y sentirlo de una manera diferente
El sueño se hizo realidad,
ahora vivo día a día con la emoción de conocerte.

Dedicatoria

A Dios y a la Virgen

A mis inigualables padres Yolanda y Rubén

Al mejor Hermano postizo Wilson Martínez

Agradecimientos

A Dios, por haberme prestado vida y voluntad para llegar hasta aquí y nunca soltar mi mano cuando mis fuerzas ya no eran las suficientes.

A mis padres (Yolanda y Rubén), no podría pedir mejores padres que ellos, porque día con día me han enseñado a luchar por mis sueños por mucho que las dificultades se presenten, a levantar la cabeza y sobre todo a siempre sonreír.

A mis hermanas (Eloísa y Graciela) por haber sembrado un granito de arena en lo que ahora soy, sobre todo a mi hermana mayor por haber sido mi guía durante muchos años.

Un agradecimiento especial a mi asesora M. Sc Johanna Segovia, por ser mi maestra, mi mentora, agradecerle por su paciencia y su apoyo, sobre todo por su guía en el mundo de las ciencias del mar.

Agradecimientos especiales a el Lic. Rodolfo Menjívar (Lic. Fito) y a M.sD. Martha Martínez, por las observaciones realizadas y su importante aporte en la investigación.

A mi mejor amiga Celeste Girón, que desde que comenzó nuestra amistad con dos colitas en preparatoria (ni me podía hacer colitas porque nunca tuve el cabello largo) hasta la fecha es la persona que no importa lo que suceda que sea o para donde sea vamos juntas.

A mis amig@s, Mónica Flores, Gilma Guerra, Gina López, Adriana Hernández, Gloria Morán, Adriana Ramírez, Enrique Maldonado y Heriberto Torres que estuvieron en lo largo de toda esta etapa de mi vida brindándome su apoyo y sobre todo su valiosa amistad. Les agradezco inmensamente por todo lo que incondicionalmente han hecho por mí desde el momento que los conocí hasta la fecha, haber cultivado amistades como las tuyas hace que el tiempo valga la pena.

Agradecimientos especiales a mi tiburcia (Gaby Erazo) por hacerme la portada

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES), por su apoyo logístico y permitirme usar las instalaciones, a las personas que están ahí que más que ser mis

compañer@s o colegas son como una segunda familia, gracias por disfrutar de la mano lo bonito de las ciencias.

Al MARN y Fundarrecife por su apoyo logístico, en especial a Ana Velásquez y William por su apoyo en campo.

Y quiero tomarme la libertad de agradecer a una persona muy especial que en el poco tiempo que lo conocí me dio su amistad incondicional y fue donde encontré mi Mejor Amigo. Wilson Martínez, un ángel que Dios me permitió conocer y crear un lazo especial con él.

Un agradecimiento más a otra persona especial para mí que conocí desde el primer día. Que, pese a que la vida nos llevó por caminos diferentes, siempre está presente. Pau!

Índice de Contenido

I. Resumen	14
II. Introducción.....	15
III. Objetivos.....	17
General.....	17
Específicos.....	17
IV. Marco Teórico	18
Antecedentes.....	18
Arrecifes y corales hermatípicos	20
Reproducción y reclutamiento	24
Reclutamiento	26
Importancia del reclutamiento e impactos que lo inhiben.....	27
Orden Scleractinia	28
Familia Poritidae.....	28
<i>Porites lobata</i>	29
V. Metodología.....	31
Descripción del área de estudio	31
Fase de Campo	32
Desarrollo	33
Distribución y abundancia de reclutas de <i>Porites lobata</i>	33
Tasa de reclutamiento de <i>Porites lobata</i> sobre sustrato artificial	33
Relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas	35
Análisis estadístico de los datos	36
Distribución y abundancia de reclutas de <i>Porites lobata</i>	36
Tasa de reclutamiento de <i>Porites lobata</i> sobre sustrato artificial	37
Relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas	37
VI. Resultados.....	38
Distribución y abundancia de reclutas de <i>Porites lobata</i>	38
Tasa de reclutamiento de <i>Porites lobata</i> sobre sustrato artificial.....	46
Cobertura del sustrato artificial.....	46

Relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas	51
Cobertura béntica.	51
VII. Discusión	55
Distribución y abundancia de reclutas de <i>Porites lobata</i>	55
Tasa de reclutamiento de <i>Porites lobata</i> sobre sustrato artificial.....	58
Relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas	60
VIII. Conclusiones.....	62
IX. Recomendaciones	63
X. Bibliografía.....	64

Índice de Figuras

FIGURA 1. PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS Y PRINCIPALES CORRIENTES SUPERFICIALES DEL PACIFICO ORIENTAL. TOMADO DE GUZMÁN & CORTES 1993. _____	21
FIGURA 2. PRINCIPALES FORMACIONES ARRECIFALES DE LA PROVINCIA PANÁMICA: 1. BAJA CALIFORNIA, 2. LOS CÓBANOS, 3. ISLA COCOS, 4. ISLA COIBA. 5. COLOMBIA, 6. ISLAS GALÁPAGOS. FUENTE: ICMARES 2007, RETOMADO DE: SEGOVIA Y NAVARRETE 2007. _____	22
FIGURA 3. ANATOMÍA DE UN CORAL. (FAO 1995) _____	24
FIGURA 5. ESQUEMA DE CICLO DE VIDA GENERALIZADO DE LOS CORALES PÉTREOS (SANTIAGO Y RODRÍGUEZ 2016). _____	25
FIGURA 4. <i>PORITES LOBATA</i> , CORAL HERMATÍPICOS MASIVO _____	29
FIGURA 5. MAPA DE UBICACIÓN DE LA PLAYA EL FARO, ANP COMPLEJO LOS CÓBANOS, SONSONATE, EL SALVADOR. _____	32
FIGURA 6. DISPOSICIÓN DE LOS TRANSECTOS Y CUADRANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO PARAR LA OBTENCIÓN DE DATOS EN DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA DE RECLUTAS Y COBERTURA DEL ÁREA; ASÍ MISMO LOS SITIOS DE COLOCACIÓN DE SUSTRATOS ARTIFICIALES. _____	34
FIGURA 7. REGISTRO DE DATOS DE RECLUTAS EN SUSTRATO NATURAL. A. RECLUTA DE <i>PORITES LOBATA</i> B. MEDICIÓN DE RECLUTA CON CINTA MÉTRICA. _____	35
FIGURA 8. ESTIMACIÓN DE PORCENTAJE DE COBERTURA CORALINA CON CUADRANTE DE 1 M ² (TOMADO DE SEGOVIA Y NAVARRETE 2007). _____	35
FIGURA 9. PROCESO DE COLOCACIÓN Y RETIRO DE SUSTRATO ARTIFICIAL, A Y B, COLOCACIÓN DE LAS LOSAS. C Y D DESMONTAJE Y GUARDADO DE LA LOSA _____	36
FIGURA 10. FÓRMULA DE DENSIDAD DE RECLUTAS. _____	37

Índice de gráficos

GRÁFICO 1. ABUNDANCIA TOTAL PROMEDIO DE RECLUTAS ENCONTRADAS ENTRE JUNIO 2017 A MARZO 2018 EN LA PLAYA EL FARO, SONSONATE.	38
GRÁFICO 2. ABUNDANCIA TOTAL PROMEDIO DE RECLUTAS DE <i>PORITES LOBATA</i> ENCONTRADAS ENTRE LAS CUATRO DISTANCIAS PLANTEAS PARA MUESTREO EN LA PLAYA EL FARO, SONSONATE.	39
GRÁFICO 3. DENSIDAD TOTAL PROMEDIO DE RECLUTAS DE <i>PORITES LOBATA</i> ENCONTRADOS DURANTE LOS MESES DE JUNIO 2017 A MARZO 2018 EN LA PLAYA EL FARO, SONSONATE.	39
GRÁFICO 4. DENSIDAD TOTAL PROMEDIO DE RECLUTAS DE <i>PORITES LOBATA</i> ENCONTRADAS EN LAS CUATRO DISTANCIAS PLANTEADAS PARA LA INVESTIGACIÓN EN LA PLAYA EL FARO, SONSONATE.	40
GRÁFICO 5. DENDOGRAMA DEL ANÁLISIS DE CLÚSTER DE DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE RECLUTAS DE <i>PORITES LOBATA</i> EN LA PLAYA EL FARO, ANP COMPLEJO LOS CÓBANOS.	42
GRÁFICO 6. ORDENACIÓN POR ESCALADO MULTIDIMENSIONAL NO MÉTRICO (MDS) BASADA EN LA DISTRIBUCIÓN Y LA ABUNDANCIA DE LOS RECLUTAS DE <i>PORITES LOBATA</i> CON RESPECTO A LA DISTANCIA DE LOS TRANSECTOS.	44
GRÁFICO 7. ORDENACIÓN POR ESCALADO MULTIDIMENSIONAL NO MÉTRICO (MDS) BASADA EN LA DISTRIBUCIÓN Y LA ABUNDANCIA DE LOS RECLUTAS DE <i>PORITES LOBATA</i> CON RESPECTO A LOS MESES DE MUESTREO.	45
GRÁFICO 8. RELACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE RECLUTAS DE <i>PORITES LOBATA</i> EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA Y LOS MESES DE MUESTREO.	45
GRÁFICO 8. PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE SUSTRATO ARTIFICIAL SUMERGIDO DE JUNIO 2017 A MARZO 2018.	47
GRÁFICO 9. PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE SUSTRATO ARTIFICIAL SUMERGIDO DE JUNIO 2017 A MARZO 2018 (ÁREA EXPUESTA A LA LUZ, PARTE SUPERIOR).	47
GRÁFICO 10. PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE SUSTRATO ARTIFICIAL SUMERGIDO DE JUNIO 2017 A MARZO 2018 (ÁREA NO EXPUESTA A LA LUZ, PARTE DE ABAJO DEL SUSTRATO).	48
GRÁFICO 11. PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE SUSTRATO ARTIFICIAL SUMERGIDO DE JUNIO 2017 A MARZO 2018 (LATERAL 1).	48
GRÁFICO 12. PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE SUSTRATO ARTIFICIAL SUMERGIDO DE JUNIO 2017 A MARZO 2018 (LATERAL 2).	49
GRÁFICO 13. PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE SUSTRATO ARTIFICIAL SUMERGIDO DE JUNIO 2017 A MARZO 2018 (LATERAL 3).	49

GRÁFICO 14. PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE SUSTRATO ARTIFICIAL SUMERGIDO DE JUNIO 2017 A MARZO 2018 (LATERAL 4).	50
GRÁFICO 15. RELACIÓN ENTRE LOS PROMEDIOS DE COBERTURAS DE LOS SUSTRATOS ARTIFICIALES DE LAS DIFERENTES PARTES EXAMINADAS.	50
GRÁFICO 16. PROMEDIO TOTAL DE COBERTURA BÉNTICA OBSERVADA EN EL MES DE JUNIO 2017 EN LA PLAYA EL FARO, SONSONATE	52
GRÁFICO 17. PROMEDIO TOTAL DE COBERTURA BÉNTICA OBSERVADA EN EL MES DE SEPTIEMBRE 2017 EN LA PLAYA EL FARO, SONSONATE	52
GRÁFICO 18. PROMEDIO TOTAL DE COBERTURA BÉNTICA OBSERVADA EN EL MES DE DICIEMBRE 2017 EN LA PLAYA EL FARO, SONSONATE	53
GRÁFICO 19. PROMEDIO TOTAL DE COBERTURA BÉNTICA OBSERVADA EN EL MES DE MARZO 2017 EN LA PLAYA EL FARO, SONSONATE	53

I. Resumen

Se conoce como reclutamiento al establecimiento de nuevos individuos a la comunidad coralina, es uno de los procesos más importantes dentro del mantenimiento y recuperación de los arrecifes y cumple un papel central en la determinación de la densidad poblacional, la tasa de reclutamiento es dependiente de diversos factores que afectan la reproducción de los arrecifes y las condiciones que estos presenten para facilitar el asentamiento.

El objetivo principal de este estudio es describir el reclutamiento de *Porites lobata* en el Área Natural Protegida (ANP) Los Cóbano, El Salvador.

Para ello se planificó la fase de campo con un año de duración entre marzo del 2017 a marzo 2018, en un área de 60 m² se determinó la distribución y abundancia de reclutas (<2 cm) y la cobertura béntica en cuatro transectos paralelo a la costa hasta los 600 m de distancia. Obteniendo 13 reclutas en total, tres de origen sexual y 10 por muerte parcial de las colonias, el mayor número fue encontrado en el transecto 1 ubicado a los 300 m de distancia desde la costa durante el mes de diciembre de 2017.

Además, se determinó la tasa de reclutamiento en sustratos artificiales de barro por el periodo de un año, registrando dos reclutas, con una tasa de reclutamiento de 1.36 indiv/m², valor que puede ser considerado bajo en comparación con los arrecifes del caribe y entre el promedio de los arrecifes del PTO.

Finalmente, se analizó la relación entre la cobertura béntica y la densidad de recluta donde se estimó una relación directamente proporcional.

II. Introducción

Los arrecifes de coral son una masa compacta de carbonato de calcio (CaCO_3) a poca profundidad en el mar, formada por una acumulación de exoesqueletos calcáreos de coral y algas calcáreas rojas (MARN 2005). Son considerados uno de los ecosistemas más productivos y diversos de la tierra. La diversidad de los arrecifes está asociada a organismos invertebrados que son sus constructores primarios: los corales hermatípicos (Glynn 1997). Estos corales se encuentran limitados a aguas cálidas y relativamente someras (hasta 100 m de profundidad), sin embargo, pueden encontrarse fuera de los trópicos si las corrientes de aguas cálidas se introducen a latitudes más altas (Maragos 1977, Harii et al. 2001). Además, dichos organismos requieren de bajas concentraciones de nutrientes y poca sedimentación para su mejor desarrollo (Birkeland 1997, Glynn 1997)

En los procesos de mantenimiento y renovación de las comunidades coralinas participan dos procesos importantes: la reproducción y el reclutamiento. La reproducción es el proceso por el cual se forman nuevos individuos, y es el primer paso para el establecimiento, mantenimiento y reemplazo de corales muertos en las poblaciones mientras que el reclutamiento se define como el proceso en el que nuevos organismos se incorporan a la comunidad arrecifal, el éxito de este proceso es muy importante para la recuperación de los arrecifes degradados (Mora 2005)

En El Salvador, el Área Natural Protegida (ANP) Los Cóbano, es la primera que da apertura a un espacio marino en su estructura de conservación (Oviedo 2010); este se caracteriza por ser uno de los pocos ecosistemas en el país que posee una formación rocosa de origen volcánico con crecimiento coralino (3 especies hermatípicas); esta zona alberga diversidad de organismos acuáticos, muchos con importancia comercial como

peces, moluscos y crustáceos, que la utilizan como área de crianza, desove y protección (Reyes y Barraza 2003, ICMARES 2007).

Este estudio tuvo como objetivo “Describir el reclutamiento de *Porites lobata* en el arrecife del Área Natural Protegida Los Cóbano”, con el fin de abonar a las investigaciones anteriormente realizada sobre el ANP y sus estructuras coralinas, y de esa manera también generar información base para establecer programas de monitoreo con diferentes enfoques y posteriores investigaciones.

III. Objetivos

General

Describir el reclutamiento de *Porites lobata* en el Área Natural Protegida (ANP) Los Cóbano, El Salvador.

Específicos

- Determinar la distribución y abundancia de reclutas de *Porites lobata* en la zona intermareal de la playa El Faro en el ANP Los Cóbano, El Salvador.
- Conocer la tasa de reclutamiento de *Porites lobata* sobre sustrato artificial en la zona intermareal de la playa El faro en el ANP Los Cóbano, El Salvador.
- Analizar la relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas de *Porites lobata* en la zona intermareal de la playa El Faro en el ANP Los Cóbano, El Salvador.

IV. Marco Teórico

Antecedentes

Los estudios de reclutamiento no son muy comunes en el Pacífico Tropical Oriental (PTO). Una de las principales dificultades en estos estudios son el de observar e identificar el coralito o recluta en sus primeros estadios, debido a su pequeño tamaño y simplicidad estructural. Estudios en sustrato natural son pocos en la región, la técnica más utilizada es de sustratos artificiales, ya que es de bajo costo comparada a fluorescencia diferencial. Los sustratos artificiales pueden ser analizados microscópicamente en el laboratorio una vez que son retirados de los sitios de muestreo. Algunos estudios que son antecedente de estos experimentos en el PTO son:

- Birkeland (1977) utilizó sustratos artificiales de terracota durante un año, encontró 0.21 individuos por m^2 por año en Panamá.
- Bak y Engel (1979) realizó un estudio de la distribución, abundancia y sobrevivencia de los corales scleractinidos durante un año, teniendo como resultado que la mayor abundancia de juveniles fue de *Agaricia agaricites* (60.6 %).
- Guzmán (1986) utilizó sustrato artificial de terracota durante un año, pero no encontró ningún recluta en la Isla del Caño, Costa Rica.
- Richmond y Hunter (1990) comparó la reproducción y el reclutamiento entre el Caribe, Pacífico y el Mar Rojo, y determinó que existen características específicas por especies y lugar.
- Reyes y Calderón (1994) calcularon la tasa de reclutamiento de 0.71 $indv/m^2$ año en el arrecife del Cabo Pulmo, Baja California Sur.
- Medina (2000) detectó 0.61 $indv/m^2$ al año utilizando sustratos artificiales de barro durante 6 meses en Bahía de Banderas, Jalisco.

- Vizcaíno (2000) determinó patrones de reclutamiento en corales hermatípicos de Bahía Banderas, México por 1 año, así como la capacidad de regeneración después de un evento del Niño. Obteniendo 2 reclutas del género *Porites*.
- Mora (2002) halló 7.96 individuos año en las Bahías de Huatulco (Oaxaca) utilizando losas de terracota como sustratos artificiales durante un año.
- Ríos (2004) registró 0.2058 reclutas por losa en un área de 19.6 m² y una tasa de reclutamiento de 2.31 indiv/m²/ 1.08 años. En sustrato artificial se encontraron 3 reclutas con menos de 7 semanas de desarrollo, en el arrecife de Jalisco, México.
- Medina et al. (2005) estudió después de un evento de El Niño Oscilación del Sur la recuperación y repoblación de los corales en 9 arrecifes de Jalisco y Nayarit (México), utilizando losas de barro con duración de 6 meses, se encontraron 9 ejemplares de *Porites*.
- Mora (2005) describió el ciclo reproductivo de *Porites panamensis* en un año. Determinó periodos reproductivos anuales y ciclos gametogénicos, así como la eventual sincronización con las fases lunares. No hubo correlación estadísticamente significativa en los ciclos gametogénico mensual, así como la eventual sincronización con las fases lunares. registrando una proporción sexual de 1:1.
- López et al. (2007) utilizaron sustrato artificial de terracota durante 13 meses, encontrando 0.85 individuos por un año en las Bahías de Huatulco en Oaxaca.
- Cabral (2010) experimentó en colonias restauradas donde evaluó la recolonización y la tasa de reclutamiento durante un año en México. Utilizando losetas de ladrillo en 6 sitios, registró la tasa de reclutamiento promedio 17.92 indiv m² año en bahía de La Paz y en las islas de Loreto de 1.79 indiv m² al año.

- Segovia & Navarrete (2007) estudió recientemente la comunidad coralina de Los Cóbanos en El Salvador.

Arrecifes y corales hermatípicos

Los Arrecifes coralinos son ecosistemas complejos conformados principalmente por corales hermatípicos o scleractinidos, llamados también constructores de arrecifes. Se encuentran limitados a aguas cálidas y relativamente someras (hasta 100 m de profundidad) y formando ecosistemas de alta productividad (Mora 2005).

La biogeografía de corales scleractinidos para la costa del Pacífico americano subdivide en seis provincias biogeográficas (Guzmán y Cortes 1993): 1. Provincia Californiana, 2. Corteziana, 3. mexicana, 4. panámica, 5. Galapaguense y 6. peruano-chilena (Figura 1).

La provincia panámica se reconoce como la región continental que comprende desde el Golfo de Tehuantepec, México (16°N) al Golfo de Guayaquil, Ecuador (3°S) (Figura 1). Con un área aproximadamente de 9,975 km de costas continentales, incluyendo las islas oceánicas de Clipperton, Cocos y Malpelo. La provincia se caracteriza por su gran diversidad de especies dentro del Pacífico de América. (Guzmán y Cortes 1993). Además, por una franja en la que sobresalen seis formaciones o parches de arrecifes de coral (Figura 2).

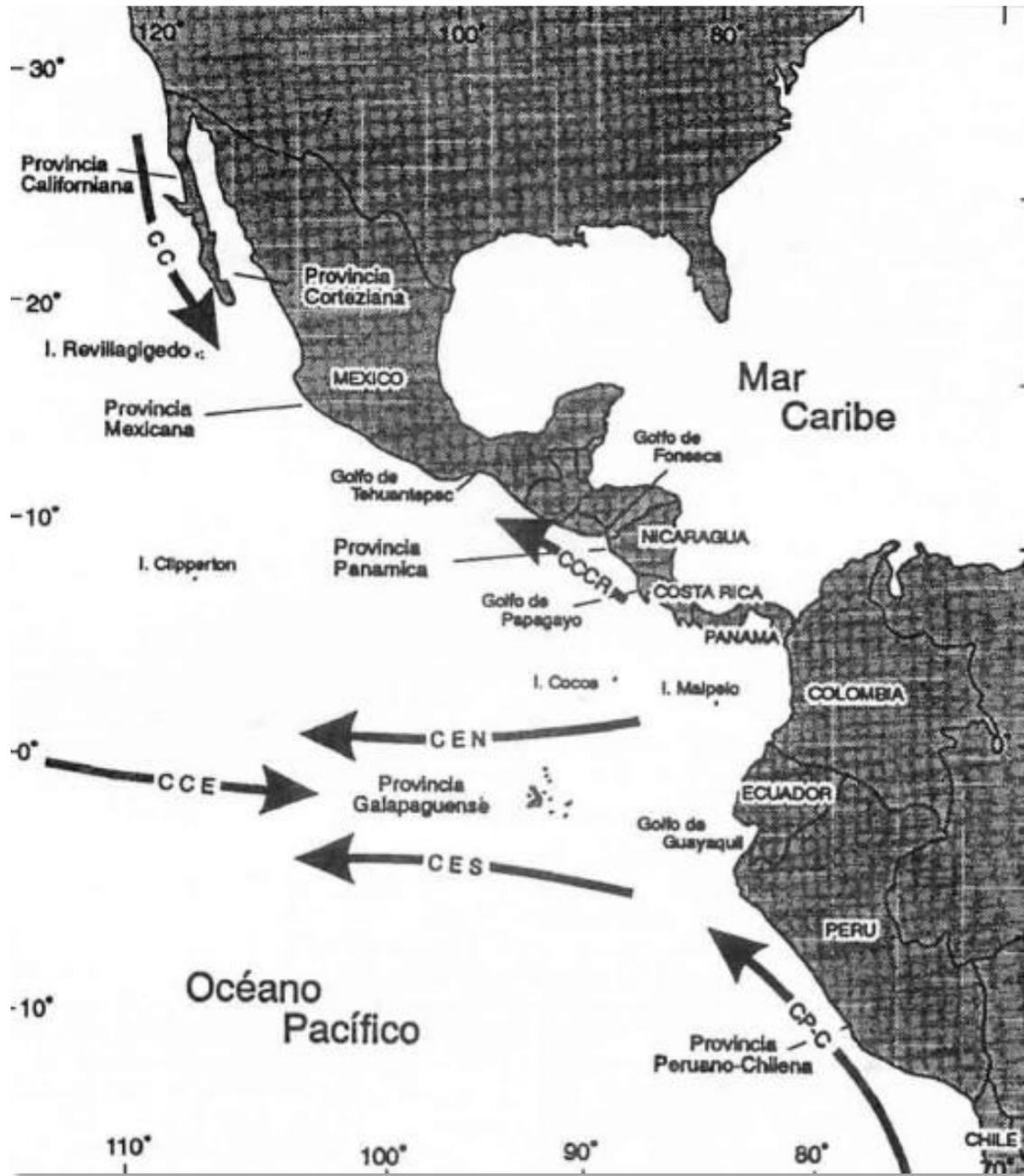


Figura 1. Provincias biogeográficas y principales corrientes superficiales del Pacífico Oriental. Tomado de Guzmán & Cortes 1993.

Entre ellos destaca el sistema arrecifal del Área Natural Protegida (ANP) Complejo Los Cóbanos en El Salvador, zona que presenta formaciones rocosas de origen volcánico (Orellana 1985) con una franja angosta de terrazas marinas en abrasión, que

se extiende un kilómetro hacia Punta Remedios. El arrecife posee el coral hermatípicos *Porites lobata*, generalmente encontrado en zonas poco profundas (Segovia y Navarrete 2007).



Figura 2. Principales formaciones arrecifales de la Provincia Panámica: 1. Baja California, 2. Los Cóbanos, 3. Isla Cocos, 4. Isla Coiba. 5. Colombia, 6. Islas Galápagos. Fuente: ICMARES 2007, Retomado de: Segovia y Navarrete 2007.

Los corales pertenecen al grupo de celenterados que se caracterizan por poseer una estructura que funciona como cavidad digestiva y eliminación de residuos, llamada celenteron. Su cuerpo está conformado por una unidad principal llamada pólipos, el cual es un cuerpo blando con una estructura simple similar a la de un saco. Las paredes del pólipo se conforman de dos capas de tejidos, una externa (ectodermo) y una interna (endodermo); que se separan por una capa intermedia de consistencia gelatinosa (mesoglea); dónde se da una de las más importantes asociaciones con algas simbiotes

o zooxantelas. El pólipo presenta una apertura redondeada con un cáliz compuesto de un número variable de tentáculos, por lo que se puede dividir en dos grupos, octocorales (ocho tentáculos o múltiplos de ocho) y hexacorales (seis tentáculos o múltiplos de seis), los tentáculos pueden retraerse dentro del cáliz tanto por estímulo externo como guiado por ritmos endógenos, cumple una función defensiva, además de ser esencial para capturar alimento. (Mojetta 2006)

Cada pólipo se comunica con el exterior a través de la boca, con una fisura ovalada o alargada que conecta con un tubo corto (faringe) y conduce hasta la cavidad gastrovascular, la cual está dividida longitudinalmente por una serie de nichos separados entre sí por repliegues (mesenterios) que convergen en la cavidad central, los mesenterios desempeñan un importante papel en el proceso digestivo y participa además, en los procesos de reproducción (es donde se da la formación de las gónadas). Los pólipos poseen la capacidad de conectarse entre sí por un esqueleto común (cenosteo) que puede formar una lámina base o puede construir una arborescencia o masa globular compacta. El coralito es típicamente cilíndrico o en cáliz, con una sección circular u ovalada. En ella es posible distinguir una serie de elementos que ayudan a clasificar y reconocer las especies individuales. La estructura de un coralito se compone de tres partes principales: una placa base que se adhiere al sustrato, una pared teca (costilla) y un cáliz, que está destinada a proteger el pólipo (Mojetta 2006).

A medida que crece la colonia, los coralitos secretan espesas mucosidades horizontales llamadas disepimentos, mecanismo que da lugar al crecimiento vertical de los arrecifes (Mojetta 2006).

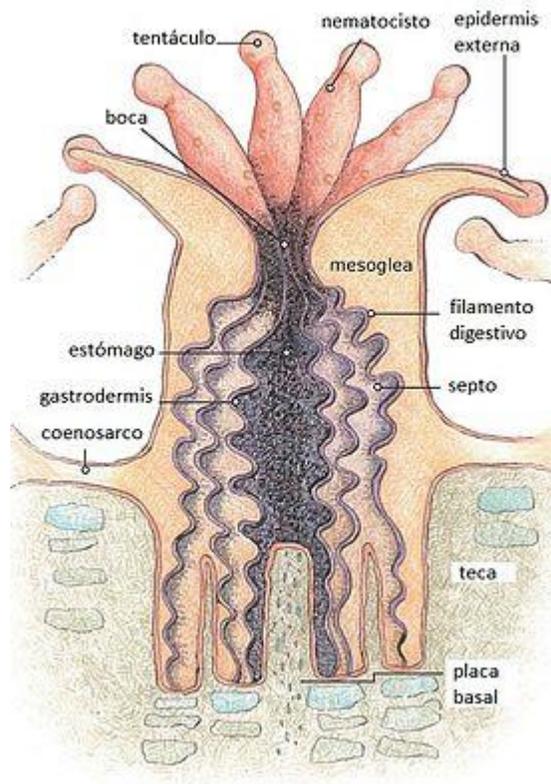


Figura 3. Anatomía de un coral.

Reproducción y reclutamiento

Dentro de la colonización y permanencia de los arrecifes de coral, se involucran dos procesos biológicos importantes: la reproducción y el reclutamiento. (Richmond 1997a).

La reproducción se encuentra relacionada con el mantenimiento poblacional y evolución de los corales, este mecanismo permite la dispersión y colonización de nuevos ambientes, los corales presentan dos tipos de reproducción: (1) sexual y (2) asexual (Harrison y Wallace 1990).

La reproducción sexual es aquella que da origen a nuevas colonias genéticamente distintas, por medio de la combinación de genes, asegurando la adaptación y dispersión larval (Santiago y Rodríguez 2016). Dentro de la reproducción sexual se puede dividir en diferentes aspectos:

1. Modo reproductivo (lugar donde se realiza la reproducción): (a) Liberadores o fertilización externa (se reproducen en uno o dos ciclos por año) e (b) incubadoras o fertilización interna (se reproducen varias veces al año siguiendo los ciclos lunares) (Richmond y Hunter 1990).
2. Dependiendo de las colonias (sexo): (a) gonocoridas (las colonias poseen sexos separados) o (b) hermafroditas (ambos sexos presentes en una misma colonia).

La reproducción asexual puede ser por fragmentación, partenogénesis, desprendimiento de tejido, división de un pólipo, fisión, o expulsión de un pólipo; lo que produce nuevas colonias "clones", ya que poseen el mismo código genético. Ante eventos extremos constantes, este método es más eficaz para mantener la población (Santiago y Rodríguez 2016).

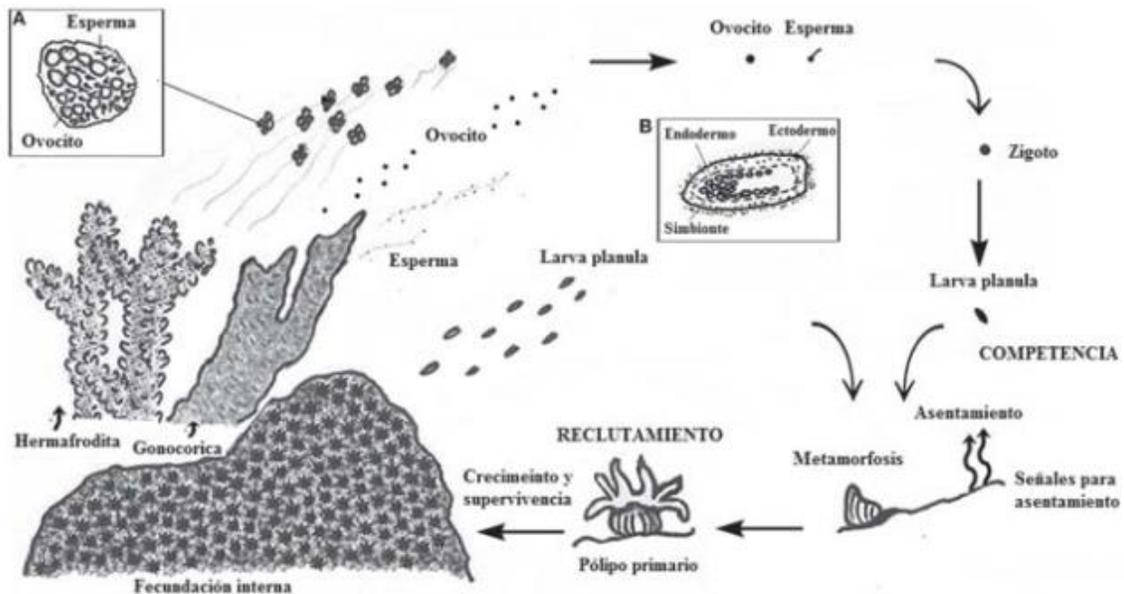


Figura 5. Esquema de ciclo de vida generalizado de los corales pétreos (Santiago y Rodríguez 2016).

Reclutamiento

El Reclutamiento coralino, entendido como 1. El proceso en el que este organismo empieza a formar parte del arrecife (Richmond 1997b). 2. Proceso en donde nuevos miembros que entran a una población por reproducción sexual, se hacen visibles y pueden ser registrados en campo (Connell, 1985). Es un proceso fundamental debido a que determina el mantenimiento, la renovación y la estructura futura de las comunidades coralinas (Bak y Engel 1979). El reclutamiento comprende dos procesos principales, el asentamiento y la metamorfosis (Ríos 2004).

1. Asentamiento: cuando las larvas encuentran un sitio adecuado para el desarrollo de una colonia.
2. Metamorfosis: proceso de desarrollo de algunas especies de invertebrados marinos, que implica la transformación del organismo para dejar su etapa de vida libre para seguir en su desarrollo una etapa sésil.

Como sinónimo parcial de juvenil existe el término de recluta. Los juveniles involucran corales recién reclutados (Richmond y Hunter 1990) y otros que reclutaron un tiempo atrás y que lograron establecerse sobre un sustrato y sobrevivir. El recluta es un individuo nuevo, que arriba a una población dada, o pólipo solitario de menor tamaño que ha logrado sobrevivir desde el asentamiento hasta la metamorfosis. Dado que el límite superior de talla o edad de un juvenil es arbitrario; es decir que existen diversos factores mediante los cuales se les puede establecer esta categoría (Especie, tipo de coral, entre otros.). (Vidal et al. 2005).

Para que se dé lugar al reclutamiento, es necesario que la larva encuentre condiciones altamente específicas que garanticen la creación de una nueva colonia, como la presencia de ciertas algas coralinas (que permiten el desarrollo de corales),

como algas rojas costrosas, películas de diatomeas bentónicas o algunas bacterias, además de ello la cantidad de luz adecuada para lograr la simbiosis con el alga zooxantela, movimiento del agua, salinidad, suspensión de sedimento o sedimentación y el tipo de sustrato (Richmond 1997b).

Importancia del reclutamiento e impactos que lo inhiben.

Los procesos de crecimiento y sobrevivencia de los juveniles pueden ser afectados por diversos factores (como tiempo y espacio) o controlados por características específicas de la especie, o aquellos factores que afecten a la reproducción. Los aspectos que pueden alterar el reclutamiento pueden ser:

1. Interacciones con otros organismos
2. Factores ambientales
3. Espacio disponible para el asentamiento
4. Disturbios naturales que pueden alterar el sustrato
5. Sustratos contaminados
6. Blanqueamiento del coral
7. Profundidad
8. Orientación del sustrato
9. Dispersión y disponibilidad de larvas
10. Entre otras

El reclutamiento exitoso de nuevas colonias es muy importante para la recuperación de arrecifes degradados después de eventos de mortalidad o para su subsistencia y dispersión. (Alcohado et al. 2012, Sánchez 2014). Aunque son muchos los factores que pueden estar interviniendo en el reclutamiento, es de suma importancia el estudio de esta fase de la biología reproductiva de los corales, para conocer que especies abastecen los arrecifes de la zona o arrecifes aledaños.

Orden Scleractinia

Antiguamente Madreporaria, el orden scleractinia es conocido como corales de piedra o corales duros, por la característica de generar un esqueleto de carbonato de calcio y una estructura generalmente hexameral simétrica. Este comprende 16 familias. Son corales que crecen en mares tropicales y subtropicales de todo el mundo, formando en muchos casos arrecifes que pueden extenderse hasta 60 m de profundidad (Fischer et al. 1995).

El área conocida con la mayor diversidad de especies de corales se extiende desde el centro del archipiélago de las Filipinas hasta el mar Banda. Más de 500 especies han sido citadas para esta área, pero este número va disminuyendo gradualmente a través del Océano Pacífico en dirección Este, quedando reducido a solo 15 especies hermatípicas (generadoras de arrecifes) en la costa pacífica de América (excluyendo a Isla Galápagos). En el Pacífico Centro Oriental se conocen 17 especies de corales scleractinidos que no forman arrecifes, de las cuales seis son endémicas (Fischer et al. 1995).

Familia Poritidae

La familia Poritidae se distribuye a lo largo de los trópicos, con 140 especies, dentro de la cual se encuentran algunas que son de corales constructores de arrecifes. La familia incluye seis géneros: *Alveopora*, *Goniopora*, *Machadaporites*, *Porites*, *Poritipora* y *Stylaraea*; de los cuales, los más diversos en especies son: *Porites*, *Goniopora* y *Alveopora*. El género más común en el indo-pacífico es *Porites*, que se extiende desde regiones templadas hasta tropicales (Kitano et al. 2014).

Porites lobata

Suborden Poritiina Verón 1995

Familia Poritidae Gray 1842

Género *Porites* Link 1807

Porites lobata Dana 1846



Figura 4. *Porites lobata*, coral hermatípicos masivo. Foto por: Sofia Solórzano

El género *Porites* es considerado uno de los más importantes por su rol evolutivo, ecológico y estructural; establecido desde hace millones de años dentro de los arrecifes coralinos. Actualmente la importancia de este género ha ido en aumento, debido a la información que genera para investigaciones geológicas, evolutivas, ecológicas, medicinales, entre otros; y, por su clara dominancia en estos ecosistemas. La taxonomía de este grupo posee un grado de complejidad, debido a la variación de su morfología que complica la identificación entre las especies, pues tiende a existir confusiones entre ellas (Venera et al. 2008).

Porites lobata es coral pétreo del orden Scleractinia, familia Poritidae, que pertenece al grupo de los corales formadores de arrecife y tiene una amplia distribución geográfica en el mundo, habitando desde el Mar Rojo hasta el Pacífico oriental (Verón 1992); es una de las especies más importantes en los arrecifes del Pacífico Oriental Tropical, observándose en las islas de Revillagigedo, Nayarit (México) Costa Rica (Isla de Coco), Panamá, Colombia (Isla Malpelo), El Salvador, Ecuador (Galápagos), y Clipperton; en el Pacífico Occidental y Central, desde Japón, Filipinas y Australia hasta

las Islas Line, Hawái y Pitcairn hacia el este (Verón 1992, Guzmán & Cortes 1993, Ketchum & Reyes 2001).

El primer registro se publicó hace más de 30 años, en las costas americanas, en las Islas Galápagos de Ecuador (Durham 1962). Fue considerada como una especie dudosa hasta que se confirmó una década después en Panamá y la Isla de Pascua, Chile y Costa Rica (Porter 1972, Wells 1972, Glynn et al. 1982, Cortés y Murillo 1985); de esta manera, su zona de distribución fue aceptada en el Pacífico Oriental entre los 12° N y 0° N, y en los 25° S

La colonia es gonocórica y su modo de reproducción es por incubación, es decir que se reproduce varias veces al año, y este proceso depende del ciclo lunar. Según Richmond y Hunter (1990) en las fases intermedias de la luna o en las fases terminales de Julio en el pacífico central; sin embargo, Kojis y Quinn (1981) afirman que la liberación de los gametos es en diciembre en luna nueva, fase intermedia y el último trimestre de luna, en la gran barrera de coral y según Hunter (1988), el mes reproductivo es en agosto, para los arrecifes de Hawái. (Richmond y Hunter 1990).

V. Metodología

Descripción del área de estudio

La playa El Faro posee 24 km² y se encuentra ubicada en el Área Natural Protegida (ANP) Los Cóbano, en el departamento de Sonsonate; a 11 km al oriente del municipio de Acajutla. El ANP Los Cóbano se ubica entre las coordenadas geográficas 13° 31' 25.4" N 89° 48' 24.3" O, y limita con la franja costera de El Zope y los manglares de Barra Salada. Según la regionalización de Holdrige (1975), el área pertenece a la zona de vida del bosque húmedo subtropical (Segovia y Navarrete 2007). El ANP Los Cóbano fue declarada en 2007 por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), fue la primera área en el país en incorporar zona marino-costera. Con la protección de 21,312 hectáreas (Arrivillaga et al. 2009), siendo el ANP con mayor extensión de protección en la zona marina del país.

En la playa El Faro se encuentran las colonias de coral con más fácil acceso desde la playa, y a poca profundidad; siendo ideales para la realización de la investigación. El área presenta un oleaje moderado y una franja rocosa perpendicular a la costa de aproximadamente 700 m de longitud con pendientes de mediana altura. La cobertura bentónica se conforma en mayor porcentaje de algas, coral vivo *Porites lobata* y coral muerto de *Pocillopora spp* (Segovia & Navarrete 2007).

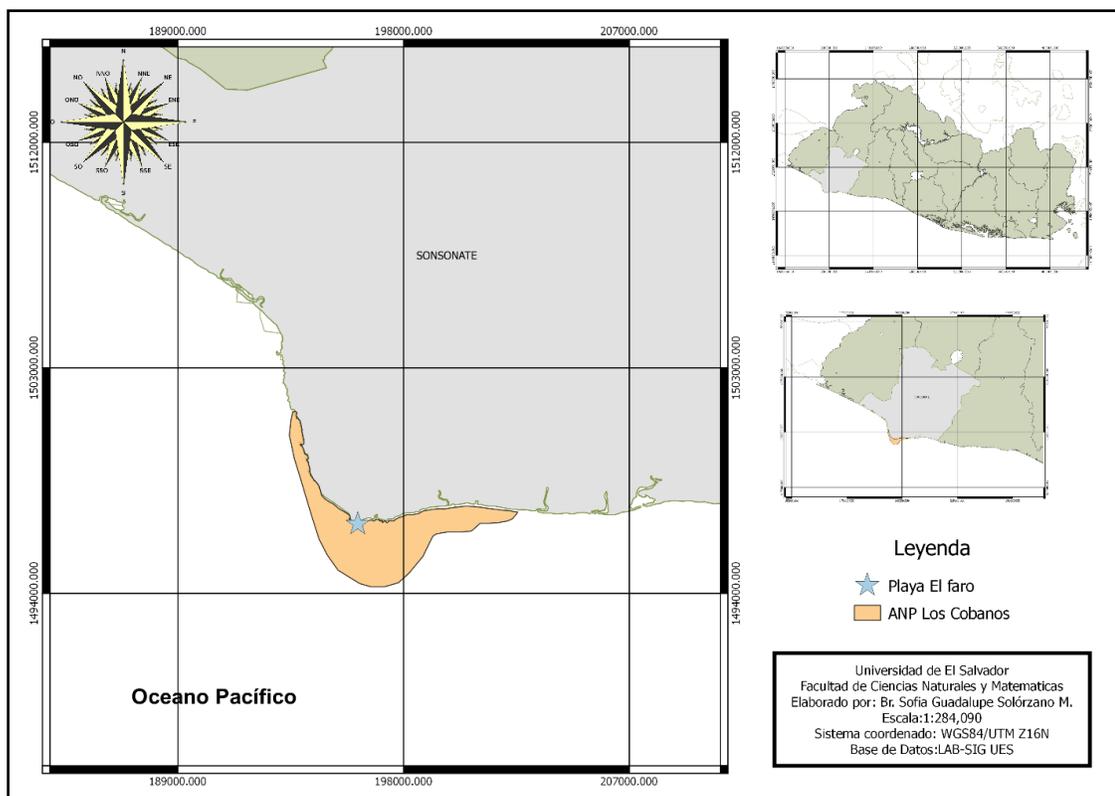


Figura 5. Mapa de ubicación de la Playa El Faro, ANP Complejo los Cóbanos, Sonsonate, El Salvador.

Fase de Campo

La duración de la fase de campo del estudio fue de un año, iniciando en marzo de 2017 y finalizando en marzo 2018. Se realizaron muestreos en intervalo de 3 meses, dando 5 muestreos en total, en el primer mes se identificó las zonas de muestreo y se colocó losas de barro para el experimento de sustrato artificial. La calendarización de los muestreos se estableció según las condiciones ambientales, climáticas y el calendario de mareas de los Almanques 2017-2018. La toma de datos se realizó utilizando la técnica de buceo libre (snorkel) en marea baja. Los datos fueron anotados en una tabla de acrílico para facilitar la escritura bajo agua. El equipo básico de muestreo se conformó por un cuadrante de tubo de PVC de 1m² y equipo de buceo libre (careta y snorkel).

Desarrollo

Distribución y abundancia de reclutas de *Porites lobata*

Para orientarse en el área de trabajo, se estableció una línea perpendicular desde la playa hasta 600 m de distancia, colocando cuatro transectos horizontales de 30 m cada uno, separados entre sí por cada 100 metros. Definiendo como primer transecto el de 300 m, el segundo a los 400, el tercero a los 500 y el cuarto a los 600 m. Se inició a los 300 m de distancia ya que es el área dónde aumenta la cobertura de coral vivo de *Porites lobata*. Los transectos fueron recorridos con un cuadrante de PVC de 1 m², tomando los datos de un cuadrante sí y uno no, para totalizar 15 cuadrantes por transecto (Fig. 6). Considerándose recluta toda aquella colonia que mide menos de dos centímetros de longitud (English et al. 1997). En todo cuadrante se tomó el registro de medidas de la colonia, número de reclutas encontrados, registro fotográfico, y el origen del recluta (Figura 7) (por reproducción sexual o fragmentación por muerte de tejido) y de presentarse, características de blanqueamiento o mordedura. Realizándose muestreos cada tres meses.

Tasa de reclutamiento de *Porites lobata* sobre sustrato artificial

El sustrato artificial utilizado en el experimento fue losas de barro con medidas de 22 x 15 x 2.3 cm, tamaño que permite la fácil manipulación e instalación. El sustrato artificial fue colocado en dos zonas a diferente distancia desde la costa, la primera a 350 m y la segunda a 450 m (Figura 6). En cada zona, fueron colocadas 10 losas de barro, las cuales se fijaron con estacas de acero inoxidable de aproximadamente 32-35 cm de altura, se ubicaron de manera aleatoria a una profundidad mínima de 20 cm en marea baja.

Se retiró cuatro losas cada tres meses, dos de cada zona; al momento de ser retiradas, las losas fueron introducidas en bolsas Ziplock de manera individual con su debida rotulación (Figura 8), luego fueron trasladadas al laboratorio en una hielera donde se ubicaron cuidadosamente para evitar cualquier daño.

Una vez en laboratorio, a las losas se les eliminó la materia orgánica con solución de hipoclorito de sodio y agua de mar al 2% por 48 horas, posteriormente se secaron al sol. La revisión de cada una de ellas fue realizada con un estereoscopio. Se registró los datos de cobertura béntica y número de reclutas que se observaron a cada lado, según la metodología de Melo et al (2015) y English et al (1997).

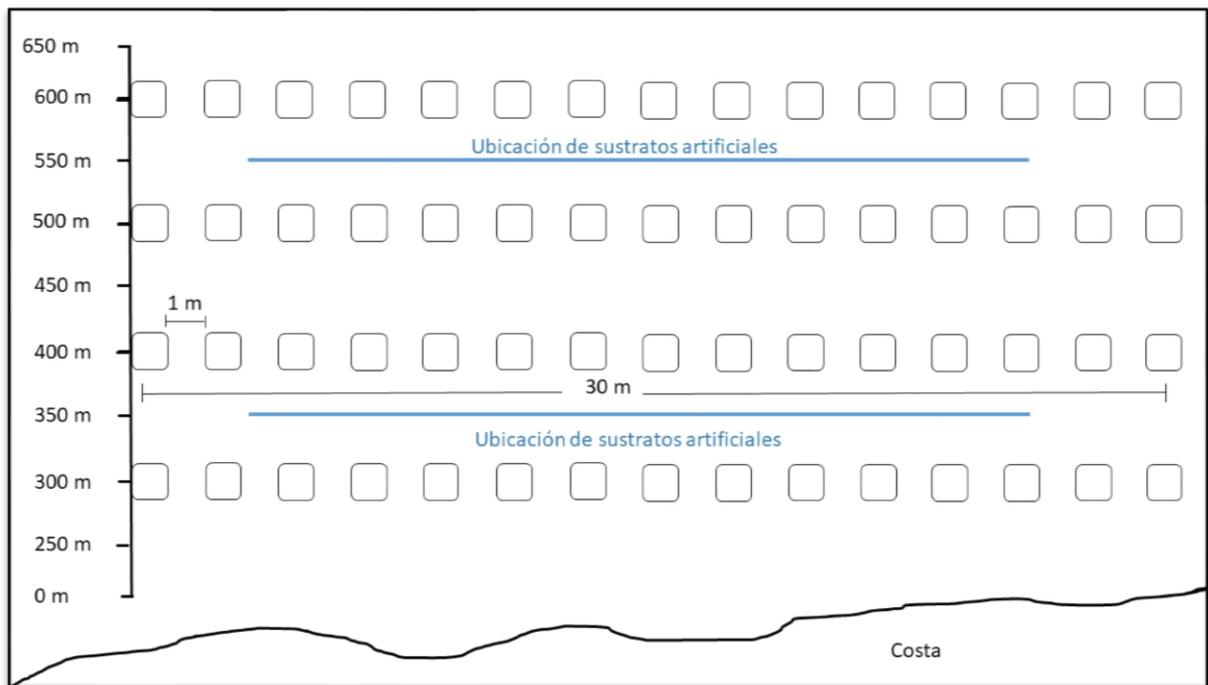


Figura 6. Disposición de los transectos y cuadrantes en el área de estudio para la obtención de datos en distribución, abundancia de reclutas y cobertura del área; así mismo los sitios de colocación de sustratos artificiales.

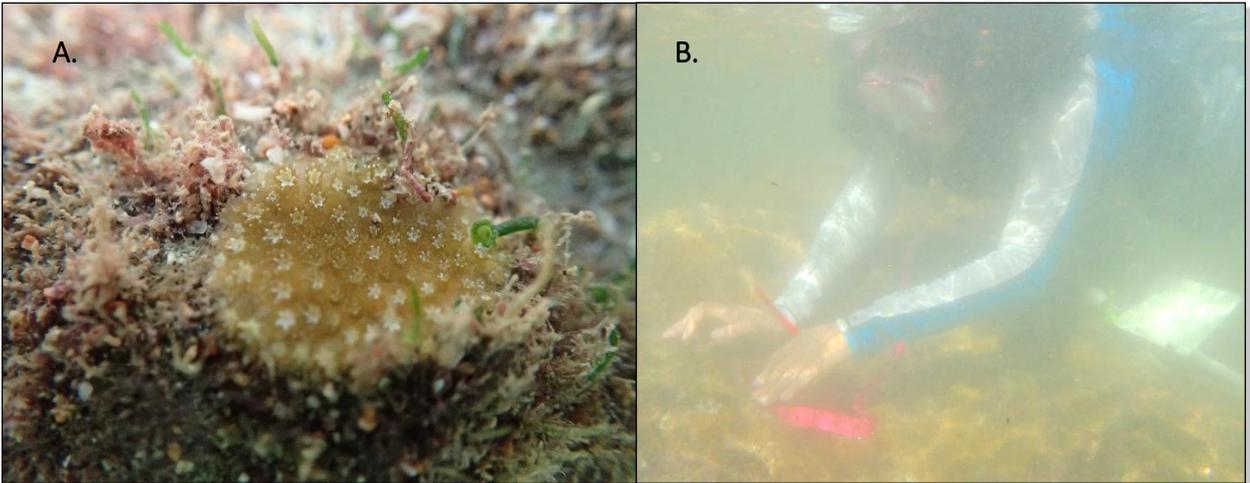


Figura 7. Registro de datos de reclutas en sustrato natural. A. Recluta de *Porites lobata* B. Medición de recluta con cinta métrica.

Relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas

El porcentaje de cobertura se cuantificó en los cuatro transectos (Figura 6), con ayuda del cuadrante de 1 m², registrando la cobertura de coral vivo o muerto, macroalgas (roja, verde o parda), tapetes algales (turf), algas coralinas (calcárea), arena y roca (Figura 8).

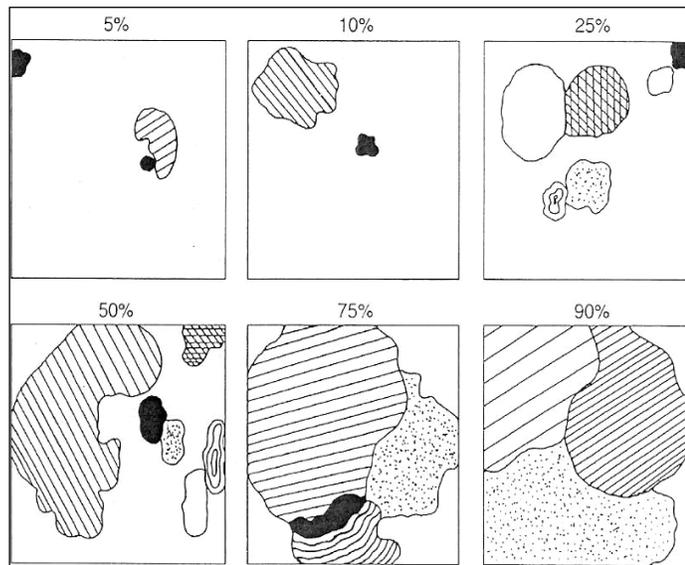


Figura 8. Estimación de porcentaje de cobertura coralina con cuadrante de 1 m² (Tomado de Segovia y Navarrete 2007).

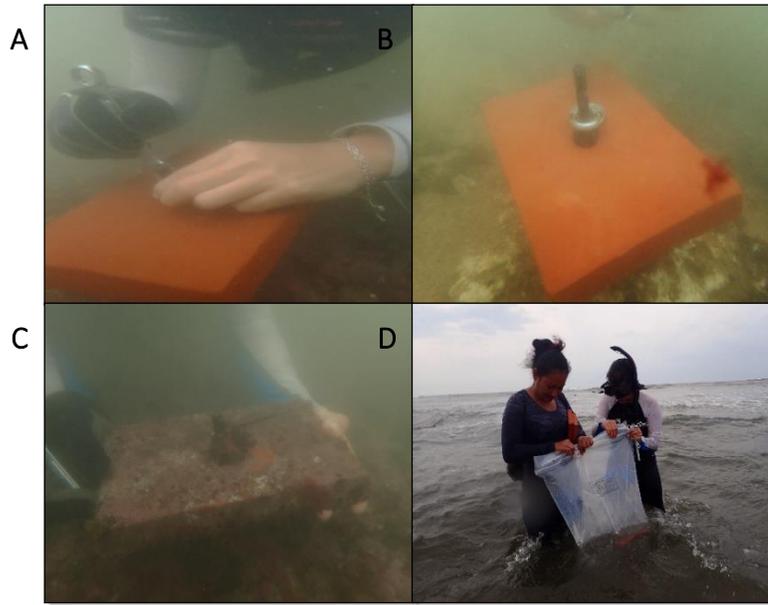


Figura 9. Proceso de colocación y retiro de sustrato artificial, A y B, colocación de las losas. C Y D desmontaje y guardado de la losa

Análisis estadístico de los datos

Distribución y abundancia de reclutas de *Porites lobata*

Para agrupar los transectos observados por disimilitud, se realizó un análisis de clúster con el índice de Bray-Curtis, luego con el fin de apreciar el ordenamiento de los cuadrantes y transectos se realizó el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMMDS) con el índice de disimilitud de Bray-Curtis. Para comprobar las agrupaciones creadas por el clúster y los datos representados por el nm-MDS, se realizó el análisis de similitud (ANOSIM) de una sola vía.

Tasa de reclutamiento de *Porites lobata* sobre sustrato artificial

La tasa de reclutamiento se estimó por medio del análisis promedio de reclutamiento por losa, luego se calculó la densidad contando el número de reclutas total y dividiéndolo entre la superficie (Figura 10).

$$D_i = \frac{\sum ni}{\sum A}$$

Donde:

D_i = Densidad de la especie i

ni = número de individuos de la especie i

A = Unidad de área.

Figura 10. Fórmula de densidad de reclutas.

Una vez obtenido el valor de la densidad se calculó la tasa de reclutamiento, compuesta por la misma fórmula de densidad, pero multiplicada por el tiempo al que fue expuesto el sustrato artificial.

Relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas

Para encontrar la relación que existe entre la cobertura y la densidad de reclutas, se utilizó la prueba de Mantel, el cual nos da la significancia estadística de la relación y a su vez, la intensidad de la correlación que existe entre la matriz de cobertura versus la matriz de abundancia de reclutas. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa Past versión 3.15.

VI. Resultados

Distribución y abundancia de reclutas de *Porites lobata*.

Se registró un total de 13 reclutas de *Porites lobata* para el año de muestreo distribuidos en 120 m² de la playa El Faro; 10 fueron originados por la muerte de colonias de mayor dimensión; contabilizándose mayor abundancia de reclutas en diciembre del 2017 (Gráfico 1) y presentando una mayor abundancia en los 300 m de distancia desde la línea de costa (Gráfico 2).

La densidad total de reclutas encontrada para el área de la playa El Faro fue de 0.11 ± 0.01 indiv/m². Destacando el mes de diciembre de 2017 con una densidad de 0.08 ± 0.003 indiv/m² (como refleja en la abundancia) con mayor valor durante el tiempo de estudio (Gráfico 3). En cuanto a la distancia, se observó una mayor densidad en los 300 m con un valor de 0.2 ± 0.01 indiv/m² (Gráfico 4).

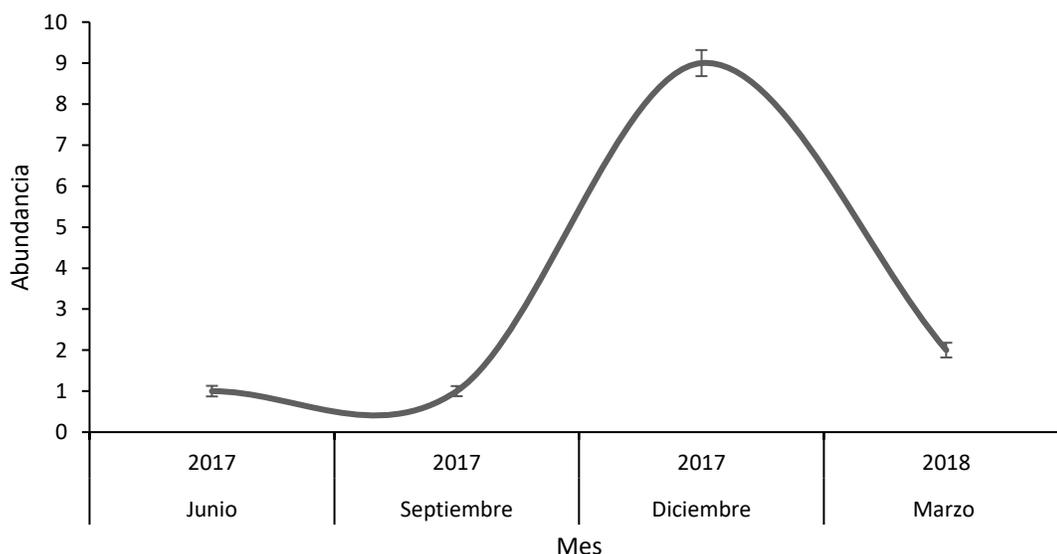


Gráfico 1. Abundancia total promedio de reclutas encontradas entre junio 2017 a marzo 2018 en la playa El Faro, Sonsonate.

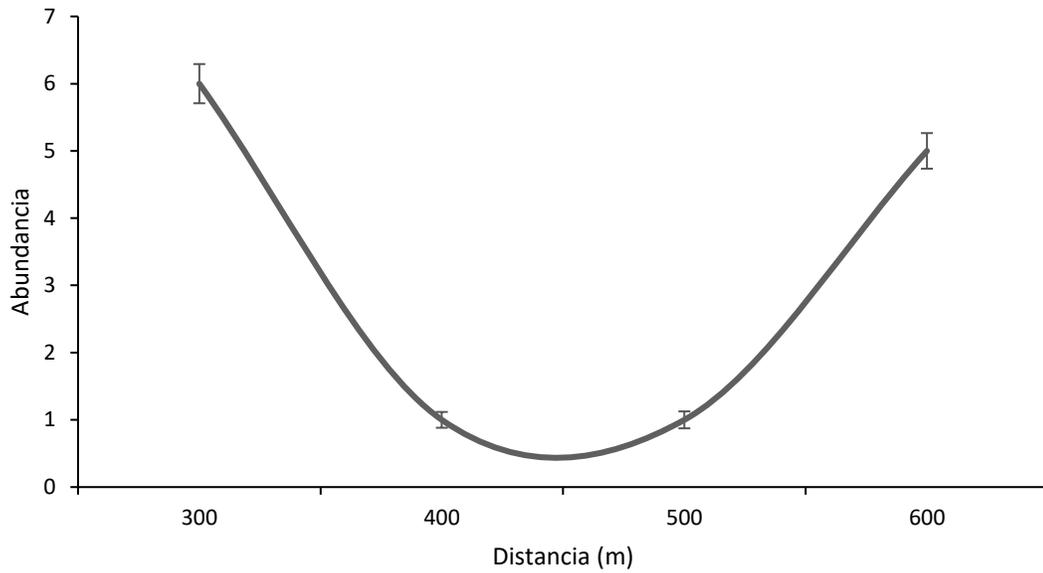


Gráfico 2. Abundancia total promedio de reclutas de *Porites lobata* encontradas entre las cuatro distancias planteadas para muestreo en la playa El Faro, Sonsonate.

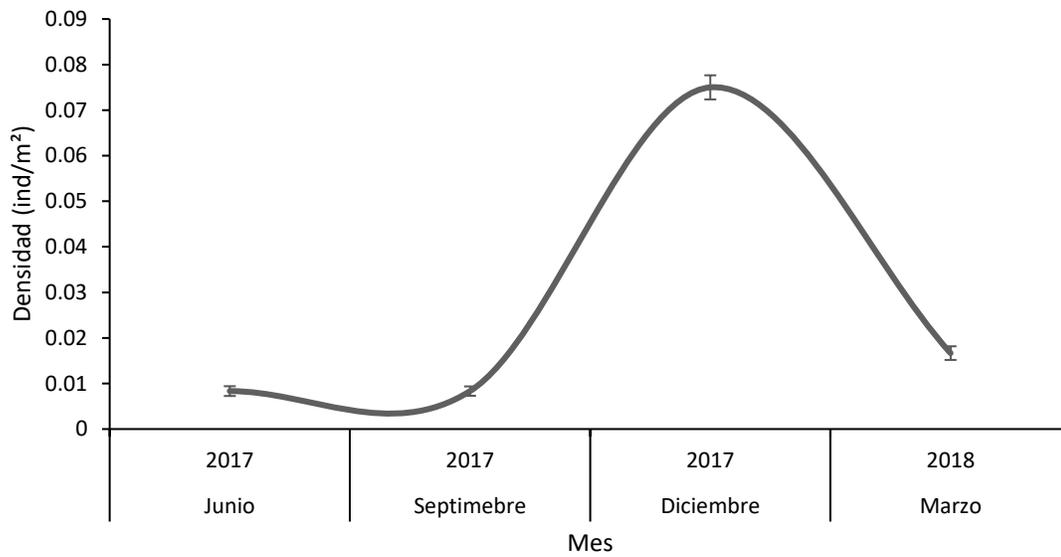


Gráfico 3. Densidad total promedio de reclutas de *Porites lobata* encontrados durante los meses de junio 2017 a marzo 2018 en la playa El Faro, Sonsonate.

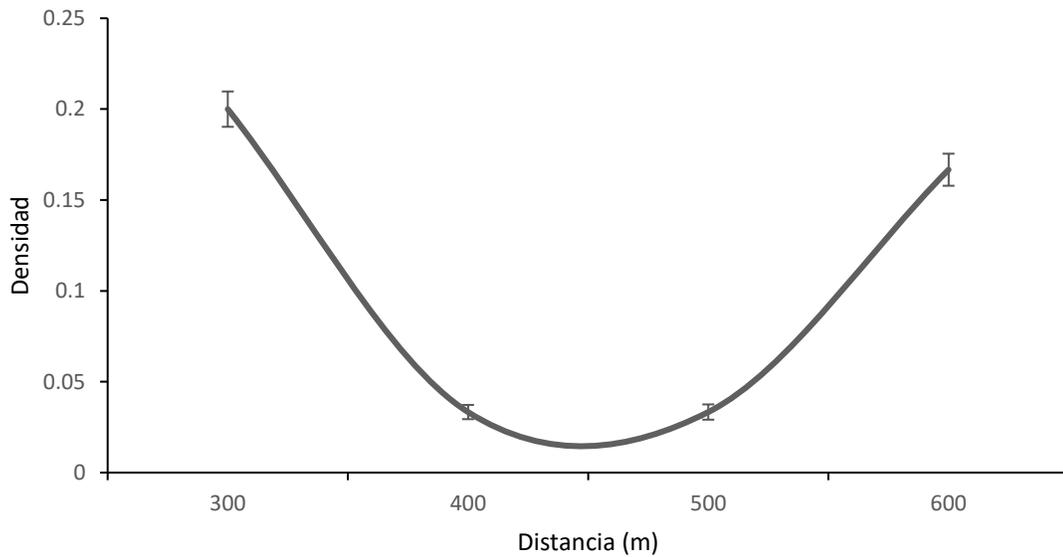


Gráfico 4. Densidad total promedio de reclutas de *Porites lobata* encontradas en las cuatro distancias planteadas para la investigación en la playa El Faro, Sonsonate.

El clúster basado en el índice de disimilitud de Bray – Curtis se observa el coeficiente de correlación de 0.8483 (84%), evidenciando cuatro agrupaciones y nueve subgrupos. (Gráfico 5).

Todos los grupos presentan porcentajes de disimilitud mayores del 95 %, reflejando que cada agrupación tiene su propio comportamiento.

Grupo A. conformado por los cuadrantes del transecto 3 (500 m)

Grupo B. conformado por los cuadrantes del transecto 4 (600 m)

Grupo C. conformado por los cuadrantes del transecto 2 (400 m)

Grupo D. conformado por los cuadrantes del transecto 1 (300 m)

En los subgrupos A1, B1, C1 y D1, se encuentran los cuadrantes que no registraron presencia de reclutas de *Porites lobata* (A1 (T3C1-T3C11, T3C13-T3C15), B1 (T4C1-T4C7, T4C10-T4C13), C1 (T2C1-T2C7, T2C9-T2C15) y D1 (T1C4-T1C15)).

En el caso del Subgrupo A2, B2, C2 y D2 estos presentan los cuadrantes con menor cantidad de reclutas de *Porites lobata* (A2 (T3C12), B2 (T4C8, T4C9, T4C14 y T4C15), C2 (T2C8) y D2 (T1C2)).

En el subgrupo D3, se observan los cuadrantes con mayor número de reclutas de *Porites lobata* encontrados en el periodo de estudio.

Cabe destacar qué pese a que el subgrupo B2 presento menor cantidad de reclutas, es el que presentó una distribución más amplia de los reclutas.

Con relación a las agrupaciones realizadas, dentro del área se observa que la mayor distribución de los reclutas se encuentra en los 300 m y los 600 m desde la costa (Figura 11) creando de esta forma tres franjas que describen:

1. Sitios donde no se observó presencia de reclutas
2. Sitios con poca presencia de reclutas
3. Sitios con mayor presencia de reclutas

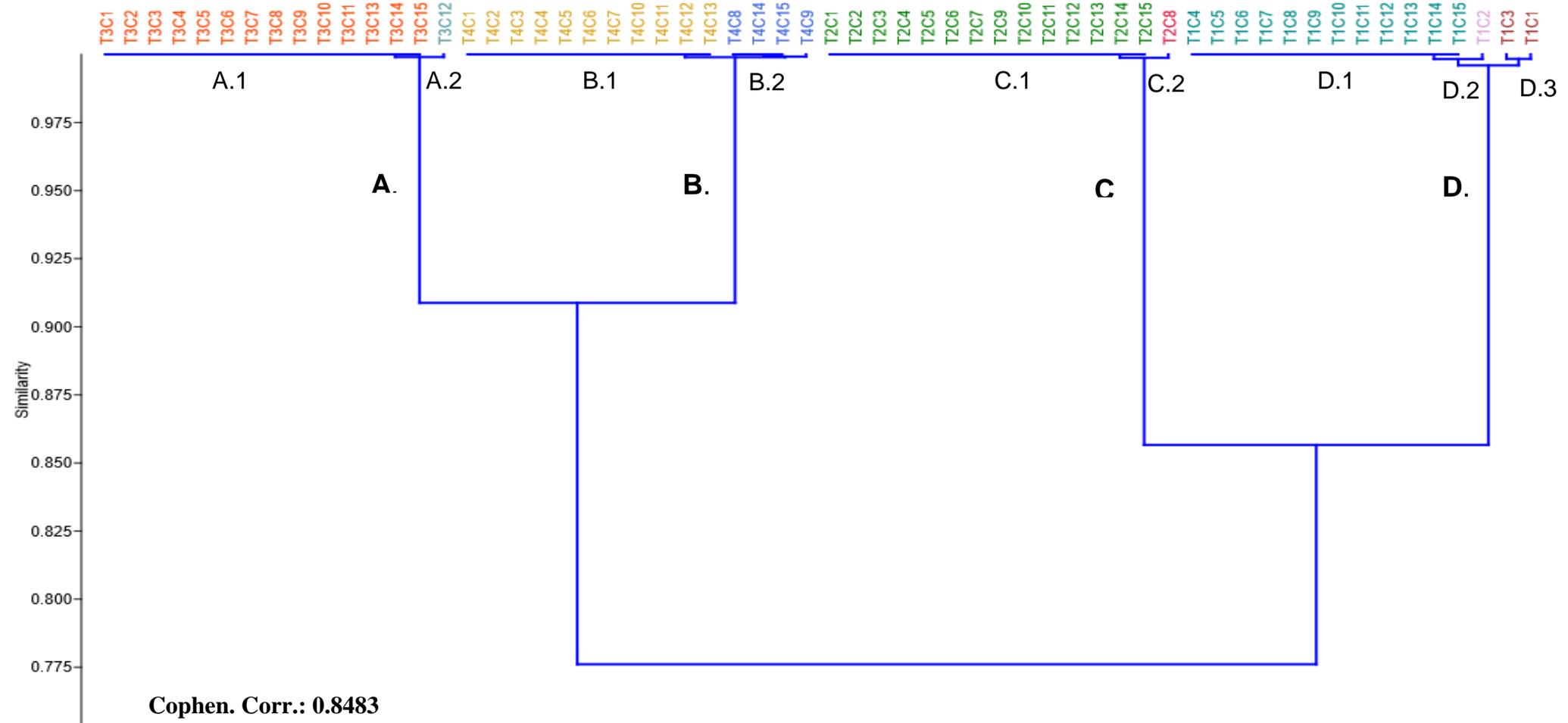


Gráfico 5. Dendrograma del análisis de Clúster de distribución y abundancia de reclutas de *Porites lobata* en la playa el faro, ANP complejo Los Cóbanos.

*Descripción de acrónimos dentro del dendrograma, representa cada número de transecto (T) con el número respectivo de cuadrante (C) del área muestreada en la playa El Faro.

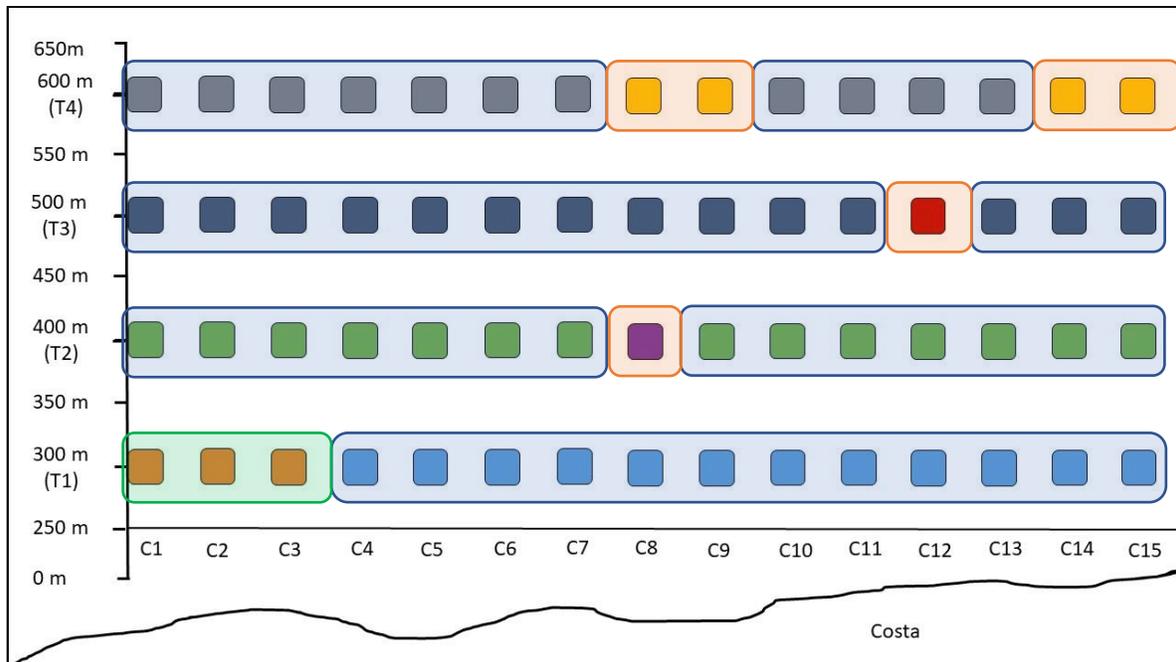


Figura 11. Representación de las agrupaciones obtenidas por el clúster dentro del área de la playa El Faro, Sonsonate.

*Descripción de simbolización en la figura. 1. Sitio sin presencia de reclutas, 2. Sitios con poca presencia de reclutas, 3. Sitios con mayor presencia de reclutas.

Al calcular el ANOSIM con el índice de disimilitud de Bray-Curtis para los grupos obtenidos por el NMDS mostró una diferencia significativa de la presencia de los reclutas de *Porites lobata* con relación a la distancia (R: 0.9976 p=0.0001) y los meses en los que se realizó el muestreo (R: 1 p=0.0001). Para ambos aspectos existe una correlación positiva con significancia estadística, con la diferencia que el agrupamiento que se hace con respecto a la distancia, evidencia como se están distribuyendo los reclutas en los transectos dentro del área de la playa El Faro, reflejando una mayor distribución en las zonas más alejadas de la costa (Gráfico 6), mientras que en el agrupamiento con respecto a los meses demuestra cómo se van distribuyendo los reclutas en el área y la dinámica de su abundancia con respecto a los meses, reflejando que la abundancia y distribución tiene una estrecha relación con las condiciones que determine el tiempo (Gráfico 7).

Observando que para el mes de diciembre existe un alce en el reclutamiento en sustrato natural siguiendo de un declive para el mes de marzo de 2018 (Gráfico 8).

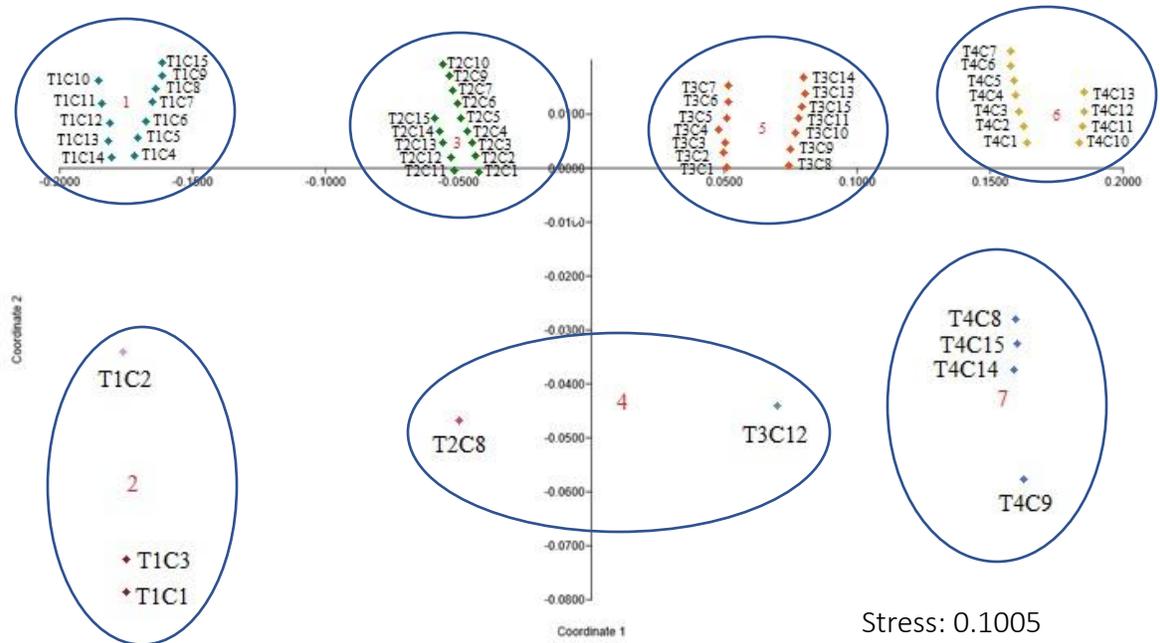


Gráfico 6. Ordenación por escalado multidimensional no métrico (MDS) basada en la distribución y la abundancia de los reclutas de *Porites lobata* con respecto a la distancia de los transectos.

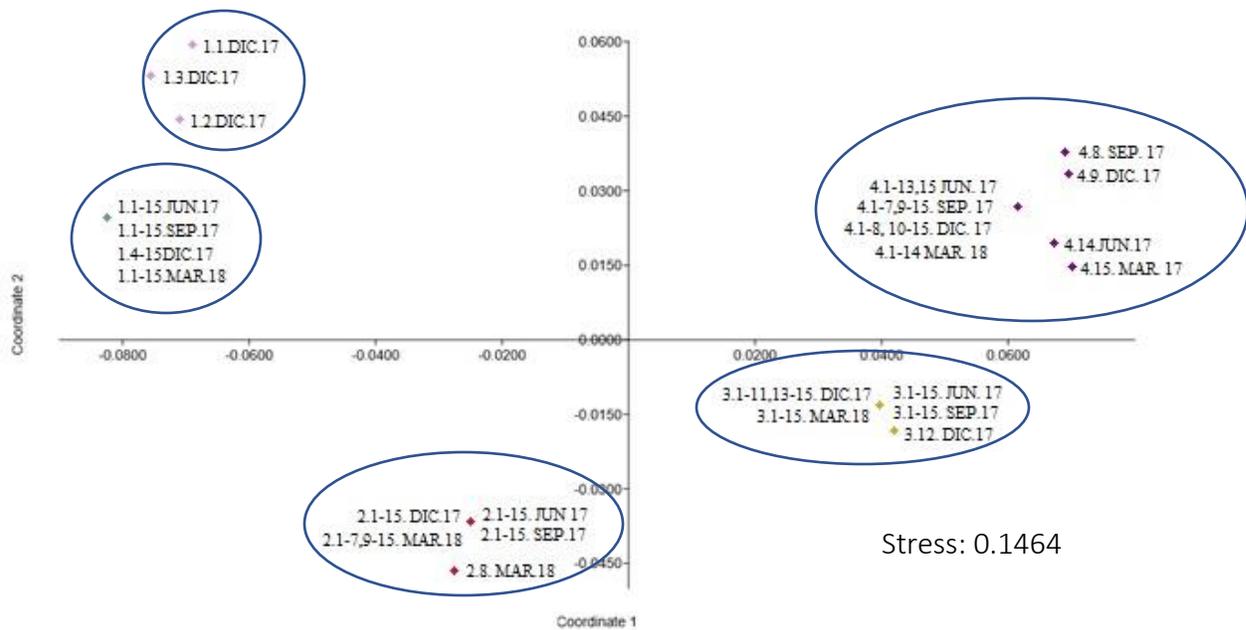


Gráfico 7. Ordenación por escalado multidimensional no métrico (MDS) basada en la distribución y la abundancia de los reclutas de *Porites lobata* con respecto a los meses de muestreo.

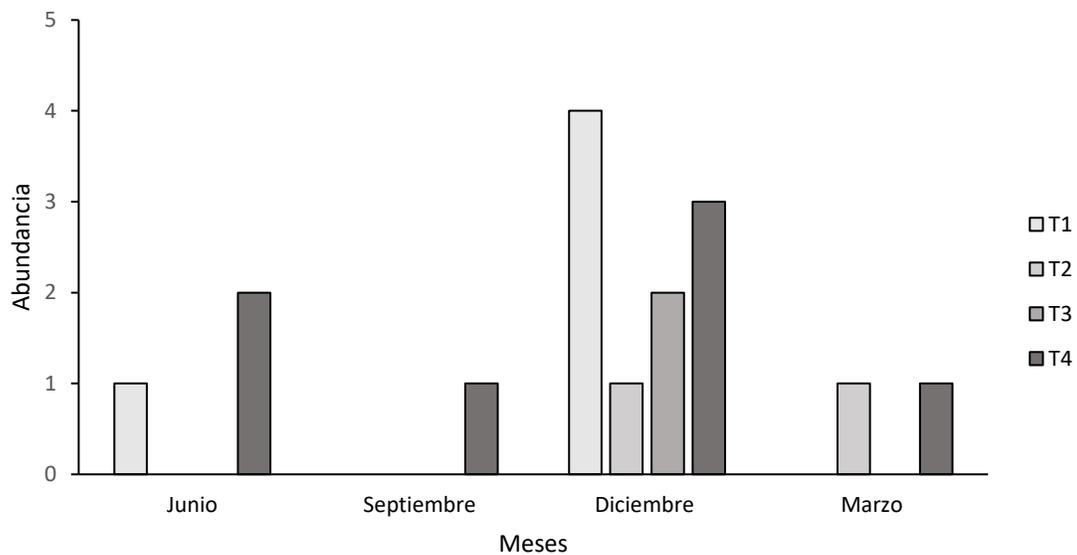


Gráfico 8. Relación de la abundancia de reclutas de *Porites lobata* en función de la distancia y los meses de muestreo.

Tasa de reclutamiento de *Porites lobata* sobre sustrato artificial

Se registró un total de dos reclutas de *Porites lobata* en dos losas, que representan un 11% de total de las 18 losas recuperadas. Las losas que mostraron reclutas fueron retiradas en el primer (junio 2017) y tercer (diciembre 2017) trimestre, manteniéndose sumergida por tres y nueve meses, respectivamente. Ambos reclutas fueron encontrados en la parte de la losa que estaba expuesta a la luz. Se obtuvo un total de 0.11 reclutas por losa, en un área expuesta de 1.4687 m²; con una tasa de reclutamiento de 1.36 indiv/m² en un periodo de un año.

Cobertura del sustrato artificial

El registro de cobertura promedio de las losas, reflejo un mayor número de alga calcárea (con un 37%) seguido por el alga roja (35%) y en menor número las algas verdes (1%) (Grafico 8), de igual manera para la parte superior (expuesta al sol) el mayor porcentaje lo presento el alga roja (39%) y menor el alga parda (1%) (Grafico 9); en la parte inferior (no expuesta la sol) presento un mayor porcentaje el alga calcárea (45%) y menor el alga verde (4%) (Grafico 10), en el caso de los bordes se dividieron en 4 lados, el lateral 1 presento un mayor porcentaje de alga roja (42%) y en menor el sustrato artificial desnudo (2%) (Gráfico 11), el lateral 2 en mayor porcentaje de alga roja (45%) y menor de sustrato artificial desnudo (10%) (Gráfico 12), el lateral 3 mayor porcentaje lo muestra el alga roja (40%) al igual que alga calcárea (40%) y menor el alga verde (2%) (Gráfico 13) y el lateral 4 con una mayor abundancia de alga calcárea (41%) y menor de sustrato artificial desnudo (10%) (Grafico 14).

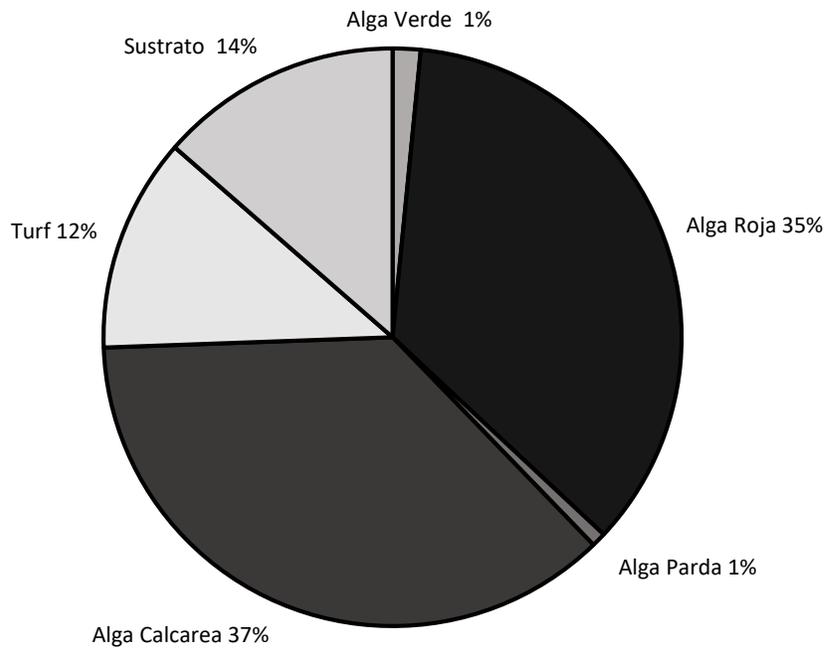


Gráfico 8. Porcentaje promedio de cobertura de sustrato artificial sumergido de junio 2017 a marzo 2018.

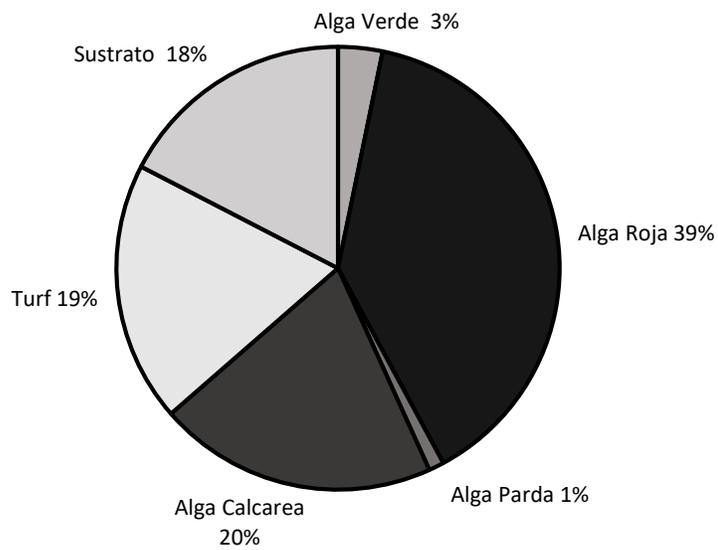


Gráfico 9. Porcentaje promedio de cobertura de sustrato artificial sumergido de junio 2017 a marzo 2018 (área expuesta a la luz, parte superior).

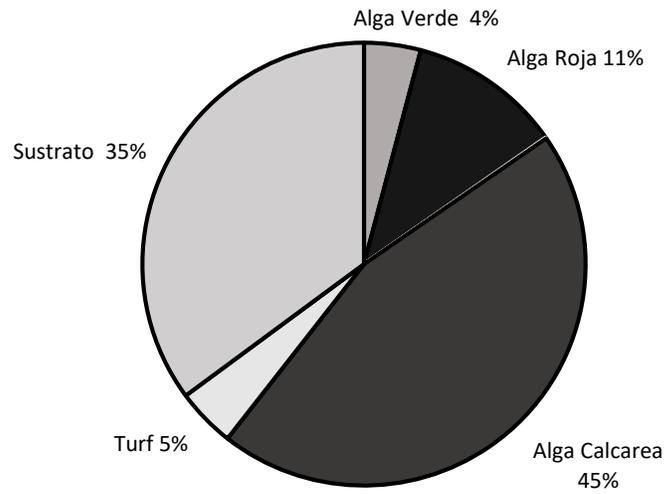


Gráfico 10. Porcentaje promedio de cobertura de sustrato artificial sumergido de junio 2017 a marzo 2018 (área no expuesta a la luz, parte de abajo del sustrato).

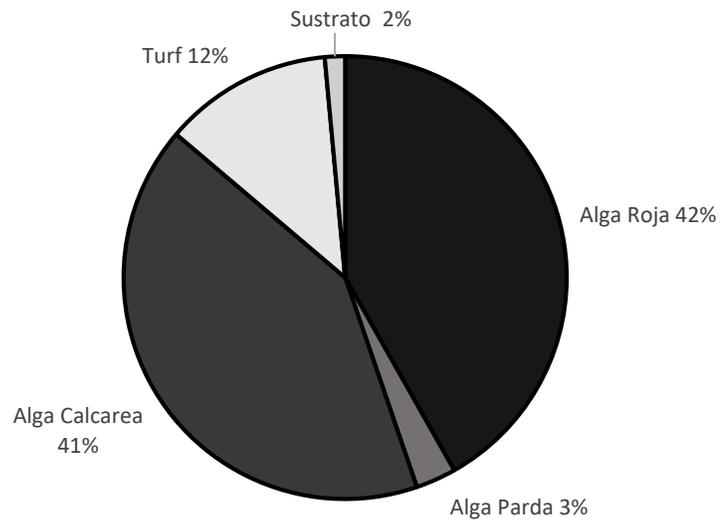


Gráfico 11. Porcentaje promedio de cobertura de sustrato artificial sumergido de junio 2017 a marzo 2018 (lateral 1).

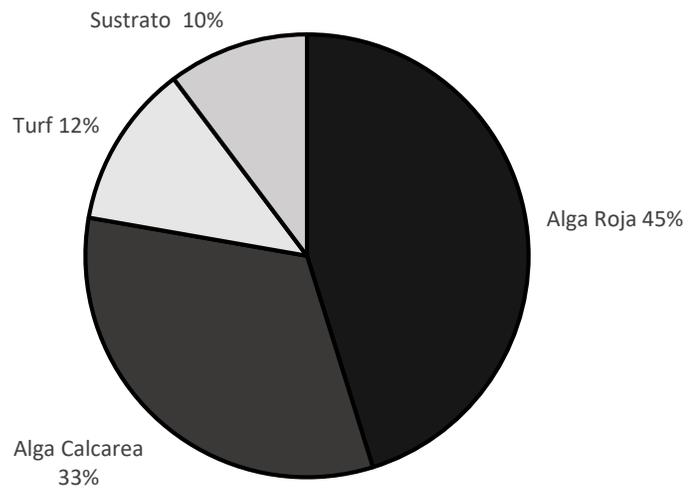


Gráfico 12. Porcentaje promedio de cobertura de sustrato artificial sumergido de junio 2017 a marzo 2018 (lateral 2).

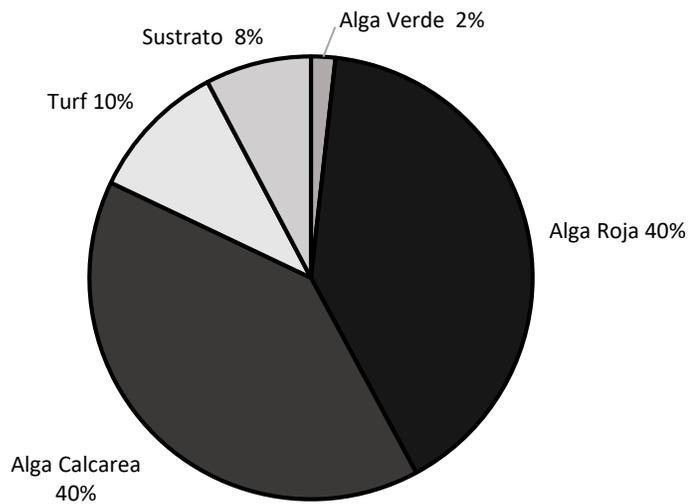


Gráfico 13. Porcentaje promedio de cobertura de sustrato artificial sumergido de junio 2017 a marzo 2018 (lateral 3).

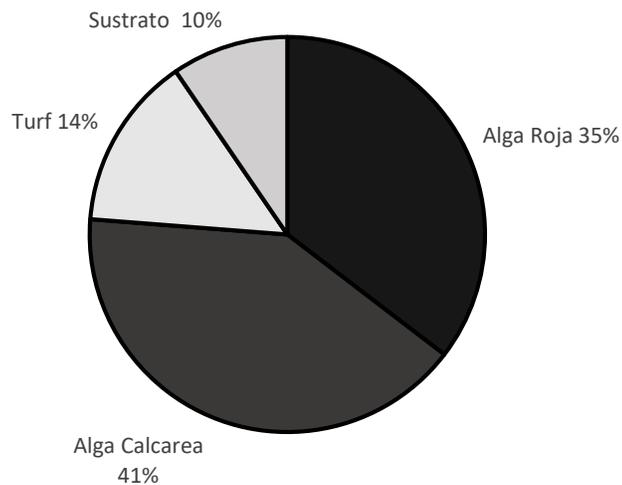


Gráfico 14. Porcentaje promedio de cobertura de sustrato artificial sumergido de junio 2017 a marzo 2018 (lateral 4).

Se observa una gran dominancia de las algas rojas a excepción de la parte inferior de la loza en donde la dominancia la demostró las algas calcáreas, dando como resultado que la dominancia de las algas rojas es en todas aquellas áreas donde el sustrato estuvo expuesto directamente a la luz, caso contrario de las algas calcáreas que colonizar todas las partes del sustrato artificial (grafico 15).

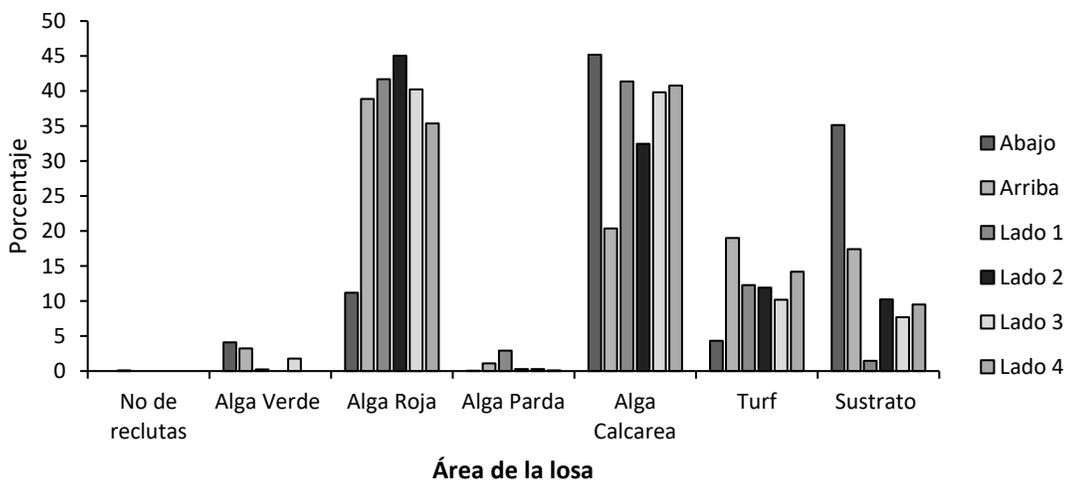


Gráfico 15. Relación entre los promedios de coberturas de los sustratos artificiales de las diferentes partes examinadas.

Relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas

Cobertura béntica.

La cobertura béntica observada para el mes de junio reflejo un porcentaje mayor de arena a los 300 m (65%), 400 m (36%) y 500 m (44%); y turf en los 600 m (54%) y en menor porcentaje la cobertura de coral vivo en los 300 m (0.4%) y 600 m (0.67%), alga roja a los 400 m (0.8%) y roca a los 500 m (0.6%) (Gráfico 16). Para el mes de septiembre, el mayor porcentaje lo presento la cobertura de arena en los 300 m (56%), 400 m (61%) y 500 m (68%) y el turf para los 500 m (68%) y el menor porcentaje presentado por el alga roja en los 300 m (3.2%), 400 m (0.07%), 500 m (3.47%) y alga parda en los 600 m (0.07%) (Gráfico 17). En el mes de diciembre el mayor porcentaje lo mostro el turf para los 300 m (44%) y 600 m (52%), arena para los 400 m (41%) y los 500 m (39%), el menor porcentaje lo presento las esponjas a los 300 m (0.07%) y 400 m (0.07%), cobertura de coral vivo a los 500 m (0.47%) y alga parda a los 600 m (0.7%) (Gráfico 18). En el caso del mes de marzo la mayor cobertura se registró para el turf en los cuatro transectos (300 m (42%), 400 m (44%), 500 m (37%) y 600 (45%)) y el menor para la cobertura de coral vivo a los 300 m (1%) y 400 m (5.2%), esponja a los 500 m (0.07%) y alga verde a los 600 m (0.7%) (Gráfico 19).

Entre los meses se observa un cambio en cuanto a las coberturas conforme fueron transcurrieron los meses, el porcentaje de arena y turf fueron la cobertura dominante, presentando fluctuación, mientras que, en la cobertura algal, para el mes de diciembre se observó un aumento en el nivel la cobertura y en el nivel de las algas pardas, continuando hasta el mes de marzo donde se evidencio una baja de estas algas, pero un incremento en las algas calcáreas.

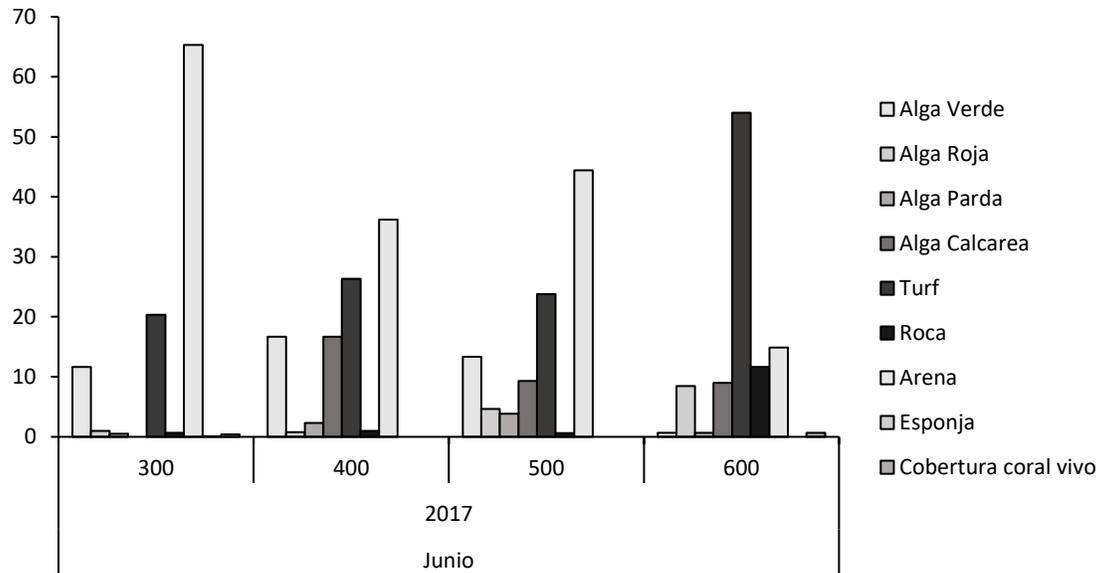


Gráfico 16. Promedio total de cobertura béntica observada en el mes de junio 2017 en la playa El Faro, Sonsonate

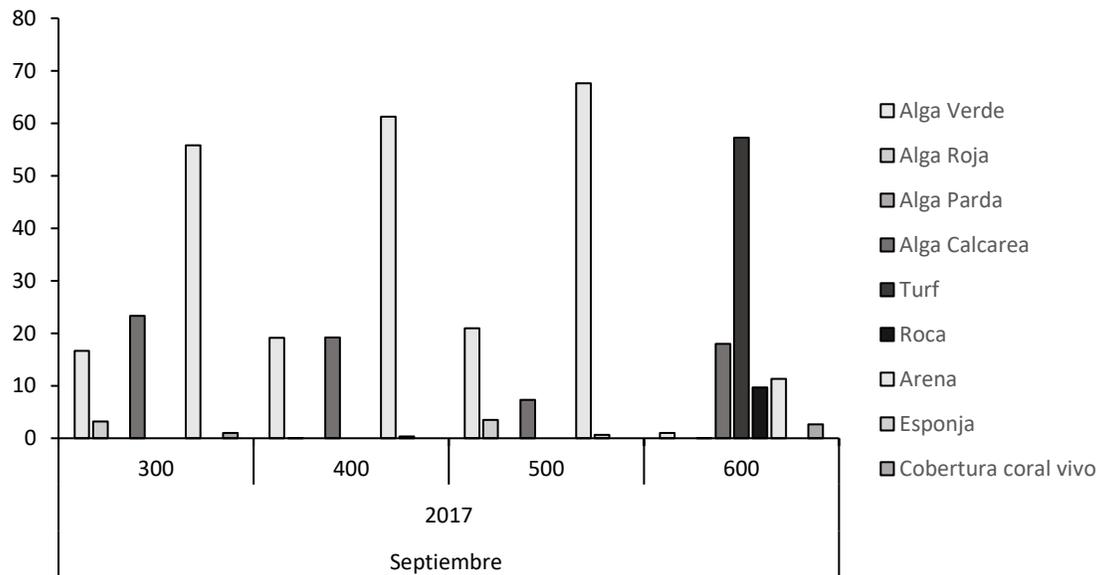


Gráfico 17. Promedio total de cobertura béntica observada en el mes de septiembre 2017 en la playa El Faro, Sonsonate

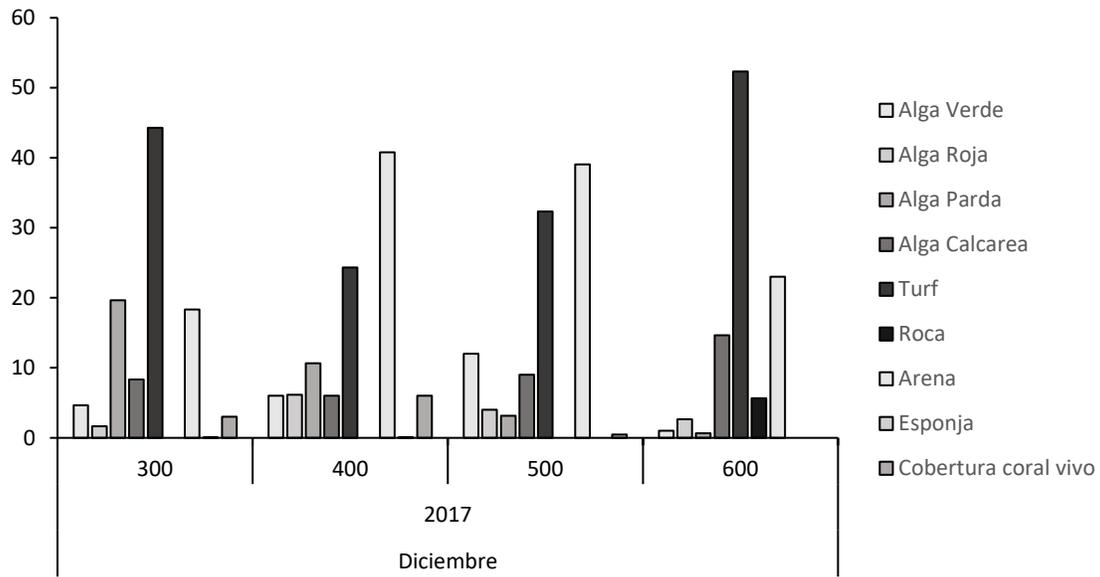


Gráfico 18. Promedio total de cobertura béntica observada en el mes de diciembre 2017 en la playa El Faro, Sonsonate

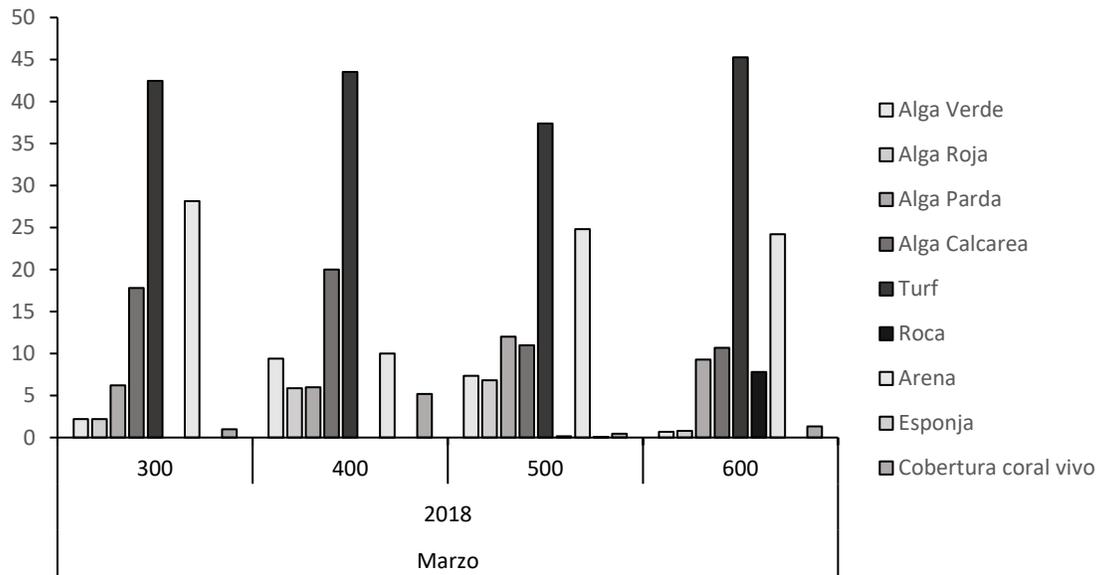


Gráfico 19. Promedio total de cobertura béntica observada en el mes de marzo 2018 en la playa El Faro, Sonsonate

Para calcular la correlación que existe entre la cobertura bética y la abundancia de reclutas se utilizó una prueba de Mantel el cual dio como resultado una correlación positiva con significancia estadística ($R=0.918$, $p=0.0001$), donde determina que si hay una relación entre coberturas y abundancia de reclutas.

VII. Discusión

Distribución y abundancia de reclutas de *Porites lobata*

Para el presente estudio se registró 13 reclutas de *Porites lobata* en 120 m² de sustrato natural, tres de ellos originados por reproducción sexual, y los restantes por mortalidad parcial de las colonias por el pasado Fenómeno ENSO - Oscilación del Sur del 2014-2016. Este hallazgo representa el primer registro de reclutamiento para la costa de El Salvador.

La observación de reclutas en el sustrato natural tiene el objetivo de medir el éxito en la supervivencia de los reclutas en los primeros años de vida. Es importante mencionar la diferencia entre los objetivos de la observación por medio sustratos artificiales y el medio natural. Debemos tomar en cuenta que English et al. (1997) propone que la mortalidad en el primer año de vida es entre el 75% y 95%; y, Cortés (1997) estima que los arrecifes del PTO necesitan entre cien y doscientos años para recuperarse de eventos de blanqueamiento masivo originados por el Fenómeno de El Niño. Considerando los resultados del estudio, se podría decir que el arrecife del ANP Los Cóbano sufre de pérdida alta de reclutas, sobre todo después de eventos de blanqueamiento, sin embargo, las pocas colonias que se desarrollan por reproducción sexual le dan un nuevo aporte genético al área (Stoddart 1983, Richmond 1997b).

No existen registros de estudios de reclutamiento en sustrato natural para el PTO, Vizcaino (2000) y Medina et al. (2005), realizaron una observación de reclutas en sustrato natural en el Pacífico Mexicano, pero en ninguno de los dos estudios eran parte de sus objetivos, pese a eso reportaron que, si hay presencia de abundancia de reclutas en sustrato natural, lo que vendría a dar como resultado a esta investigación como primeros datos de reclutamiento en sustrato natural para el PTO.

Sin embargo, Vidal et al. (2005) reportó para el Caribe colombiano juveniles (<2 o <4 cm) de 16 especies de corales en dos localidades, con una densidad de 8.4 ± 1.9 juv/m², destacando a *Agaricia agaricites* y *Porites astreoides* como los más dominantes. Melo et al. (2015) reporta para el Caribe mexicano en el arrecife Verde y Santiaguillo de Veracruz, abundancia de 164 reclutas distribuidos en 9 géneros, donde los géneros más representativos fueron *Agaricia* y *Porites*. Comparando con estos estudios, la densidad encontrada para el arrecife ANP Los Cóbanos (0.11 ± 0.12 indiv/m²) es baja, hay que considerar que el Pacífico posee características adversas para el desarrollo de corales hermatípicos como alta sedimentación, mayor número de afluentes de agua dulce, variaciones de temperatura por fenómenos atmosféricos oceanográficos, entre otros. Según Cabral (2010), las colonias de coral en el PTO crecen bajo condiciones críticas ya que la variación estacional de temperaturas puede ser de hasta 15°C a diferencia de las condiciones más estables del pacífico.

Según Cendales et al. (2002) las especies de corales que anteriormente eran dominantes están siendo remplazadas por las especies más resistentes a diferentes disturbios y con alto reclutamiento, características que reúne el género *Porites*, y que además posee reproducción asexual por medio de fragmentación (Mora 2005).

El reclutamiento, supervivencia y distribución de larvas es influenciado por diferentes factores, como la sedimentación, la competencia por sustrato, tipo de sustrato, orientación del sustrato, intensidad lumínica, salinidad, profundidad, oceanografía local (corrientes) y otras perturbaciones (Harrington et al. 2004, Vidal et al. 2005).

En El Salvador, específicamente para la playa El Faro, los últimos años ha sido afectado por eventos que han alterado la comunidad coralina en general; Segovia (2017) menciona que durante el periodo de 2014-2016 se evidenció un evento de mortandad del 56% de la cobertura total de las colonias de coral y un blanqueamiento del 75% de las colonias. Mumby et al. (2005) describe que los disturbios disminuyen la cobertura de los corales

Scleractinidos, ya sea por pérdida de tejidos vivo y mortalidad parcial o total de las colonias, afectando por lo tanto la capacidad reproductiva y por ende el reclutamiento.

A lo largo del estudio, se observó un evento de blanqueamiento durante los meses de junio a septiembre de 2017 causando el aumento de mortalidad parcial de las colonias, registrándose un alza en el número de reclutas encontrados para el mes de diciembre 2017; y mortalidad total de algunas colinas en marzo de 2018, resultando en la disminución en el número de reclutas. Según Connell et al. (1997), cuando un ecosistema ha sido afectado de manera natural o antropogénica, es seguido de un proceso de recuperación, el éxito de este depende de la intensidad del evento y la capacidad de resiliencia del ecosistema. En el caso del reclutamiento asexual, la fragmentación es uno de los más valiosos procesos reproductivos para la recuperación de los ecosistemas a corto plazo, bajo las condiciones adecuadas estos fragmentos pueden fijarse al sustrato, crecer y cumplir con su ciclo reproductivo (Cabral 2010).

La distribución de reclutas está íntimamente ligada a condiciones óptimas del ambiente, necesitan de una temperatura estable para no limitar el crecimiento (Kleypas et al. 1999); sin embargo, la temperatura superficial en los últimos años ha ido en aumento (IPCC 2018) y las colonias expuestas a la desecación por el cambio de marea son todavía más vulnerables (Segovia 2017). La salinidad debe oscilar entre 23 y 41 ppt (Downs et al. 2009), concentración leve de nutrientes, que no ayude a la proliferación de macroalgas (principales competidoras de sustrato) e impedir la penetración de luz (Costa et al. 2000, Hughes et al. 2003, Melo 2013). Algunas especies de coral son muy específicos en términos de asentamiento y donde se desarrollan (Golbuu y Richmond 2007). Estas preferencias por los sustratos pueden reflejar las probabilidades de supervivencia y estrategias de reclutamiento (Franziska et al. 2017).

Melo et al. (2015) determinó que la mayor abundancia de reclutas se encontró en las zonas más someras. Comparando con el estudio, la mayor abundancia se evidenció en el transecto más cercano a la costa (300 m), cabe mencionar que los reclutas encontrados estaban cerca de una colonia de mayor dimensión.

Tasa de reclutamiento de *Porites lobata* sobre sustrato artificial.

El estudio mediante sustratos artificiales permite calcular el suministro de larvas que se asientan en el arrecife (English et al. 1997), estimar de una manera más precisa las especies de corales que están siendo reclutadas y la llegada de los propágulos (edad), tomando en cuenta las características reproductivas de cada especie (Medina et al. 2005).

En los resultados se obtuvo un total de dos reclutas en 1.47m² de sustrato artificial, con la tasa de reclutamiento de 1.36 indiv/m² al año. Birkerland (1977) realizó uno de los primeros estudios de reclutamiento en sustrato artificial en el Pacífico de Panamá, obteniendo 0.21 indiv/m² como tasa de reclutamiento. Guzmán (1986) no obtuvo ningún recluta para la isla El Caño (Costa Rica). Vizcaino (2000), realizó el primer reporte de reclutamiento de corales hermatípicos para el Pacífico mexicano con dos reclutas por reproducción sexual. Medina et al. (2005) realizó el primer reporte de reclutamiento de *Porites lobata* de 1.08 indiv/ m² para el Pacífico mexicano. En el caso del Caribe, Melo et al. (2015) reportó 6,9 indiv/m² en un periodo de seis meses en el sistema arrecifal veracruzano. La tasa de reclutamiento para el Pacífico salvadoreño es mayor que la reportada en Panamá y México; pero menor que la del Caribe veracruzano. Sin embargo, en áreas con condiciones más propicias para el desarrollo de arrecifes en el Pacífico, como bahía de La Paz y en islas de Loreto, presentan tasas de reclutamiento de 17.92 indiv/m² al año.

El género *Porites* ha presentado un amplio reporte por medio de estudios de reclutamiento en sustratos artificiales, siendo uno de los taxones dominantes (Melo et al. 2015). *Porites* presenta patrones de reproducción similares a lo largo del PTO, donde la abundancia está ligada con el éxito relativo del reclutamiento sexual o por fragmentación (Medina et al. 2005). Richmond y Hunter (1990) realizó una comparación de los patrones reproductivos de diferentes especies de corales entre el Caribe, el Pacífico Tropical y el Mar Rojo, reflejando que *Porites* para el Pacífico mantiene una reproducción sexual del tipo gonocorida, y los meses de desove son julio, noviembre y diciembre; mientras que Babcock

et al. (2003), afirma que para el Indopacífico la actividad reproductiva está muy relacionada a la época cálida del año (Glynn et al. 1994, Medina et al. 2005).

En México, Cabral (2010) encontró un mayor número de reclutas en los meses de noviembre y septiembre; y, Mora (2005) registró un mayor número de reclutas en los meses de agosto a diciembre 2002 y abril a diciembre 2003. Concordando con los resultados obtenidos, los sustratos que presentaron la presencia de reclutas fueron los extraídos en el mes de junio 2017 y diciembre 2017. Se dice que los corales tienen una gran variedad de esquemas reproductivos, y la misma especie puede tener reproducción estacional, mensual y/o continua (Fadlallah 1983). Glynn (1994) y Medina et al. (2005) afirman que *Porites*, en las islas de Galápagos y en México, mantiene la población en base a una intensa reproducción sexual. Sin embargo, Cabral (2010) menciona que la fragmentación es de los principales procesos reproductivos de la especie.

En el PTO las investigaciones que se han realizado en donde se ha intentado estimar el reclutamiento coralino, concluyen que la fijación exitosa de larvas es una ocurrencia rara (Reyes y Calderón 1994). De igual manera la generación de investigaciones locales sigue refutando a Richmond (1987), el cual sugiere que el PTO depende de la dispersión de larvas del pacífico central; proponiendo que el abastecimiento de larvas puede venir de los mismos arrecifes del PTO.

Relación entre la cobertura béntica y abundancia de reclutas

Teóricamente la distribución y abundancia de los reclutas está estrechamente ligada a la cobertura béntica, esto debido a la competencia por el sustrato. Según Hughes y Connell (1999), la tasa de reclutamiento decrece conforme se limita el espacio disponible por lo tanto la composición bentónica es un factor determinante. En el caso de la playa El Faro, la competencia por espacio disponible es alta entre los diferentes organismos bentónicos que se posicionan en un espacio, esto dependiendo de diferentes factores como la salinidad, temperatura, concentraciones de nutrientes, pH, entre otros; que pueden contribuir al aumento de algunas comunidades más que otras.

Birkeland (1977) realizó una investigación para verificar la importancia de la tasa de la biomasa de la comunidad béntica para la supervivencia de los reclutas, obteniendo como resultado que el aumento de la tasa de la biomasa en peso seco en las primeras etapas de la sucesión de la comunidad bentónica es un mejor indicador del peligro del área para el reclutamiento exitoso de las larvas. Los resultados del experimento mostraron que en un rango de 60 a 70 días puede haber de un 20 a un 40% de sustrato primario utilizado, demostrando que el reclutamiento puede ser altamente afectado por el asentamiento de otros organismos bentónicos. Durante la investigación en los meses de enero y febrero se observó un aumento en las comunidades de alga parda del género *Padina*, evento que coincidió con la pérdida de los reclutas registrados en el mes de diciembre, visto como consecuencia del incremento algal, el tamaño de las algas puede causar una disminución en la penetración de la luz, causando la muerte total en algunos de los reclutas que al verse anteriormente afectados por el blanqueamiento no lograron sobrevivir.

Por otro lado, Sánchez (2014) indica que aún no se tiene una tendencia clara de la influencia de la estructura bentónica en la densidad de reclutas de corales. Littler y Littler (1984), hicieron un modelo donde se observa la dominancia relativa que indica el sustrato predominante, esto dependiendo de la dinámica de nutrientes y herbívora. Deduciendo que

en un mayor número de herbivoría y bajas cantidades de nutrientes, el número predominante lo tendrá la cobertura de coral. En cambio, entre menos vectores herbívoros y mayor sea la cantidad de nutrientes, la cobertura de macroalgas será mayor, dificultado el reclutamiento y el desarrollo de las comunidades coralinas, en el caso que ambos factores fuesen iguales la dominancia sería la cobertura de algas coralinas costrosas, siendo de beneficio para algunas especies de coral que tienen como preferencia de sustrato a estas algas. Sin embargo, McClanahan et al. (2003) ponen a prueba este modelo obteniendo resultados diferentes, pues la predominancia de las algas se observó en varias condiciones, mientras que para los corales no fue posible identificar las condiciones óptimas de estas variables.

Es importante identificar los factores que pueden influir en la dominancia de cualquiera de los dos sustratos (Sánchez 2014), debido a que estos pueden estar regidos por diferentes factores externos como se puede mencionar el cambio de las temperaturas a causa del cambio climático, la sedimentación, entre otros. No se tiene claro en sí, las preferencias de las larvas por los tipos de sustratos, el cual viene dado por el estado en el que se encuentra el arrecife; sin embargo, siempre es importante la presencia de un sustrato libre de otros organismos para permitir el asentamiento (Sánchez 2014).

La relación entre la cobertura béntica y la abundancia de reclutas es alta y estadísticamente significativa, concluyendo que la dinámica de la playa El Faro cumple con los factores que determinan un asentamiento larval, que existe una estrecha competencia entre el uso del sustrato y esto va ligado mayormente en función a las condiciones establecidas por el tiempo, más que por la distancia en la que se encuentre de la playa.

VIII. Conclusiones

- El estudio no demostró una gran abundancia de reclutas con relación a otros estudios en arrecifes más desarrollados.
- La mayor abundancia de reclutas se observó en el mes de diciembre, esto debido a la muerte parcial del tejido vivo de las colonias más grandes, causando un incremento en los reclutas para el primer y cuarto transecto (300 m y 400 m) en el mes de diciembre.
- El último transecto (600 m) fue el único en el que se evidenció reclutas por reproducción sexual.
- La mayor parte de los reclutas encontrados por observación en sustrato natural, fueron por muerte parcial de la colonia, esto es producto de las fuertes perturbaciones que ha sufrido el arrecife en los últimos años por el aumento de las temperaturas del agua.
- La tasa de reclutamiento dio un valor de 1.36 indiv/m², determinando que el arrecife del ANP Los Cóbano, si presenta reclutamiento por reproducción sexual, comparado con otros estudios de la región, la tasa de reclutamiento en el arrecife de Los Cóbano es bajo.
- Los reclutas observados en sustrato artificial fueron encontrados en las losas extraídas en junio y diciembre 2017, coincide con los meses en los que se observaron características que podían dar lugar al reclutamiento.
- Existe una relación entre la cobertura y el número de reclutas para la playa El Faro habrá que estudiar si se debe a la relación entre el espacio disponible y el asentamiento de las larvas.

IX. Recomendaciones

- Los estudios de biología reproductiva son realmente necesarios, es importante que se conozcan las características reproductivas específicas del área, estas pueden ser utilizadas para poder implementar programas que aseguren la recuperación, protección y manejo de los arrecifes.
- En base a esta investigación, se dé un seguimiento a la toma de datos por un tiempo más prolongado para fundamentar los resultados con una mayor periodicidad y evidenciar si esta se ve modificada por la intensificación de disturbios relacionados a efectos del Cambio Climático
- Se recomienda que para estudios venideros se puedan hacer pruebas con diferentes estrategias al momento de la colocación de los sustratos artificiales, por ejemplo, losas más pequeñas, de diferentes materiales o texturas, como terracota, ladrillo, entre otros.
- Es necesario evaluar si la tasa de reclutamiento es suficiente para compensar la pérdida y degradación en la comunidad coralina.
- Es importante evaluar a mayor profundidad cuál es la relación entre el sustrato béntico, disponibilidad de espacio, cobertura coralina y la preferencia de sustrato de los reclutas
- Realizar estudios de fragmentación y distribución de larvas para conocer cuál es el principal proceso reproductivo que utiliza la especie en Los Cóbanos.

X. Bibliografía

- Arrivillaga A, Escamilla M, Erazo E, Sagastizado M, Muñoz V, Mejía W, López WA, Pineda L, Rivas J. 2009. Propuesta de Plan de Manejo del Área Natural Protegida, Complejo Los Cóbanos. Development Alternatives Incorporated (DAI). Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID, El Salvador.
- 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. *Mar. Biol.* 54: 341-352.
- Babcock RC, Baird AH, Piromvaragorn S, Thomson DP, Willis BL. 2003. Identification of Scleractinian Coral Recruits from Indo-Pacific Reefs. *Zoological Studies* 42(1), 211–226.
- Birkeland C. 1977. The importance of rate of biomass accumulation in early successional stages of benthic communities to the survival of coral recruits. *Proc. 3rd Int. Coral Reef Congress* 1: 15-21
- Cabral RA. 2010. Reclutamiento Coralino utilizando sustratos artificiales en la costa peninsular del sur del Golfo de California. Tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigaciones biológicas del noreste, S.C. La Paz. B. C.S.
- Cendales MH, Zea S, Díaz JM. 2002. Geomorfología y unidades ecológicas del complejo arrecifal de las Islas del Rosario e Isla Barú (Mar caribe, Colombia). *Rev. Acad. Colomb. Cien. Exac. Fís. Natu.*, 26 (101): 497-510.
- Connell JH. 1985. The consequences of variation in initial settlement vs. post settlement mortality in rock intertidal communities. *Jour. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, 93: 11-65.
- Connell JH, Hughes TP, Wallace CC. 1997. A 30-year study of coral abundance recruitment, and disturbance at several scales in space and time. *Ecological Monographs*, 67, 461-488.
- Cortés N. J y Murillo. M. M. 1985. Comunidades coralinas y arrecifes del Pacífico de Costa Rica. Centro de investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, *Revista de Biología Tropical*.

- Cortés J. 1997. Biology and geology of eastern Pacific coral reef. *Coral Reefs*, 16: S39-S46.
- Costa. O.S, Leão. Z.M.A.N, Nimmo M, Attrill M.J. 2000. Nutrifcation impacts on coral reef from northern. Bahia Brazil. *Hydrobiology*. 440: 307-315.
- Durham, J.W. 1962. Corals from the Galápagos- Cocos islands. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 4th ser. 32: 41-56.
- Downs C.A, Kramarsky Winter. E, Woodley C.M, Downs A, Winters. G, Loya. Y, Ostrander. G. K. 2009. Cellular pathology and histopathology of hipo-salinity expose on the coral *Stylophora pistillata*. *Science total environment* 407: 4838-4851.
- English S., Wilkinson C. y Baker V. 1997. Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Fadlallah YH. 1983. Sexual reproduction, development and larval biology in scleractinia corals. Review. *Coral Reefs*. 2:129-150.
- Fischer. W, Krupp. F, Schnelder. W, Sommer. C, Carpenter. K.E & Niem V.H. 1995, Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacifico centro-oriental, Volumen I. Plantas e invertebrados. Roma. FAO. Vol. I: 1-646p.
- Franziska E, Bell J.J, Gardner. J. P. A. 2017. Coral larvae change their settlement preference for crustose coralline algae dependent on availability of bare space. Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s00338-018-1665-2>.
- Golbuu, Richmond RH. 2007. Substratum preferences in planula larvae of two species of scleractinian corals, *Goniastrea retiformis* and *Stylaraea punctata*. *Mar Biol* 152:639–644.
- Guzmán HM. 1986. Estructura de la comunidad arrecifal de la Isla del Caño, Costa Rica y el efecto de perturbaciones naturales severas [Tesis de Maestría]. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Guzmán H.M. y Cortés J. 1993. Arrecifes coralinos del Pacifico Oriental Tropical: Revisión y perspectivas. *Revista de Biología Tropical*. 41 (3): 535-557.

- Glynn PW, von Prahl H, Guhl F. 1982. Coral reefs of Gorgona Island, with special reference to corallivores and their influence on community structure and reef development. *An Inst Invest Mar Punta Betín* 12:185–214
- Glynn PW. 1994. State of the coral reefs in the Galapagos Islands: natural versus anthropogenic impacts. *Mar. Pollut. Bull.*, 29: 131-140.
- Glynn PW, Calley SB, Eakin CM, Smith DB, Cortés J, Gassman NJ, Guzmán HM, Del Rosario JB, Feigold JS. 1994. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panamá, and Galapagos Islands (Ecuador). II. Poritidae. *Mar. Biol.* 118: 191-208
- Glynn, P. W. 1997. Bioerosion and coral-reef growth: a dynamic balance. En: C. E. Birkeland (Ed.), *Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall, Publishers. U. S. A.
- Harii S, Omori M, Yamakawa H, Koike Y. 2001. Sexual reproduction and larval settlement of the zooxanthellate coral *Alveopora japonica* Eguchi at high latitudes. *Coral Reefs*. 20: 19-23.
- Harrison PL, Wallace CC. 1990. “Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals”, en: Dubinsky, Z. *Ecosystems of the World. Coral reefs*. Países Bajos: Elsevier.
- Harrington L, Fabricius. K, De’Ath. D, Negri A. 2004. Recognition and selection of settlement substrata determine post settlement survival in corals. *Ecology* 85(12): 3428-3437.
- Holdridge LR. 1975. Zonas de Vida Ecológicas de El Salvador. Memoria Explicativa. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Documento de Trabajo No. 6, FAO. San Salvador.
- Hughes TP, y Connell JH. 1999. Multiple stressors on coral reefs: A long-term perspective. *Limnology and Oceanography*, 44, 932-940.
- Hughes TP, Baird AH, Bellwood DR, Card M, Connolly SR, Folke C, Grosberg R, Hoegh-Guldberg O, Jackson JBC, Kleypas J, Lough JM, Marshall P, Nyström M, Palumbi SR, Pandolfi JM, Rosen B, Roughgarden J. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of corals reefs. *Science*.

- Hunter CL. 1988. Genotypic diversity and population structure of Hawaiian reef coral, *Porites compressa*. Ph.D. dissertation. University of Hawaii.
- ICMARES. 2007. Propuesta de plan de manejo para el área natural protegida arrecife Los Cóbanos. Instituto de Ciencias de Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Ketchum. J. T. y Reyes, Bonilla. H. 2001. Taxonomía y distribución de los corales hermatípicos (Scleractinia) del Archipiélago de Revillagigedo, México. *Revista de Biología Tropical*, 49(3-4), 803-848. Retrieved August 24, 2016, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000300001&lng=en&tlng=es.
- Kitano, Yuko. F. Benzoni Francesca. Arrigoni Roberto. Shirayama Yoshihisa. Wallace Carden C. & Fukami Hironobu. 2014. A phylogeny of the family Poritidae (Cnidaria, Scleractinia) based on molecular and morphological analyses. *PLoS ONE* 9 (5): e98406. doi: 10.1371/journal.pone.0098406.
- Kojis, B.L., Quinn N.J. 1981. Reproductive ecology of two Faviid corals (Coelenterate: Scleractinia) *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8:251-255.
- Kleypas J.A., Mc Manus, Meñez L.A.B. 1999. Environmental limits to coral reef development: Where do we draw the line? *American Zoologist* 39: 146-159.
- Littler, M. M., y Littler, D. S. (1984) A relative-dominance model for biotic reefs. *Proceedings of the joint meeting of the Atlantic reef committee society of reef studies*, Miami, 1984.
- López-Pérez, R. A., M. G. Mora-Pérez y G. E. Leyte-Morales. 2007. Coral (*Anthozoa: Scleractinia*) recruitment at Bahías de Huatulco, western México: Implications for coral community structure and dynamics. *Pacific Science*. núm 61. pp. 355-369.
- Maragos JE. 1977. Order Scleractinia, stony corals. En: D. M. Devaney & L. G. Eldredge. Reef and shore fauna of Hawaii. Section 1. Protozoa through Ctenophora. Bishop Museum Spec. Publ. 64, Honolulu. 158-241.
- Medina-Rosas P, Carriquiry JD, Cupul-Magaña AL, Ixtapa D. 2005. Reclutamiento de *Porites* (Scleractinia) sobre sustrato artificial en arrecifes afectados por El Niño 1997–98 en Bahía de Banderas, Pacífico mexicano Recruitment of *Porites*

(Scleractinia) on artificial substrate in reefs affected by the 1997–98 El Niño in Banderas Bay, Mexican Pacific. *Cienc. Mar.* 31:103–109.

- Melo-Merino S.M. 2013. Cambios potenciales en la distribución de corales arrecifales (Scleractinia) del Pacífico Oriental y Atlántico Occidental, como consecuencia del cambio climático. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias. México. D.F.
- Melo-Merino S.M, Pérez España. H, Román Vives M.A. 2015. Reclutamiento coralino in situ y en sustrato artificial en el Sistema Arrecifal Veracruzano, suroeste del golfo de México. Universidad Autónoma Metropolitana. Revista digital E-BIOS ISSN 2007-5782 número especial (2). 95 – 104.
- (MARN) Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2005. Ley de Áreas Naturales Protegidas. Report No.: Ley N° 26834. Tomo 366, Diario oficial: 32. <http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/Legislacion/Peru/ley26834.pdf>.
- Mora-Pérez, M. G. 2002. Reclutamiento sexual y asexual de corales pétreos (Anthozoa: Scleractinia), en seis arrecifes coralinos de la costa de Oaxaca, México. [Tesis de Licenciatura]. Universidad del Mar, Oaxaca, Méx.
- Mora MG. 2005. Biología reproductiva del coral *Porites panamensis* Verrill 1866 (Anthozoa: Scleractinia), en bahía de la Paz, Baja California Sur, México. [Tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias con especialidad en manejo de recursos marinos]. Instituto politécnico nacional (IPN-CICIMAR). La Paz. Baja California Sur. México.
- Mojetta. A. 2006. Guía del mundo submarino Barrera Coralina. Editorial Libsa San Rafael. 4 28108 Alcobendas. Madrid. ISBN: 88-662-1221-3.
- Mumby, P. J., N. L. Foster, Cabral. E.A. 2005. Patch dynamics of coral reef macroalgae under chronic and acute disturbance. *Coral Reef* 24:681-692.
- McClanahan TR, Sala E, Stickels PA, Cokos BA, Baker AC, Starger CJ, Iv SHJ. 2003. Interaction between nutrients and herbivory in controlling algal communities and coral condition on Glover’s Reef, Belize. *Marine Ecology Progress Series*, 261, 135–147.

- Orellana J. 1985. Peces Marinos de El salvador. Fundación SIGMA.
- Oviedo AG. 2010. Los Cóbano; Un atractivo turístico natural. Revista Mejor Ambiente. Edición I. diciembre 2010. Fondo de la iniciativa para las Américas (FIAES). 39: p 24-25.
- Porter JW. 1972. Ecology and species diversity of coral reefs on opposite sides of the Isthmus of Panama. Bull. Biol. Soc. Was. 2: 89-116.
- Reyes-Bonilla H, Calderón-Aguilera LE. 1994. Parámetros poblacionales de *Porites panamensis* (Anthozoa: Scleractinia), en el arrecife Cabo Pulmo, México. Rev. Biol. Trop. 4 (1-2): 121-128.
- Ríos GK. 2004. Evaluación del repoblamiento en el arrecife de Jalisco. Tesis para optar al grado de licenciatura de Biología, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, Universidad de Guadalajara, México.
- Richmond RH. 1987. Energetic relationships and biogeographical differences among fecundity, growth, and reproduction in the reef coral, *Pocillopora damicornis*. Bull. mar Sci. 41 (2):595- 604
- Richmond RH, Hunter C. 1990. Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the tropical Pacific and the Red Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 60: 185-203.
- Richmond HR. 1997 a. Energetic relationships and biogeographical differences among fecundity, growth and reproduction in the reefs coral *Pocillopora damicornis*. Bull. Mar. Sci. 41: 594-604.
- Richmond R H. 1997 b. Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of reefs. In Birkeland, C. (ed), pp 175–197. *Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall, New York.
- Santiago J, Rodríguez A. 2016. Capítulo I: Reproducción, reclutamiento y conectividad en corales: procesos esenciales para el mantenimiento de las comunidades coralinas, Tópicos sobre ciencias biológicas. Primera Edición. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa, Av. Universidad #203, delegación Ixtapa, 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

- Sánchez Godínez CE. 2014. Capacidad de recuperación de los arrecifes coralinos Del caribe con base en la estructura bentónica actual y la densidad de reclutas. [Rodrigo Facio]: Universidad de Costa Rica. [Accessed 2015 Dec 6]
- Segovia J, Navarrete T. 2007. Biodiversidad en parches de corales hermatípicos (*Porites lobata* y *Pocillopora* spp.), del Sistema Arrecifal de los Cóbano, Departamento de Sonsonate, El Salvador. [Tesis para optar al grado de Licenciatura en Biología]. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. San Salvador. El Salvador.
- Segovia SV. 2017. Impactos de El Niño 2014-2016 en las comunidades bénticas de los arrecifes de borde, Los Cóbano, El Salvador, Centroamérica. COLACMAR 2017. ALICMAR. Balneário Camboriú-Santa Catarina-Brasil.
- Stoddart JA. 1983. Asexual reproduction of planulate in the coral *Pocillopora damicornis*. Mar. Biol. 76: 279-284.
- Venera – Pontón DE, Reyes J, Díaz-Pulido G. 2008. Revisión taxonómica del coral *Porites colonensis* (Scleractinia: Poritidae) en el caribe colombiano. Biol. Invest. Mar. Cost. Santa Marta, Colombia. 37(2):71-85. ISSN 0122-9761.
- Vizcaino OV. 2000. Reclutamiento de corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinida) en las costas de bahía de banderas y sur de Nayarit, México. [Tesis para optar al grado de Licenciado en Biología]. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Vidal AM, Villamil CM, Acosta A. 2005. Composición y densidad de corales juveniles en dos arrecifes profundos de San Andrés Isla, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 34: 211- 225 ISSN 0122-9761. Santa Marta. Colombia.
- Wells JW. 1972. Notes on Indo-Pacific scleractinian corals. Part 8. Scleractinian corals from Easter Island. Pac Sci 26:183–190.