

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL

“Reclutamiento de corales pétreos y su relación con algas sobre placas de carbonato de calcio en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak”

**Tesis para obtener el Grado de:
Maestro en Manejo de Zona Costera**

**Presenta:
Biól. Oscar Ariel Angulo Oliva**

**Director de Tesis:
M.C. Alejandro Medina Quej**

**Director Externo:
Dr. Miguel Ángel Ruiz Zárate**

Chetumal, Quintana Roo, México, Enero de 2019

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi madre Martha por toda su paciencia y sobre todo su amor y comprensión. El contar con su apoyo ha sido siempre la voz de la razón en mi vida. Espero que este trabajo sirva de aprendizaje y superación para seguir cada día preparándome en el ambiente académico de investigación.

Igualmente se lo dedico a quienes ya no se encuentran a mi lado mi tío Carlos y mi abuela “Chavelita” a quienes siempre llevo en mis pensamientos y quienes espero estén siempre orgullosos del profesionista que soy el día de hoy.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo recibido mediante la beca para realizar la Maestría.

Al Instituto Tecnológico de Chetumal por el apoyo y oportunidad de realizar el posgrado.

Al Colegio de la Frontera Sur, unidad Chetumal por el apoyo mediante su infraestructura y recursos.

Pero sobre todo al Dr. Miguel Ángel Ruiz Zárate y al M.C. Alejandro Vega Zepeda por darme la oportunidad de participar en el proyecto “Efecto de las macroalgas de tapete en etapas tempranas del coral masivo *Orbicella annularis* en el Caribe mexicano”. Al apoyo del Biol. Humberto Bahena Basave sin el cual no contaríamos con las detalladas fotos de los reclutas coralinos. Agradezco infinitamente su paciencia y a su valiosa experiencia para desarrollar un mejor trabajo y sobre todo a sus consejos que me han servido para hoy completar mis metas de superación académicas.

A los maestros de posgrado que con su tiempo y esfuerzo buscaron formar mejores profesionistas para el día de mañana.

Por ultimo pero no menos importantes a todos mis compañeros de posgrado de los cuales conocí y aprendí nuevos puntos de vista, y de quienes espero nunca olviden que de mi parte les ofrezco hoy, mañana y siempre mi amistad incondicional. Un fuerte deseo de éxito para todos ustedes.

El desarrollo de esta tesis se hizo mediante el financiamiento total del proyecto CONACyT 257855, de Investigación Científica Básica.

Resumen

El reclutamiento coralino es uno de los procesos clave que regulan y mantienen una óptima salud arrecifal. Estudios realizados en los arrecifes del Caribe señalan que los arrecifes coralinos se encuentran en un estado de declive en la cobertura y complejidad estructural, ocasionando una pérdida del hábitat arrecifal. Entre las consecuencias de la degradación arrecifal se encuentran el sobrecrecimiento de las macroalgas y una pérdida en la cobertura de corales escleractinios. Las interacciones que los corales presentan durante sus etapas tempranas de reclutamiento determinan no solo la abundancia y distribución de los reclutas coralinos sino también su supervivencia en el sustrato. Uno de los principales objetivos de este trabajo fue el determinar si los tiempos de pre-acondicionamiento de las placas de asentamiento presentaron diferencias con respecto a la supervivencia y mortalidad de los reclutas coralinos, así como evaluar su crecimiento, composición taxonómica y sus posibles correlaciones con otros grupos bénticos. Este trabajo fue llevado a cabo en tres localidades (Jardines, Doña Nica y Xahuayxol) del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak durante tres periodos de muestreo (nov-16, may-17 y nov-17). Para estos experimentos se empleó luz fluorescente sobre las placas de asentamiento lo que facilitó la identificación, localización y toma de fotografías de los reclutas coralinos. Las fotografías tomadas permitieron identificar seis géneros de corales escleractinios: *Agaricia*, *Favia*, *Orbicella*, *Porites*, *Siderastrea* y *Stephanocoenia*. Se pudo observar que el menor porcentaje de cobertura correspondió al sitio Doña Nica, seguido por Jardines y mostrando al sitio Xahuayxol como el de mayor porcentaje de cobertura coralina. Contrariamente a lo esperado las algas coralinas costrosas no presentaron los valores de correlación positivos más altos, en cambio grupos como las algas de tapete y las algas carnosas presentaron valores de correlación más grandes de lo esperado.

Índice

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen.....	iii
1.- Introducción.....	1
2.- Antecedentes.....	5
3.- Objetivo General	8
3.1.- Objetivo Específico	8
4.- Hipótesis Nula (H0)	9
5.- Hipótesis Alternativa (H1).....	9
6.- Metodología	10
6.1.- Área de Estudio	10
6.2.- Trabajo de campo.....	12
6.3.- Trabajo de gabinete.....	14
6.4.- Análisis estadísticos.....	15
7.- Resultados	16
7.1.- Número de reclutas coralinos.....	16
7.2.- Cobertura de reclutas coralinos.....	19
7.3.- Composición taxonómica y tamaños de reclutas coralinos	22
7.4.- Supervivencia	31
7.5.- Cobertura de otros grupos bénticos.....	33
8.- Discusión	40
9.- Conclusión	44
10.- Bibliografía.....	48
11.- Anexos.....	54
Anexo 1. Tabla de los índices de supervivencia de Kaplan-Meier junto a la prueba de igualdad entre tratamientos para el sitio Jardines	54
Anexo 2. Tabla de los índices de supervivencia de Kaplan-Meier junto a la prueba de igualdad entre tratamientos para el sitio Doña Nica.	55
Anexo 3. Tabla de los índices de supervivencia de Kaplan-Meier junto a la prueba de igualdad entre tratamientos para el sitio Xahuayxol.....	56
Anexo 4. Tabla de los índices de supervivencia de Kaplan-Meier junto a la prueba de igualdad entre los sitios J, N y X.....	57
Anexo 5. Imágenes correspondientes al recluta de coral fijado en la placa N1	58

Anexo 6. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N1.	60
Anexo 7. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N6.	61
Anexo 8. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado en la placa N7.....	62
Anexo 9. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N9.	63
Anexo 10. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N12.....	64
Anexo 11. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N17.....	65
Anexo 12. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N17.....	66
Anexo 13. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N23.....	67
Anexo 14. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N23.....	68
Anexo 15. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J3.	69
Anexo 16. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J3.	70
Anexo 17. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J3.	71
Anexo 18. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J7.	72
Anexo 19. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J9.	73
Anexo 20. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J11.....	74
Anexo 21. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J14.....	75
Anexo 22. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J14.....	76
Anexo 23. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J14.....	77
Anexo 24. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J16.....	78

Anexo 25. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X5.	79
Anexo 26. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X6.	80
Anexo 27. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X6.	81
Anexo 28. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X6.	82
Anexo 29. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X8.	83
Anexo 30. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X9.	84
Anexo 31. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X10.	85
Anexo 32. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X12.	86
Anexo 33. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X19.	87
Anexo 34. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X19.	88
Anexo 35. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X22.	89
Anexo 36. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X23.	90
Anexo 37. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X23.	91
Anexo 38. Matriz de correlación de Spearman de la primera temporada de muestreo	92
Anexo 39. Matriz de correlación de Spearman de la segunda temporada de muestreo	93
Anexo 40. Matriz de correlación de Spearman de la tercera temporada de muestreo	95
Anexo 41. Matriz de correlación de Spearman de la primera temporada de muestreo	97
Anexo 42. Matriz de correlación de Spearman de la segunda temporada de muestreo	98
Anexo 43. Matriz de correlación de Spearman de la tercera temporada de muestreo	99

Índice de figuras

FIGURA 1. MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO, DENTRO DEL POLÍGONO DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE XCALAK, QUINTANA ROO, CON LOS TRES SITIOS DE MUESTREO SEÑALADOS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
FIGURA 2. PAR DE PLACAS DE ASENTAMIENTO FIJADAS CERCA DE COLONIAS DE ORBICELLA ANNULARIS.....	13
FIGURA 3. FOTOGRAFÍAS EN BLOQUE DE LAS CARAS SUPERIOR (A) E INFERIOR (B) DE 8 PLACAS DEL SITIO XAHUAYXOL, EMPLEADAS PARA EVALUAR LAS COBERTURAS DE LOS DIFERENTES GRUPOS BÉNTICOS REGISTRADOS A LO LARGO DEL MUESTREO.....	13
FIGURA 4. ABUNDANCIA (NÚMERO) DE RECLUTAS CORALINOS REGISTRADOS EN LAS TRES TEMPORADAS (NOVIEMBRE-2016, MAYO-2017 Y NOVIEMBRE-2017) Y EN LOS TRES SITIOS DE MUESTREO (DOÑA NICA, JARDINES Y XAHUAYXOL) DEL PARQUE MARINO ARRECIFES DE XCALAK.....	17
FIGURA 5. ABUNDANCIAS (NÚMERO) DE RECLUTAS CORALINOS POR SITIO (A, B, C) Y TIPO DE PREACONDICIONAMIENTO DE LAS PLACAS (TRATAMIENTO 1: BARRAS GRISES; TRATAMIENTO 2: BARRAS NEGRAS) EN LA SUPERFICIE INFERIOR DE LAS PLACAS POR PERIODO DE MUESTREO. A) SUPERFICIE INFERIOR DE LAS PLACAS DE DOÑA NICA, B) SUPERFICIE INFERIOR DE LAS PLACAS DE JARDINES, C) SUPERFICIE INFERIOR DE LAS PLACAS DE XAHUAYXOL. SIN REGISTRO: DATOS PERDIDOS PARA EL PRIMER MUESTREO DEL SITIO XAHUAYXOL.	18
FIGURA 6. ABUNDANCIA (NÚMERO) DE RECLUTAS ENCONTRADOS ÚNICAMENTE EN LA PARTE SUPERIOR DE LAS PLACAS DEL PRIMER TRATAMIENTO PARA LOS TRES SITIOS DE MUESTREO.....	19
FIGURA 7. COBERTURA RELATIVA (%) DE LOS RECLUTAS CORALINOS CORRESPONDIENTES A LOS SITIOS DOÑA NICA, JARDINES Y XAHUAYXOL DURANTE TRES TEMPORADAS DE MUESTREO.	20
FIGURA 8. GÉNEROS DE RECLUTAS CORALINOS ENCONTRADOS DURANTE TODO EL ESTUDIO Y SU: ABUNDANCIA RELATIVA (%) Y ABSOLUTA (NÚMEROS SOBRE LAS COLUMNAS). N.I: NO IDENTIFICADO.....	23
FIGURA 9. ABUNDANCIA ABSOLUTA (NÚMERO DE RECLUTAS, COLUMNAS) Y SU ÁREA PROMEDIO (MM ² , TRIANGULO NEGRO) DE LOS GÉNEROS DE CORALES ENCONTRADOS COMO RECLUTAS PARA TODO EL ESTUDIO (A); EN EL SITIO JARDINES (B); DOÑA NICA (C) Y XAHUAYXOL (D). N.I: NO IDENTIFICADO. BARRAS DE ERROR = ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	25
FIGURA 10. ABUNDANCIA RELATIVA (%) Y ABSOLUTA (NÚMEROS SOBRE COLUMNAS) DE LOS GÉNEROS DE RECLUTAS CORALINOS REGISTRADOS PARA TODO EL ESTUDIO (A) Y PARA LOS TRES PERIODOS DE MUESTREO (B) EN EL SITIO JARDINES. N.I: NO IDENTIFICADO.	27
FIGURA 11. ABUNDANCIA RELATIVA (%) Y ABSOLUTA (NÚMEROS SOBRE COLUMNAS) DE LOS RECLUTAS CORALINOS REGISTRADOS PARA TODO EL ESTUDIO (A) Y PARA LOS TRES PERIODOS DE MUESTREO (B) EN EL SITIO DOÑA NICA. N.I: NO IDENTIFICADO.....	29
FIGURA 12. ABUNDANCIA RELATIVA (%) Y ABSOLUTA (NÚMEROS SOBRE COLUMNAS) DE LOS RECLUTAS CORALINOS REGISTRADOS PARA TODO EL ESTUDIO (A) Y PARA LOS TRES PERIODOS DE MUESTREO (B) EN EL SITIO XAHUAYXOL. N.I: NO IDENTIFICADO.	31
FIGURA 13. COBERTURA RELATIVA (%) DE LOS GRUPOS BÉNTICOS REGISTRADOS SOBRE LA SUPERFICIE INFERIOR DE LAS PLACAS DE ASENTAMIENTO EN EL SITIO DOÑA NICA, POR PERIODO DE MUESTREO AT: ALGAS DE TAPETE. ACI: ALGAS	

CARNOSAS INCRUSTANTES. ACC: ALGAS CORALINAS COSTROSAS. AC: ALGAS CARNOSAS.....	34
FIGURA 14. COBERTURA RELATIVA (%) DE LOS GRUPOS BÉNTICOS REGISTRADOS SOBRE LA SUPERFICIE SUPERIOR DE LAS PLACAS DE ASENTAMIENTO EN EL SITIO DOÑA NICA. AT: ALGAS DE TAPETE. ACI: ALGAS CARNOSAS INCRUSTANTES. ACC: ALGAS CORALINAS COSTROSAS. AC: ALGAS CARNOSAS. C: CIANOBACTERIAS.....	34
FIGURA 15. COBERTURA RELATIVA (%) DE LOS GRUPOS BÉNTICOS REGISTRADOS SOBRE LA SUPERFICIE INFERIOR DE LAS PLACAS DE ASENTAMIENTO EN EL SITIO JARDINES. AT: ALGAS DE TAPETE. ACI: ALGAS CARNOSAS INCRUSTANTES. ACC: ALGAS CORALINAS COSTROSAS. AC: ALGAS CARNOSAS.....	35
FIGURA 16. COBERTURA RELATIVA (%) DE LOS GRUPOS BÉNTICOS REGISTRADOS SOBRE LA SUPERFICIE SUPERIOR DE LAS PLACAS DE ASENTAMIENTO EN EL SITIO JARDINES. AT: ALGAS DE TAPETE. ACI: ALGAS CARNOSAS INCRUSTANTES. ACC: ALGAS CORALINAS COSTROSAS. AC: ALGAS CARNOSAS.....	36
FIGURA 17. COBERTURA RELATIVA (%) DE LOS GRUPOS BÉNTICOS REGISTRADOS SOBRE LA SUPERFICIE INFERIOR DE LAS PLACAS DE ASENTAMIENTO EN EL SITIO XAHUAYXOL. AT: ALGAS DE TAPETE. ACI: ALGAS CARNOSAS INCRUSTANTES. ACC: ALGAS CORALINAS COSTROSAS. AC: ALGAS CARNOSAS.....	37
FIGURA 18. COBERTURA RELATIVA (%) DE LOS GRUPOS BÉNTICOS REGISTRADOS SOBRE LA SUPERIOR INFERIOR DE LAS PLACAS DE ASENTAMIENTO EN EL SITIO XAHUAYXOL. AT: ALGAS DE TAPETE. ACI: ALGAS CARNOSAS INCRUSTANTES. AC: ALGAS CARNOSAS.....	37

Índice de tablas

TABLA 1. COBERTURAS (MM ²) PROMEDIO, DESVIACIÓN ESTÁNDAR (\pm) Y ERROR TÍPICO DE LOS RECLUTAS DE CORAL EN LAS TRES TEMPORADAS Y TRES SITIOS DE MUESTREO.....	21
TABLA 2. VALORES P DEL ANÁLISIS DE KRUSKAL-WALLIS PARA LAS COBERTURAS DE LOS TRES SITIOS DE MUESTREO (JARDINES, DOÑA NICA Y XAHUAYXOL) DURANTE LAS TRES TEMPORADAS DE MUESTREO (NOV-16, MAY-17 Y NOV-17). RESALTANDO MEDIANTE SOMBREADO LOS VALORES P SIGNIFICATIVOS.....	379

1.- Introducción

Los arrecifes coralinos son estructuras calcáreas formadas por la equilibrada y delicada interacción de organismos animales y vegetales, quienes se ubican mayormente en las aguas someras de las latitudes tropicales del mundo. El grupo más destacado de estos organismos son los corales escleractinios (Phylum Cnidaria), quienes conforman sus esqueletos de carbonato de calcio, lo cual da forma y estructura al ecosistema arrecifal. El entramado coralino crea microhábitats para una gran cantidad de especies de flora y fauna, quienes no se podrían encontrar en ningún otro ecosistema (Sorokin 1995). Los arrecifes coralinos son en sí una gran comunidad simbiótica formada por la interacción entre corales, algas y bacterias. Esta compleja interacción entre los diversos organismos mantiene, cuando se encuentra equilibrada, una óptima salud en el ecosistema arrecifal. Cabe resaltar que un cambio en la complejidad estructural del ecosistema arrecifal, ocasionado por la pérdida de uno o varios de sus componentes, ocasiona un deterioro de la comunidad lo cual amenaza su integridad (Ardisson *et al.* 2011).

A pesar de localizarse en aguas con poca concentración de nutrientes, los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas más diversos y productivos del planeta. Esto se puede deber en gran parte a la asociación simbiótica que presentan los corales constructores de arrecifes o hermatípicos con algas unicelulares llamadas zooxantelas, las cuales proveen a los corales con cantidades importantes de los nutrientes que necesitan para su subsistencia. Esta asociación, aunque benéfica, hace a los corales extremadamente vulnerables dado que puede haber rompimiento de la simbiosis por algunos estresores, tal como el aumento atípico de la temperatura media del mar, enfermedades, alta sedimentación o por eutrofización de los mares (Narchi y Price 2015). Así mismo estudios realizados en el Caribe a lo largo de tres décadas señalan que los arrecifes coralinos se encuentran en un estado de declive en cuanto a su cobertura y complejidad estructural, lo que ocasiona una pérdida del hábitat arrecifal (Álvarez-Filip *et al.* 2011).

Después de que en un arrecife coralino se presente una perturbación que origine una pérdida de individuos por mortalidad, es necesaria una repoblación por medio de mecanismos naturales tales como el crecimiento de los organismos sobrevivientes, así como por la entrada de nuevos organismos (reclutamiento) por medio de la reproducción sexual. Operacionalmente se puede definir al recluta de coral como a aquel organismo larval quien se ha asentado con éxito en el sustrato y ha sobrevivido hasta la metamorfosis, el cual presenta un tejido y esqueleto reconocible (vivo o muerto) al momento de ser observado bajo el microscopio (Arnold y Steneck 2011).

En los procesos de reclutamiento coralino se ha podido observar que en un ambiente perturbado una gran parte de los reclutas coralinos tienen su origen en colonias alejadas del área arrecifal afectada (Medina-Rosas *et al.* 2005). Entre los factores que afectan negativamente los procesos tempranos de reclutamiento y crecimiento coralino podemos encontrar procesos tales como: la acidificación de los océanos lo cual afecta al metabolismo y la calcificación de las larvas coralinas (Albright y Langdon 2011), mortalidades masivas producto de enfermedades de la banda blanca, la enfermedad de la banda negra, el blanqueamiento masivo de corales (Aronson y Precht 2001; Navas-Camacho *et al.* 2010) entre otras enfermedades.

Entre las causas biológicas de perturbación se pueden mencionar a la predación registrada en el Pacífico por parte de especies como la estrella de mar *Acanthaster planci* quien en su estadio larval se alimenta de otros organismos entre los que se incluyen las larvas coralinas (Fabricius *et al.* 2010), el sobrecrecimiento de las macroalgas (Done 1992) como consecuencia de una pérdida de organismos herbívoros (Arnold *et al.* 2010, Chuc-Contreras *et al.* 2011, Doropoulos *et al.* 2016), así como perturbaciones en la calidad del agua (De'ath y Fabricius 2010), producidas por un exceso de nutrientes y contaminantes de origen terrestre por el uso de fertilizantes y pesticidas (Kroon *et al.* 2012), lo cual favorece el sobrecrecimiento de macroalgas que van ocupando cada vez más espacio, reduciendo así el área disponible para el asentamiento coralino.

Otra consecuencia de la degradación arrecifal es la dominancia de especies coralinas efímeras y oportunistas como: *Siderastrea radians* y *Porites astreoides*, las cuales ocupan el espacio ocasionando que la recuperación de las especies más longevas y de mayor tamaño como *Orbicella annularis* sea limitada o en algunos casos inexistentes (Hernández-Delgado *et al.* 2014). Igualmente, algunas especies de corales blandos liberan metabolitos secundarios tóxicos los cuales ocasionan mortalidad tanto de reclutas como de corales duros juveniles (Maida *et al.* 1995).

Generalmente los procesos de modificación en el ecosistema se presentan como un cambio en la dominancia de una o varias especies de corales escleractinios por otro grupo de especies oportunistas y de crecimiento rápido, quienes compiten con las especies dominantes por espacio y nutrientes, siendo generalmente las especies oportunistas las que llegan a suprimir a las especies dominantes iniciales (Connell y Slatyer 1977).

A pesar de que las interacciones coral-macroalga son consideradas en su mayoría como perjudiciales para los corales, los estudios de Roth y Knowlton (2009) pudieron observar que los reclutas coralinos fueron más abundante en presencia de ciertos grupos algales como las algas coralinas costrosas, mientras que en presencia de otros grupos como los de las algas carnosas incrustantes fue relativamente menor. Los experimentos en áreas controladas realizados por Doropoulos *et al.* (2016) obtuvieron que los reclutas coralinos presentaron una supervivencia mayor en placas donde existe presencia de grupos de organismos como las algas coralinas costrosas, quienes liberan en el sustrato capas de biofilm, así como de otros compuestos químicos, lo cual prepara al medio de tal forma que el recluta presenta una predisposición a este tipo de sustrato, mientras que la presencia e incremento de las algas turf presenta un efecto negativo notable en la supervivencia de los reclutas fijados a las placas de asentamiento.

El rápido declive de los ecosistemas arrecifales, al igual que los cambios de fase coral-macroalga, hacen necesaria una evaluación de la escala, intensidad, duración y magnitud de los problemas que están presentando los arrecifes en la

actualidad. Un mejor entendimiento sobre los procesos de sucesión podría mejorar nuestra capacidad para interpretar, predecir y manejar el cambio de fase coral-macroalga. Para este tipo de estudios el uso de sustratos artificiales es una de las técnicas de muestreo mayormente empleadas, la cual permite rastrear de manera espacial y temporal el reclutamiento y crecimiento de corales juveniles, así como de llevar un seguimiento de la sucesión de diversos organismos colonizadores (Arnold *et al.* 2010).

Al usar sustratos artificiales, el método normalmente empleado para la identificación de reclutas consiste en remover el tejido blando mediante disolución con hipoclorito de sodio, después de extraer los sustratos del medio arrecifal para dejar descubierto el esqueleto del coral. Este tipo de muestreo, sin embargo, no es útil cuando lo que se busca es llevar un registro detallado del crecimiento y supervivencia de los reclutas (Arnold y Steneck 2011). Otra desventaja que se puede tomar en cuenta al trabajar con estudios de reclutamiento se presenta al momento de realizar la identificación debido, en su mayoría, al pequeño tamaño que presentan los reclutas, los cuales se pueden encontrar entre 0.1 y 0.5 mm de diámetro, lo que lleva a que en la mayoría de los estudios se llegue únicamente al nivel taxonómico de género (Medina-Rosas *et al.* 2005).

Otra técnica de investigación que permite monitorear el asentamiento de los reclutas coralinos es mediante microscopía de fluorescencia. Este tipo de monitoreo permite ubicar de forma espacial a los reclutas coralinos gracias a que bajo la luz ultravioleta los reclutas presentan generalmente fluorescencia lo que permite ubicarlos con mayor facilidad, incluso de individuos muy pequeños (≤ 0.5 mm de diámetro) que serían difíciles de localizar con luz blanca (Hsu *et al.* 2014). El uso de esta técnica ha demostrado que es posible detectar hasta un 97% de los reclutas asentados y permite llevar un seguimiento adecuado de la mortalidad y supervivencia de los reclutas desde una edad temprana, contribuyendo a un mejor entendimiento de los procesos de reclutamiento coralino (Martínez y Abelson 2013).

2.- Antecedentes

Los estudios de Hughes y Tanner (2000) indican que en los 70s y principios de los 80s los arrecifes coralinos del Caribe se encontraban todavía en una condición estable y relativamente saludable, y no es sino poco después del inicio de los 80s que la cobertura de corales comenzó a presentar signos de deterioro. Entre los signos de deterioro arrecifal está la presencia de una baja densidad promedio de reclutas con respecto al promedio de otros arrecifes y también la especie de los reclutas (Ruiz-Zárte y Arias-González 2004; Vidal *et al.* 2005).

Para el mantenimiento y desarrollo arrecifal dos de los procesos fundamentales clave son el asentamiento larval y reclutamiento, sin embargo bajo condiciones de estrés y mortalidad la dominancia de corales puede cambiar, ser disminuida o incluso desplazada por otros grupos bénticos como las macroalgas. Los estudios de interacción coral-macroalga realizados por Luna-Ortega y De la Cruz-Francisco (2017) han mostrado que las macroalgas pueden ocasionar, a los corales, estrés crónico, entre las consecuencias de este estrés se encuentran: pérdida de tejido coralino, disminución de zooxantelas e incluso pueden afectar los ciclos de reproducción y reclutamiento de los corales.

Los estudios de interacción coral-macroalga han mostrado que múltiples factores pueden llegar a producir diferentes resultados, por ejemplo: la acumulación de sedimentos y nutrientes facilita el crecimiento algal afectando el asentamiento de nuevos reclutas coralinos, de igual manera la presencia de sedimentos afecta negativamente el crecimiento de las macroalgas permitiendo un reclutamiento exitoso por parte de las larvas de coral (Mwachireya *et al.* 2017).

Lo anterior resalta la importancia de investigaciones realizadas por autores como Marqués y Díaz (2005), quienes llevaron a cabo estudios de interacción coral-macroalga en donde pudieron observar que los efectos que las macroalgas pueden tener sobre los corales parecen depender del tipo de coral y del tipo de alga involucrados. De las 394 interacciones coral-macroalga analizadas para su estudio se encontró que las especies *Montastrea annularis*, *Porites astreoides* y

Porites porites fueron las especies más susceptibles a presentar recubrimiento por parte de las macroalgas, mientras que las macroalga que parecen influir de forma negativa el crecimiento de los corales son los tapetes algales.

Investigaciones de interacción coral-macroalga realizados en las costas de Belice (Wild *et al.* 2014) mostraron que los corales escleractínios presentan normalmente un contacto frecuente con algún tipo de alga, de este contacto más de un 50% corresponde a sobrecrecimiento de macroalgas, lo cual resulta perjudicial y en muchos casos mortal para los corales. Igualmente que en el caso anterior, de entre todas las algas que presentaron interacción con los corales, los tapetes algales ocasionaron el mayor daño con un registro de 35% de efectos negativos, seguido por las algas carnosas con un 30%, las algas verdes calcificadas con un 26% y un 19% representado por algas cafés del género *Dictyota*. Resultados similares se pudieron observar en el estudio de Chuc-Contreras *et al.* (2011) realizado en el arrecife de Mahahual, donde encontraron que la dominancia de corales pétreos correspondió en gran parte al género *Montastrea* seguido por *Diploria*, y de igual forma, el grupo de algas que se observó con mayor frecuencia recubriendo corales pétreos correspondió a los tapetes algales. Estos autores consideran que esta gran presencia de algas puede estar ligada al exceso de nutrientes que pueden estar siendo introducidos al ambiente arrecifal mediante la desembocadura del drenaje de Mahahual, lo cual puede ser una de las causas del cambio de fase coral-macroalga observado durante el estudio.

El tiempo transcurrido entre las interacciones coral-alga también es relevante, por ejemplo en el trabajo de Arnold y Steneck (2011) encontraron un incremento tanto de reclutas coralinos como de algas coralinas costrosas a lo largo del primer año de muestreo en un estudio de seguimiento temporal, subsecuentemente observaron un declive en la abundancia de reclutas coralinos y un aumento de organismos oportunistas que llegaron a ocupar hasta un 87% del área total disponible, después del primer año de estudio. Esto produjo una supervivencia de reclutas de coral menor al 10% para el final del estudio, con *Porites* siendo el género de coral que presentó la menor capacidad para competir con otros grupos.

La técnica de muestreo que ayuda a determinar tanto los procesos de reclutamiento, supervivencia y crecimiento, así como de las interacciones de los reclutas coralinos con otros organismos, es el empleo de sustratos artificiales. Los experimentos de Davies *et al.* (2013), permitieron observar que al trabajar con sustratos artificiales, sin importar el género, la mayoría de los reclutas coralinos prefieren sustratos con textura rugosa. Esta preferencia hacia sustratos rugosos en lugar de sustratos lisos puede ser resultado de mecanismos de defensa contra la depredación por parte de otros organismos. De igual forma Cetz-Navarro *et al.* (2016) trabajando bajo condiciones de laboratorio con dos tipos de sustrato para determinar preferencias de reclutas del coral *Acropora palmata*, encontraron que esta especie tuvo una preferencia hacia las placas con sustrato de conchuela, teniendo un reclutamiento mayor en la cara superior que en la inferior de la misma.

Otra técnica de muestreo que ayuda a la identificación y localización de reclutas coralinos es el uso de equipos de fluorescencia. Hsu *et al.* (2014) demostraron que bajo las condiciones adecuadas es posible detectar, mediante técnicas de fluorescencia, reclutas cuyo diámetro es menor a 0.52 mm, e incluso es posible detectar a aquellos reclutas que se encuentran recubiertos por macroalgas. Sin embargo estos autores recomiendan el uso combinado de fluorescencia con luz normal debido a que algunos reclutas presentan una coloración tenue bajo la luz fluorescente, por otra parte el uso de luz normal ayuda de igual forma a discernir entre otros organismos que presentan rasgos de fluorescencia similar a la que presentan los reclutas coralinos.

3.- Objetivo General

Evaluar las variaciones espacio-temporales de reclutas coralinos y su relación con algas en placas de carbonato de calcio en el sistema arrecifal de Xcalak.

3.1.- Objetivo Específico

Evaluar el efecto de dos tiempos de pre-acondicionamiento de las placas de asentamiento de carbonato de calcio.

Evaluar la composición taxonómica de las especies de reclutas coralinos en las escalas analizadas.

Determinar la supervivencia/mortalidad de los reclutas coralinos.

Evaluar el desarrollo de reclutas coralinos, al igual que de las algas circundantes, mediante análisis de sus coberturas.

Determinar las posibles relaciones entre reclutas de coral y algas circundantes, mediante el registro de interacciones y correlaciones de coberturas.

4.- Hipótesis Nula (H0)

No habrá ningún efecto de los periodos de pre-acondicionamiento de las placas de asentamiento sobre las variables medidas.

Los reclutas coralinos sobre las placas de asentamiento presentarán cobertura y supervivencia similares para los tres sitios de muestreo.

Los reclutas coralinos sobre las placas de asentamiento presentarán cobertura y supervivencia similares durante todas las temporadas del muestreo.

El incremento de algas sobre las placas de asentamiento no afecta el reclutamiento coralino.

5.- Hipótesis Alternativa (H1)

Habrá efecto de los periodos de pre-acondicionamiento de las placas de asentamiento sobre las variables medidas.

Los reclutas coralinos sobre las placas de asentamiento no presentarán cobertura y supervivencia similares para los tres sitios de muestreo.

Los reclutas coralinos sobre las placas de asentamiento no presentarán cobertura y supervivencia similares durante todas las temporadas del muestreo.

El incremento de algas sobre las placas de asentamiento afecta el reclutamiento coralino.

6.- Metodología

6.1.- Área de Estudio

El Parque Nacional "Arrecifes de Xcalak" (Fig. 1) se localiza en la costa sur del Estado de Quintana Roo, en el Municipio Othón P. Blanco, sus límites están definidos hacia el norte por el paralelo 18°30'00" N, al sur por el límite internacional entre México y Belice en el paralelo 18°11'00", al este por el Mar Caribe. En el área del Parque Nacional y su zona de influencia se encuentran diversos ecosistemas interdependientes: arrecifes de coral, humedales, lagunas costeras, playas y selva, en buen estado de conservación y que son susceptibles de ser aprovechados de manera sustentable. La zona tiene una longitud de aproximadamente 22 km en su eje norte-sur y una anchura de 2 km en Canal Bacalar Chico. En general, es una región plana, ligeramente por encima del nivel medio del mar; la zona oeste, a lo largo del litoral de la Bahía de Chetumal, está conformada por marismas cubiertas por manglares y pastizales. El sistema arrecifal Mesoamericano (SAM) se encuentra justo enfrente de la costa de esta área marina protegida (CONANP 2004). Dentro del Parque Nacional "Arrecifes de Xcalak" se seleccionaron tres sitios de estudio para este trabajo, los cuales reciben los nombres de "Jardines", "Doña Nica" y "Xahuayxol" (Fig. 1).

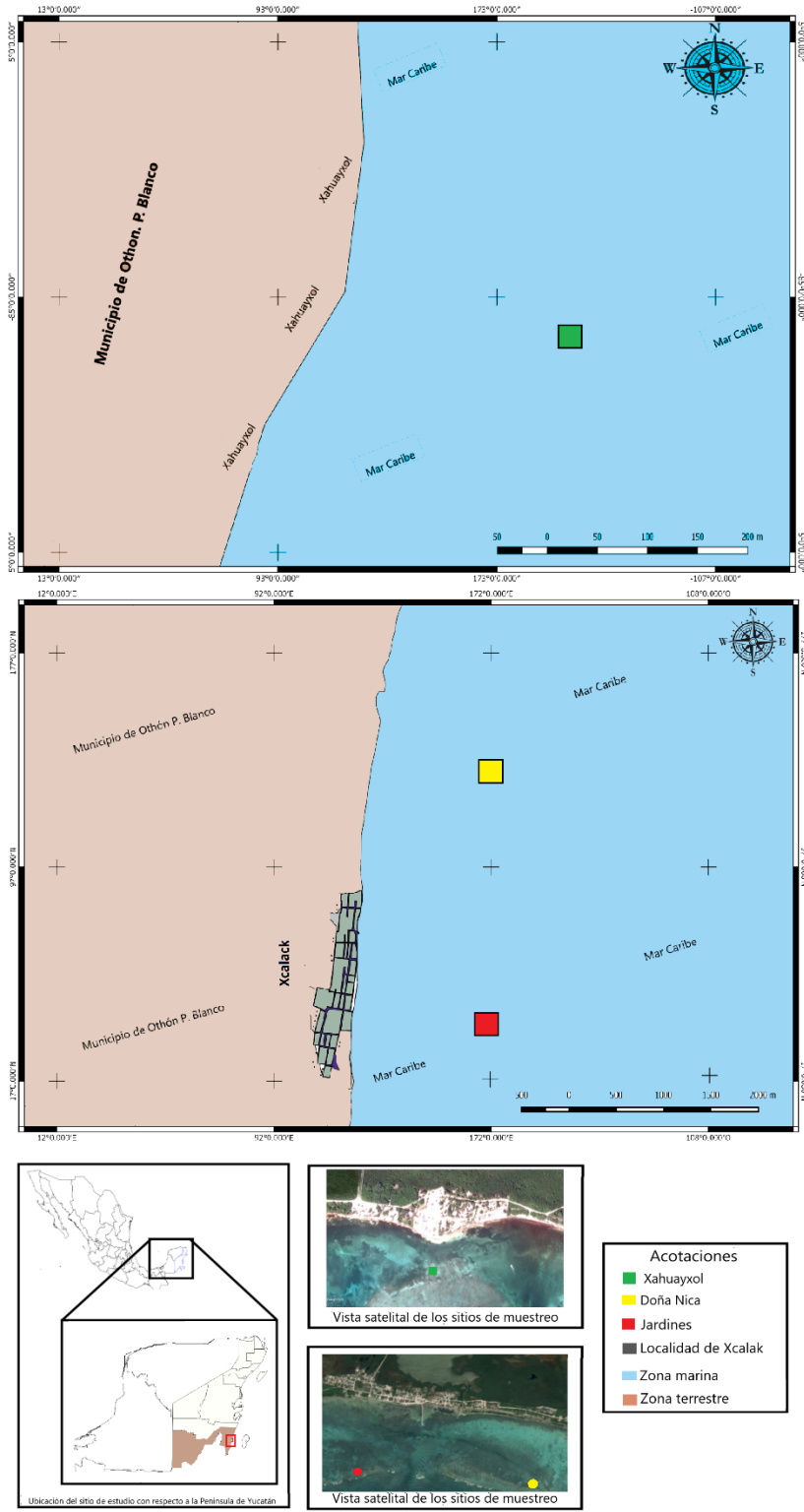


Figura 1. Mapa del área de estudio, dentro del polígono del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, con los tres sitios de muestreo señalados dentro del área de estudio.

6.2.- Trabajo de campo

Para el monitoreo del reclutamiento coralino se emplearon 72 placas de carbonato de calcio (lozas de conchuela de 10x10x1 cm), pre-acondionadas durante dos y un meses, previos al desove anual de corales, en ambiente de laguna arrecifal (la mitad de las placas se colocaron en junio y la otra mitad en julio de 2016, procurando poner cerca pares de placas de cada tratamiento, Fig.2), las placas fueron fijadas al fondo con la ayuda de un taladro neumático, tornillos y aditamentos, a profundidades de entre 1 m y 2 m, en las tres localidades mencionadas. El proceso de pre-acondicionamiento se utilizó para maximizar la probabilidad de asentamiento de los reclutas de coral al inicio de los experimentos (Cetz-Navarro *et al.* 2016). Los sitios seleccionados presentaron predominancia de colonias vivas de *Orbicella annularis* en buen estado de salud y con presencia de otras especies de corales pétreos. En cada uno de los tres sitios se fijaron 24 placas de asentamiento a partir del verano de 2016. Cada cinco a seis meses (nov-2016, may-2017 y nov-2017) durante 1.5 años, se recuperaron los sustratos y se examinaron *in vivo* en busca de la presencia y ubicación sobre las placas de reclutas de coral, así como su registro mediante fotografía utilizando un patrón de comparación a fin de poder determinar tamaños y coberturas posteriormente en gabinete. Las observaciones se llevaron a cabo usando un microscopio estereoscópico de columna alta, con aditamentos para observar a los reclutas mediante el uso de un equipo de iluminación por fluorescencia (Nigthsea), manteniendo los sustratos en un contenedor de plástico, siempre inmersos en agua de mar. Igualmente se tomaron fotografías de las caras superior e inferior de los sustratos (Fig. 3), a fin de evaluar las coberturas de otros grupos bénticos, posteriormente en gabinete. Una vez realizadas las fotografías y registradas las posiciones de los reclutas en un esquema de cada placa, estas se regresaron a su lugar de fijación en el fondo, para posteriores observaciones y mediciones. Las placas con los reclutas se transportaron de los sitios de muestreo a la costa, y de regreso, en compartimientos con agua de mar a temperatura ambiente.



Figura 2. Par de placas de asentamiento fijadas cerca de colonias de *Orbicella annularis*.

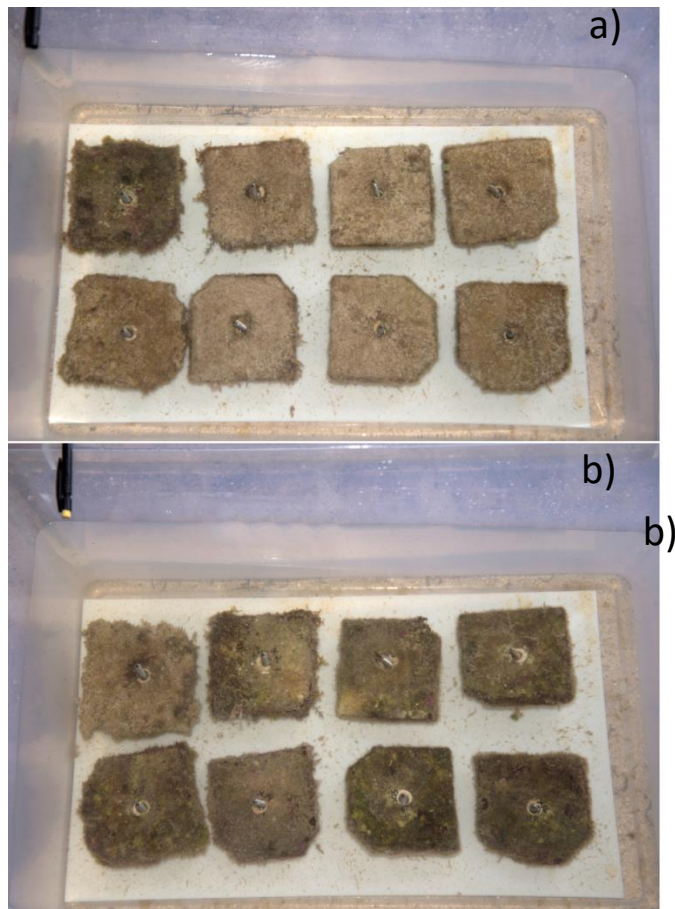


Figura 3. Fotografías en bloque de las caras superior (a) e inferior (b) de 8 placas del sitio Xahuayxol, empleadas para evaluar las coberturas de los diferentes grupos bénticos registrados a lo largo del muestreo.

6.3.- Trabajo de gabinete

Mediante el software ImageJ (National Institutes of Health, 2016) se midió el crecimiento (cobertura) de los reclutas y de grupos bénticos, incluidas macroalgas, registradas en las fotografías de las placas de asentamiento. Este proceso se llevó a cabo registrando, en el programa, la escala correspondiente a cada fotografía y posteriormente delimitando, de manera manual, el borde perteneciente al área circundante de cada recluta coralino y grupo béntico. Con los datos obtenidos de estos muestreos se conformó una base de datos conteniendo tanto las coberturas como el número de organismos presentes para cada placa. Con los datos ordenados de forma espacial y temporal se prosiguió a realizar los análisis estadísticos correspondientes de acuerdo a la naturaleza de los datos.

Los reclutas coralinos se identificaron a nivel taxonómico de Género mediante el uso de las guías de identificación: *Corals of the World* (Veron 2000) y la *Guía para el reconocimiento de corales escleractínios juveniles en el Caribe* (Dueñas *et al.* 2010). Los grupos bénticos encontrados en las placa se definieron mediante los siguientes grupos morfofuncionales: Algas de tipo tapete (AT), algas coralinas costrosas (ACC), algas carnosas incrustantes (ACI), algas carnosas (AC), esponjas (E), esponjas calcáreas (EC), tunicados (T), briozoos (B), gorgonias (G), cyanobacterias (C), foraminífero colonial (FC), poliquetos (P) así como cualquier otro grupo béntico encontrado sobre la placa (OTRO). Para la identificación de estos organismos se utilizaron las siguientes guías: *Caribbean Reef Plants* (Littler y Littler 2000) y *Reef Creature Identification* (Humann y Deloach 2002). Las posiciones de los reclutas encontrados y registrados en los esquemas de las placas, sirvieron para determinar la supervivencia o mortalidad, de acuerdo a su registro vivo o ausencia en los muestreos subsecuentes.

6.4.- Análisis estadísticos

Los datos de coberturas fueron analizadas con una prueba de normalidad y homocedasticidad para comprobar o descartar el uso de pruebas paramétricas. La prueba de normalidad se realizó mediante el software XLSTAT (Addinsoft 1995-2018, versión 2018.5), este software calcula cuatro pruebas de normalidad pertenecientes a la prueba de: Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefos y Jarque-Bera. Para los datos de cobertura de las tres temporadas de muestro para los sitios de muestreo Doña Nica (N), Jardines (J) y Xahuayxol (X) las pruebas de normalidad obtuvieron un valor de $p < 0.05$ por lo que estadísticamente se puede descartar que los datos provengan de una distribución normal. De igual manera se realizó una prueba de homocedasticidad a los datos con el software XLSTAT mediante la prueba de Pettitt la cual indicó que los datos no eran homocedásticos en al menos un sitio, durante las tres temporadas de muestreo. Se probó también haciendo una transformación de los datos para ambas pruebas e igualmente no cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. A consecuencia de lo anterior, se decidió hacer análisis no paramétricos.

Para compara las coberturas de los reclutas por cada sitio con respecto a los dos tratamientos empleados autores como: Szmant (2006), Cetz-Navarro *et al.* (2016) y Salinas-de-León *et al.* (2016) recomiendan emplear el método no paramétrico de Kruskal-Wallis, el cual constituye una alternativa al uso del análisis de varianza (ANDEVA). Se empleó el análisis de Kaplan-Meier para la determinación de los valores de supervivencia de los reclutas coralinos de forma espacial y temporal (Doropoulos *et al.* 2016), el análisis de Kaplan-Meier cuenta con tres pruebas de igualdad para comparar los índices de supervivencia (estadísticos Log-rank, Wilcoxon y Tarone-Ware). El porcentaje de cobertura de los reclutas coralinos se expresó mediante la comparación del área total que ocuparon los coralitos con respecto a las áreas ocupadas por sitio y temporada de los reclutas coralinos. Para poder determinar el tipo de relación que presentaron las coberturas de los diferentes grupos bénticos con las coberturas de los reclutas coralinos encontrados se empleó el método de correlación múltiple de Spearman (Garzón-

Ferrera *et al.* 2004), el cual es una alternativa no paramétrica del método de correlación de Pearson para probar la asociación entre dos o más variables.

Lo anteriormente descrito corresponde a un análisis general de los datos recopilados en el transcurso del estudio. De forma más específica se emplearon únicamente los datos correspondientes a la interacción de los reclutas coralinos con los grupos bénticos más próximos al recluta coralino. Para realizar este proceso se delimitó un área circundante a cada recluta coralino equivalente al doble del diámetro de cada recluta, con algunas variaciones dependiendo en algunos casos del tamaño y escala de la fotografía. Seguidamente se empleó el software ImageJ para calcular el valor del área circundante delimitada así como del área de todos los organismos encontrados dentro de la misma. Finalmente los datos recopilados fueron sujetos al método de correlación múltiple de Spearman para determinar las asociaciones a micro escala entre los reclutas coralinos y los grupos bénticos presentes.

7.- Resultados

7.1.- Número de reclutas coralinos

Para este trabajo realizado durante tres temporadas en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak se registraron un total de 274 reclutas coralinos distribuidos en tres sitios de muestreo. De este total 84 reclutas correspondieron al sitio Doña Nica, 123 al sitio Jardines y 67 al sitio Xahuayxol. Con tres reclutas el sitio Jardines presentó el menor número de coralitos registrados para el primer muestreo, seguido por Xahuayxol con 11 reclutas, finalizando con 14 coralitos para el sitio Doña Nica. Durante el segundo muestreo se registró que el sitio con el menor número de reclutas correspondió al sitio Xahuayxol con 30 coralitos, seguido por Doña Nica con 39 coralitos, ubicando al sitio con el mayor número de reclutas a Jardines con 54 coralitos. Durante el último muestreo el sitio que presentó el menor número de reclutas correspondió a Xahuayxol con 26 reclutas,

seguido de Doña Nica con 31 reclutas y registrando 66 reclutas para el sitio Jardines lo cual lo ubica como el sitio con el mayor número de coralitos para el tercer muestreo (Fig. 4).

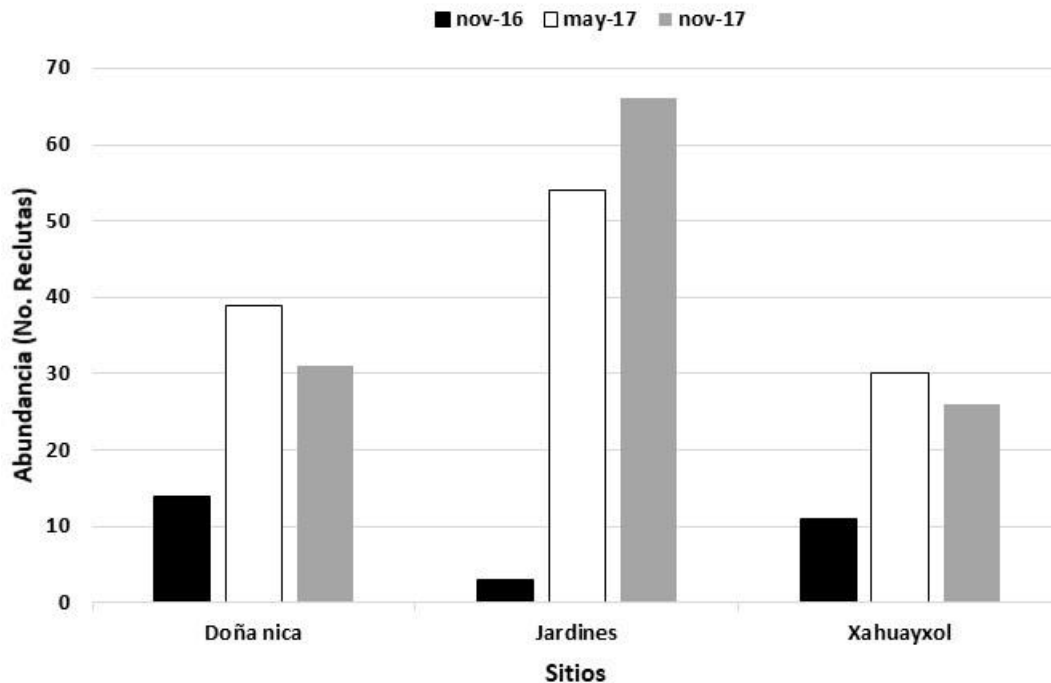


Figura 4. Abundancia (número) de reclutas coralinos registrados en las tres temporadas (noviembre-2016, mayo-2017 y noviembre-2017) y en los tres sitios de muestreo (Doña Nica, Jardines y Xahuayxol) del Parque Marino Arrecifes de Xcalak.

Las abundancias de reclutas coralinos para cada sitio, por tipos de pre-acondicionamiento (Tratamiento 1: dos meses; Tratamiento 2: un mes) y superficie (superior e inferior), de las placas mostraron que independientemente del periodo de muestreo y tratamiento, la mayor abundancia se presentó en la parte inferior de las placas de reclutamiento (Fig. 5), debido a una pérdida de los datos del sitio Xahuayxol para la primera temporada de muestreo el registro de abundancias entre tratamientos para este sitio se ve reflejado a partir del segundo muestreo (Fig. 5c), mientras que en la parte superior de las placas se registró únicamente en las palcas del primer tratamiento un total de reclutamiento (por las tres temporadas de muestreo) de cinco reclutas de coral (Fig.6).

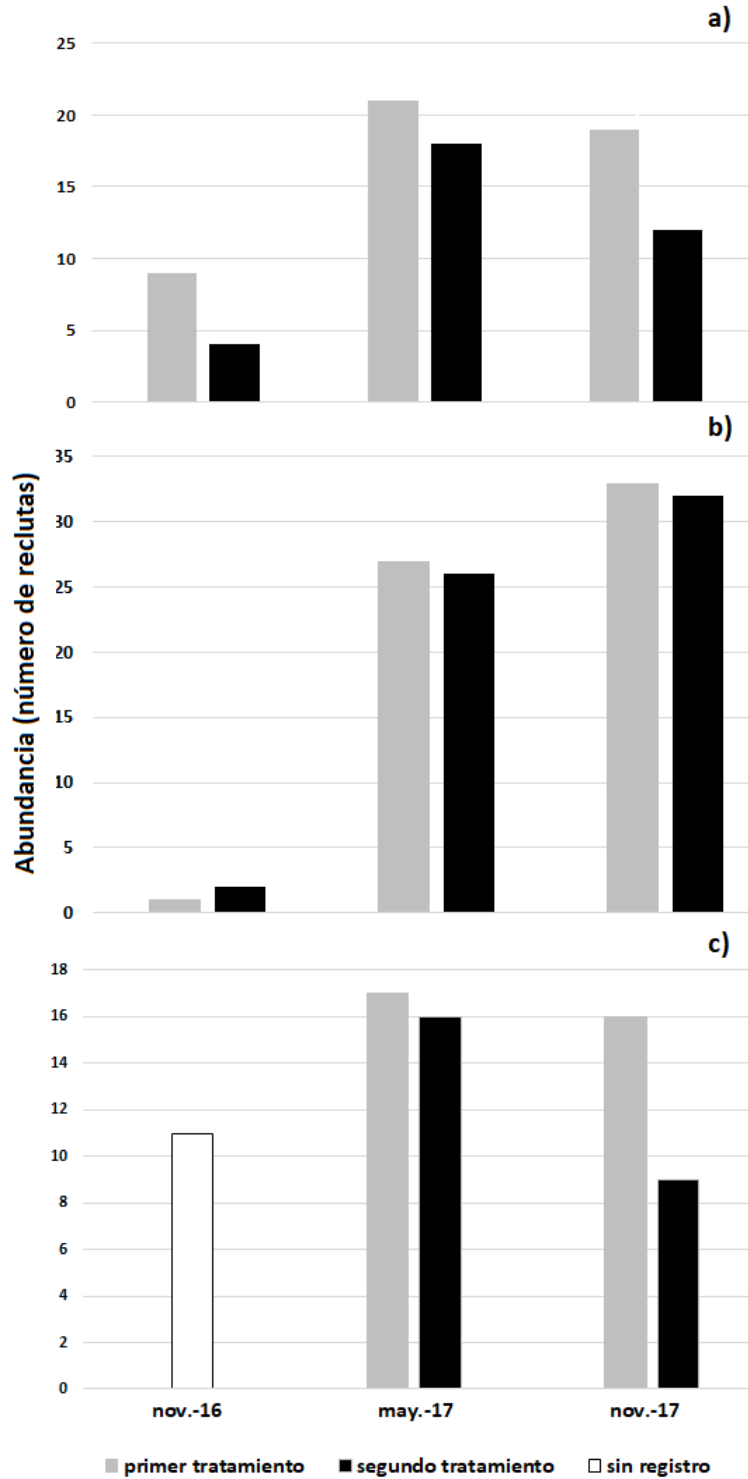


Figura 5. Abundancias (número) de reclutas coralinos por sitio (a, b, c) y tipo de preacondicionamiento de las placas (tratamiento 1: barras grises; tratamiento 2: barras negras) en la superficie inferior de las placas por periodo de muestreo. a) Superficie inferior de las placas de Doña Nica, b) Superficie inferior de las placas de Jardines, c) Superficie inferior de las placas de Xahuayxol. Sin registro: datos perdidos para el primer muestreo del sitio Xahuayxol.

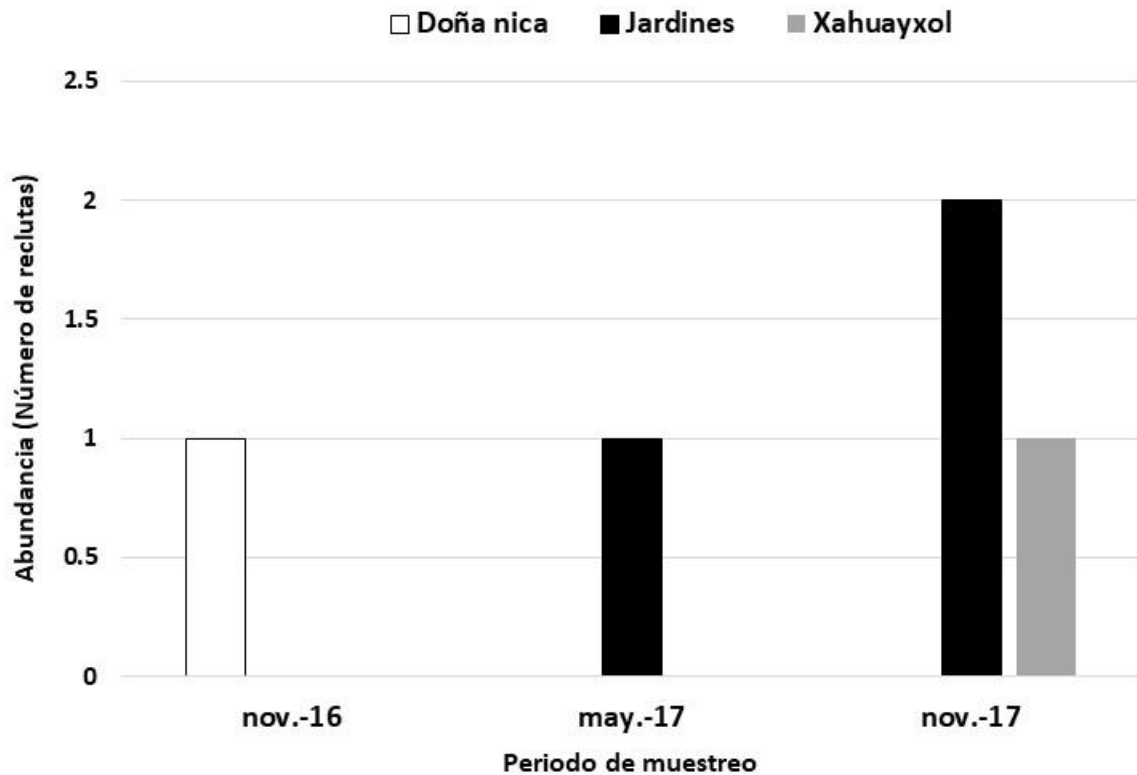


Figura 6. Abundancia (número) de reclutas encontrados únicamente en la parte superior de las placas del primer tratamiento para los tres sitios de muestreo.

7.2.- Cobertura de reclutas coralinos

Las coberturas registradas de los reclutas coralinos abarcaron un área total de 2456.018 mm² durante todo el estudio. De este total el menor porcentaje de cobertura lo presentó el sitio Doña Nica con un 22.8% (559.037 mm²), seguido por el sitio Jardines con 30.2% (741.167 mm²), observando que el sitio que presentó la mayor cobertura coralina correspondió al sitio Xahuayxol con un 47.1% (1155.814 mm²). Para el primer muestreo el sitio con el menor porcentaje de cobertura correspondió a Jardines con un 0.1%, seguido por el sitio Doña Nica con 0.9%, a Xahuayxol tuvo un valor de 2.4% por lo que fue el sitio con la mayor cobertura de reclutas coralinos durante el primer muestreo. Para el segundo muestreo el sitio con el menor porcentaje de cobertura coralina correspondió nuevamente a

Jardines con 7.7%, seguido por Doña Nica con 8%, ubicando una vez más al sitio Xahuayxol como el sitio con la mayor cobertura con un valor de 14.4%. Durante el último muestreo el sitio con el menor porcentaje de cobertura coralina correspondió a Doña Nica con 13.9% seguido por Jardines con 22.3% y registrando la mayor cobertura al sitio Xahuayxol con un valor de 30.3% (Fig. 7).

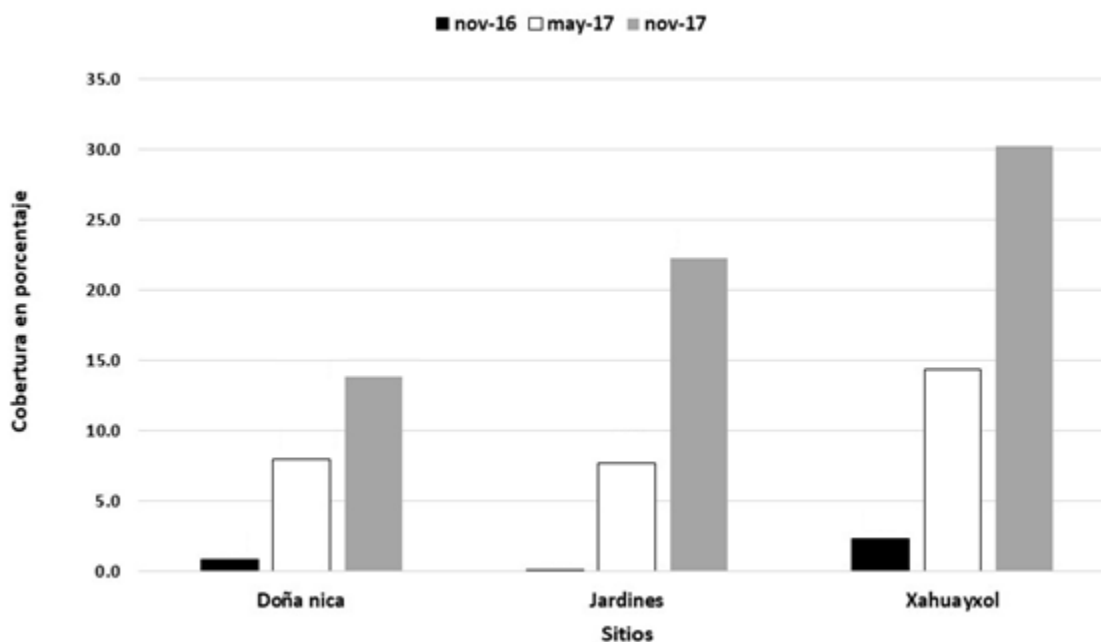


Figura 7. Cobertura relativa (%) de los reclutas coralinos correspondientes a los sitios Doña Nica, Jardines y Xahuayxol durante tres temporadas de muestreo.

En el primer muestreo, la cobertura promedio de reclutas coralinos para el sitio Doña Nica fue de 1.50 mm^2 ($\pm 0.92 \text{ mm}^2$ de desviación estándar y $\pm 0.25 \text{ mm}^2$ de error típico), para Jardines se registró un promedio de cobertura de 1.04 mm^2 ($\pm 0.38 \text{ mm}^2$ de desviación estándar y $\pm 0.22 \text{ mm}^2$ de error típico), en Xahuayxol se registró un promedio de cobertura de 5.31 mm^2 ($\pm 5.99 \text{ mm}^2$ de desviación estándar y $\pm 1.81 \text{ mm}^2$ de error típico). Durante el segundo muestro en Doña Nica se registró una cobertura promedio de 5.18 mm^2 ($\pm 7.97 \text{ mm}^2$ de desviación estándar y $\pm 1.29 \text{ mm}^2$ de error típico), para Jardines se registró una cobertura promedio de 3.81 mm^2 ($\pm 2.93 \text{ mm}^2$ de desviación estándar y $\pm 0.41 \text{ mm}^2$ de error

típico), en Xahuayxol se registró una cobertura promedio de 10.6 mm² (± 20.59 mm² de desviación estándar y ± 3.58 mm² de error típico). Finalmente para el último muestreo en Doña Nica se registró una cobertura promedio de 11.37 mm² (± 15.90 mm² de desviación estándar y ± 2.90 mm² de error típico), para Jardines se registró una cobertura promedio de 8.83 mm² (± 24.95 mm² de desviación estándar y ± 3.17 mm² de error típico) y para Xahuayxol se registró una cobertura promedio de 28.6 mm² (± 32.15 mm² de desviación estándar y ± 6.30 mm² de error típico) (Tabla 1). De forma general, en todo el estudio, para Doña Nica se registró un promedio de cobertura de 6.82 mm² (± 11.6 mm² de desviación estándar y ± 1.28 mm² de error típico), para Jardines se registró una cobertura promedio de 6.44 mm² (± 18.54 mm² de desviación estándar y ± 1.73 mm² de error típico), para Xahuayxol se registró una cobertura promedio de 16.45 mm² (± 25.84 mm² de desviación estándar y ± 3.09 mm² de error típico). (Tabla 1).

Tabla 1. Coberturas (mm²) promedio, desviación estándar (\pm) y error típico de los reclutas de coral en las tres temporadas y tres sitios de muestreo.

Sitio	Noviembre 2016			Mayo 2017			Noviembre 2017			General		
	Cobertura	\pm	Error típico	Cobertura	\pm	Error típico	Cobertura	\pm	Error típico	Cobertura	\pm	Error típico
Doña Nica	1.50	0.92	0.25	5.18	7.97	1.29	11.37	15.90	2.90	6.82	11.6	1.28
Jardines	1.04	0.38	0.22	3.81	2.93	0.41	8.83	24.95	3.17	6.44	18.54	1.73
Xahuayxol	5.31	5.99	1.81	10.60	20.59	3.58	28.6	32.15	6.30	16.45	25.84	3.09

El análisis de Kruskal-Wallis para determinar si los tratamientos T1 y T2 presentan diferencias significativas en la cobertura y reclutamiento de corales escleractinios demostró que para el sitio Doña Nica, en los tres casos resultó mayor al nivel de significancia ($p > 0.05$) por lo que estadísticamente se puede aceptar que los datos obtenidos durante las tres temporadas de muestreo no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la cobertura y reclutamiento coralinos para los tratamientos T1 y T2. Para el sitio Jardines el análisis mostró igualmente que las tres temporadas de muestreo no presentan diferencias significativas en la cobertura y reclutamiento coralinos para los tratamientos T1 y T2. Debido a una pérdida de los datos del sitio Xahuayxol no se pudo comparar las diferencias entre

los tratamientos T1 T2 del primer muestreo (nov-16), el estadístico calculado para may-17 ($p=0.017$) resultó menor al nivel de significancia ($p<0.05$), mientras que para el muestreo de nov-17 el valor encontrado ($p=0.571$) resulto mayor al nivel de significancia ($p>0.05$) por lo que estadísticamente se puede decir que durante el segundo muestreo de may-17 la cobertura de los reclutas coralinos fue estadísticamente diferente entre los tratamientos T1 y T2, mientras que para el muestreo de nov-17 estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T2. De igual forma se realizó una comparación entre las coberturas de los tres sitios para determinar si existen diferencias significativas entre ellos, los resultados obtenidos mostraron que las coberturas de Xahuayxol con las de Doña Nica y Jardines presentaron diferencias significativas ($p<0.001$ y $p<0.0001$, respectivamente).

7.3.- Composición taxonómica y tamaños de reclutas coralinos

Con respecto a la composición taxonómica de los reclutas coralinos se pudo identificar un total de seis géneros de corales escleractinios correspondientes a: *Agaricia*, *Favia*, *Orbicella*, *Porites*, *Siderastrea* y *Stephanocoenia*. Los dos géneros con mayor abundancia estuvieron representados por *Agaricia* con 73 reclutas (27.2%) y *Favia* con 39 reclutas (14.6%), siendo los géneros con menor abundancia *Orbicella* con cinco reclutas (1.9%) y *Stephanocoenia* con tres reclutas (1.1%), no obstante 86 reclutas coralinos (32.1%) no pudieron ser identificados (Fig. 8).

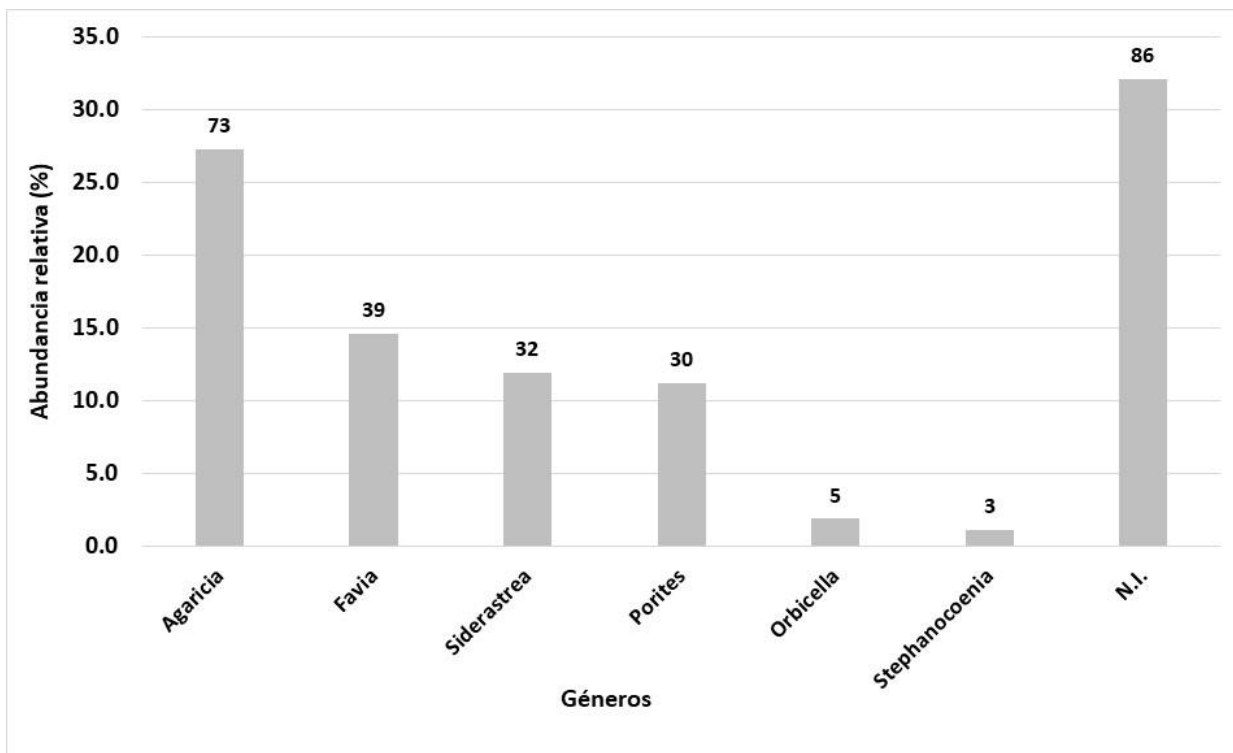


Figura 8. Géneros de reclutas coralinos encontrados durante todo el estudio y su abundancia relativa (%) y absoluta (números sobre las columnas). N.I.: No identificado.

En cuanto al área ocupada por los reclutas coralinos el género *Stephanocoenia* exhibió la mayor talla promedio ($24.8 \pm 35.9 \text{ mm}^2$), seguido por *Favia* ($21.9 \pm 29.1 \text{ mm}^2$) y *Porites* ($13 \pm 23.8 \text{ mm}^2$), mientras que los géneros con las menores áreas pertenecieron a *Agaricia* ($7.4 \pm 11 \text{ mm}^2$), *Siderastrea* ($6.7 \pm 6.8 \text{ mm}^2$) y *Orbicella* ($1.8 \pm 0.9 \text{ mm}^2$), mientras los reclutas no identificados (N.I.) presentaron una cobertura promedio de $4.2 (\pm 18.5 \text{ mm}^2)$ para todo el estudio (Fig. 9a). En el sitio Jardines se pudo observar que el género con la mayor área promedio correspondió a *Porites* ($14.6 \pm 33.2 \text{ mm}^2$), seguido por *Siderastrea* ($6.1 \pm 5.6 \text{ mm}^2$) y *Agaricia* ($5.4 \pm 5.4 \text{ mm}^2$) siendo *Orbicella* como el género que presentó la menor área ($2.4 \pm 0.6 \text{ mm}^2$) mientras que los reclutas no identificados presentaron una cobertura promedio de $6.2 (\pm 25.8 \text{ mm}^2)$ (Fig. 9b). Para el sitio Doña Nica los reclutas coralinos que presentaron la mayor área promedio pertenecieron al género *Favia* ($11.3 \pm 10.8 \text{ mm}^2$), seguido en orden descendente por *Agaricia* ($10.8 \pm 16.3 \text{ mm}^2$), *Porites* ($8.8 \pm 10.7 \text{ mm}^2$), *Siderastrea* ($6.1 \pm 9.7 \text{ mm}^2$) *Stephanocoenia*

($4.6 \pm 0 \text{ mm}^2$) y *Orbicella* ($0.9 \pm 0 \text{ mm}^2$), mientras que los reclutas no identificados presentaron una área promedio de $1.7 (\pm 1.2 \text{ mm}^2)$ (Fig. 9c). Por último en el sitio Xahuayxol los géneros de reclutas coralinos que presentaron la mayor área promedio correspondieron en orden descendente a *Stephanocoenia* ($34.9 \pm 44.3 \text{ mm}^2$), *Favia* ($23 \pm 30.3 \text{ mm}^2$), *Porites* ($19.4 \pm 30.3 \text{ mm}^2$), *Siderastrea* ($8.3 \pm 6 \text{ mm}^2$), *Agaricia* ($4.2 \pm 0 \text{ mm}^2$) y *Orbicella* ($1 \pm 0 \text{ mm}^2$) mientras que los reclutas no identificados (N.I.) ocuparon una área promedio de $3.3 (\pm 5.1 \text{ mm}^2)$ (Fig. 9d).

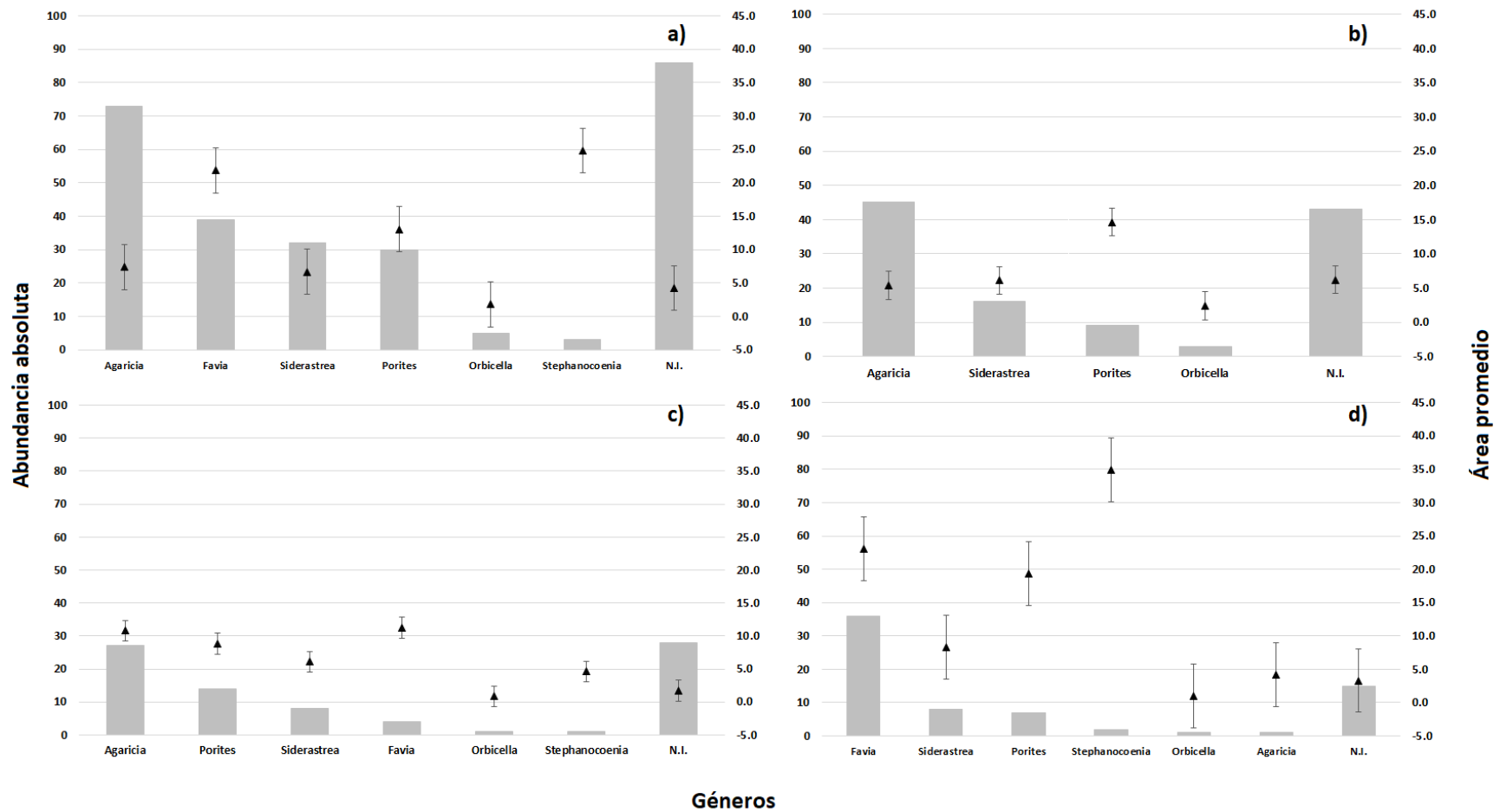


Figura 9. Abundancia absoluta (número de reclutas, columnas) y su área promedio (mm^2 , triangulo negro) de los géneros de corales encontrados como reclutas para todo el estudio (a); en el sitio Jardines (b); Doña Nica (c) y Xahuayxol (d). N.I.: No identificado. Barras de error = \pm desviación estándar.

Los géneros encontrados para el sitio Jardines (Fig. 10a) corresponden en orden descendente de abundancia a: *Agaricia* con 45 reclutas (16.8%), *Siderastrea* con 16 reclutas (6.0%), *Porites* con 9 reclutas (3.4%) y *Orbicella* con 3 reclutas (1.1%), con un total de 43 reclutas coralinos no identificados (16.0%). Este patrón de dominancia se puede apreciar en los tres periodos de muestreo, resaltando que no es sino a partir del tercer muestreo que se puede registrar por primera vez tres reclutas pertenecientes al género *Orbicella* (Fig. 10b).

Una característica de la abundancia de los reclutas coralinos no identificados fue que mientras mayor el tiempo de exposición de las placas, la presencia de reclutas coralinos no identificados se fue incrementando (Fig. 10b), esto posiblemente se debió a las áreas promedio pequeñas ($\leq 4.2 \text{ mm}^2$, Fig. 9a), lo que dificultó la obtención de fotos claras y la apreciación clara de las estructuras calcáreas características para su identificación.

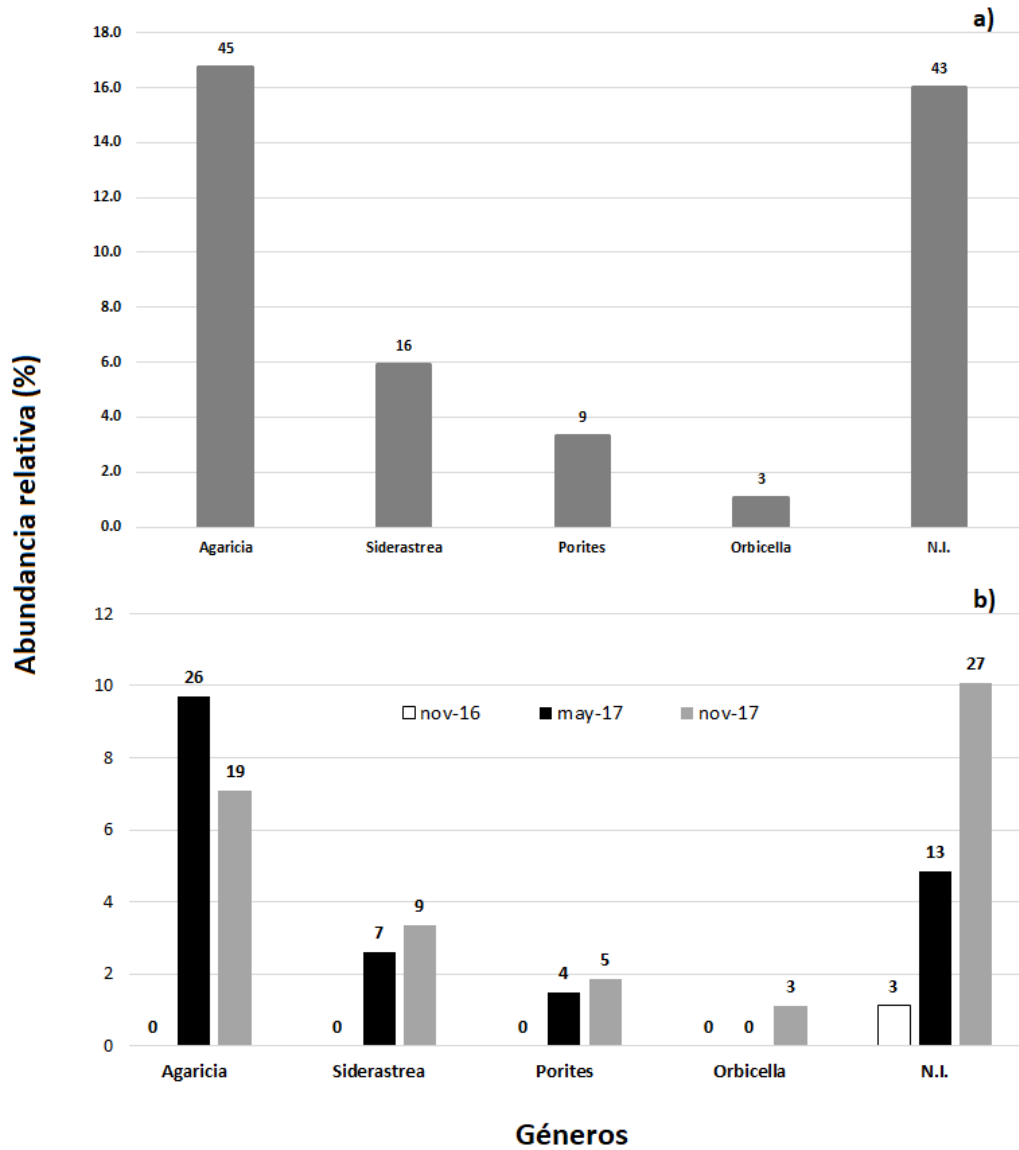


Figura 10. Abundancia relativa (%) y absoluta (números sobre columnas) de los géneros de reclutas coralinos registrados para todo el estudio (a) y para los tres periodos de muestreo (b) en el sitio Jardines. N.I.: No identificado.

Los géneros encontrados para el sitio Doña Nica (Fig. 11a) corresponden en orden de abundancia a: *Agaricia* con 27 reclutas (10.1%), *Porites* con 14 reclutas (5.2%), *Siderastrea* con 8 reclutas (3.0%), *Favia* con cuatro reclutas (1.5%), *Orbicella* con un recluta (0.4%) y *Stephanocoenia* con un recluta (0.4%), con un total de 28 reclutas coralinos no identificados (10.4%). En los periodos de muestreo (Fig. 11b) se obtuvo que para el primer muestreo solo se pudo identificar a dos géneros de corales los cuales correspondieron a *Siderastrea* con tres reclutas (1.1%) y *Agaricia* con un recluta (0.4%), con 10 reclutas no identificados (3.7%). Para el segundo muestreo los géneros más abundantes correspondieron a *Agaricia* con 16 reclutas (6%) y *Porites* con 10 reclutas (3.7%), *Favia* con 3 reclutas (1.1%), mientras que los géneros menos abundantes pertenecieron a *Siderastrea* con un recluta (0.4%) y *Orbicella* con un recluta (0.4%), con siete reclutas no identificados (2.6%). Con respecto al último muestreo, nuevamente *Agaricia* dominó con 10 reclutas (3.7%), siguiéndole *Porites* con 4 reclutas (1.5%), *Siderastrea* con cuatro reclutas (1.5%), *Favia* con un recluta (0.4%) y *Stephanocoenia* con un recluta (0.4%), con un total de 11 reclutas no identificados (4.1%).

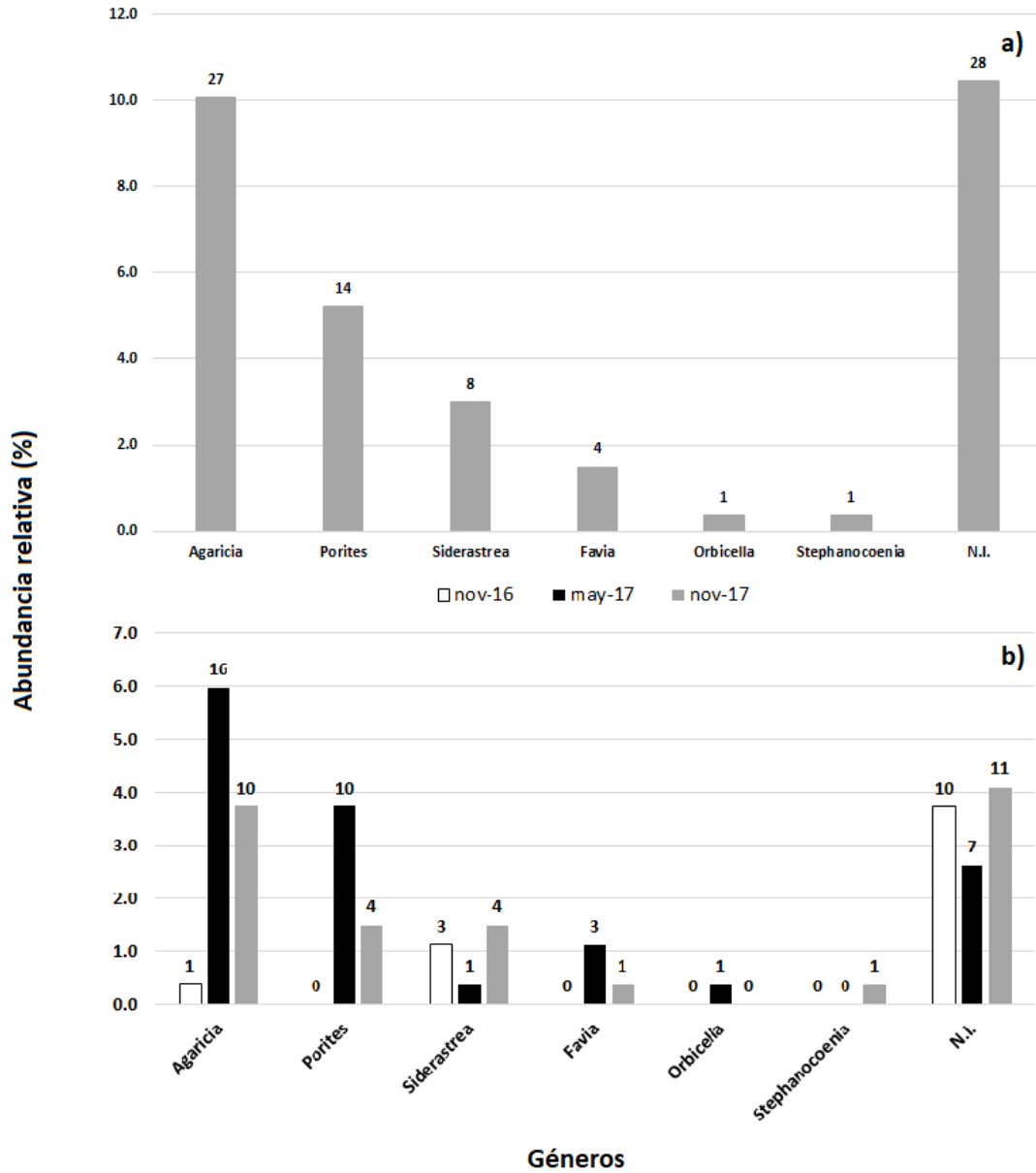


Figura 11. Abundancia relativa (%) y absoluta (números sobre columnas) de los reclutas coralinos registrados para todo el estudio (a) y para los tres periodos de muestreo (b) en el sitio Doña Nica. N.I.: No identificado.

Los géneros encontrados en el sitio Xahuayxol para todo el estudio (Fig. 12a) corresponden en orden de abundancia a: *Favia* con 35 reclutas coralinos (13.1%), *Siderastrea* 8 (3.0%), *Porites* 7 (2.6%), *Stephanocoenia* 2 (0.75%), *Agaricia* 1 (0.37%) y *Orbicella* 1 (0.37%), con un total de 15 reclutas coralinos no identificados (5.6%). Para los periodos de muestreo (Fig. 12b) se pudo observar que durante el primer muestreo el único género identificado perteneció a *Favia* con tres reclutas (1.1%) y con un total de ocho reclutas no identificados (3%). Durante el segundo muestreo el género más abundante correspondió a *Favia* con 18 reclutas (6.7%) seguido en orden descendente por *Siderastrea* con cinco reclutas (1.9%), *Porites* con cinco reclutas (1.9%), *Stephanocoenia* con un recluta (0.4%) y *Agaricia* con un recluta (0.4%), con un total de tres reclutas no identificados (1.1%). En el tercer muestreo el género más abundante fue nuevamente *Favia* con 14 reclutas (5.2%), seguido por *Siderastrea* con tres reclutas (1.1%), *Porites* con dos reclutas (0.7%), *Stephanocoenia* con un recluta (0.4%) y *Orbicella* con un recluta (0.4%), con un total de cuatro reclutas no identificados (1.5%).

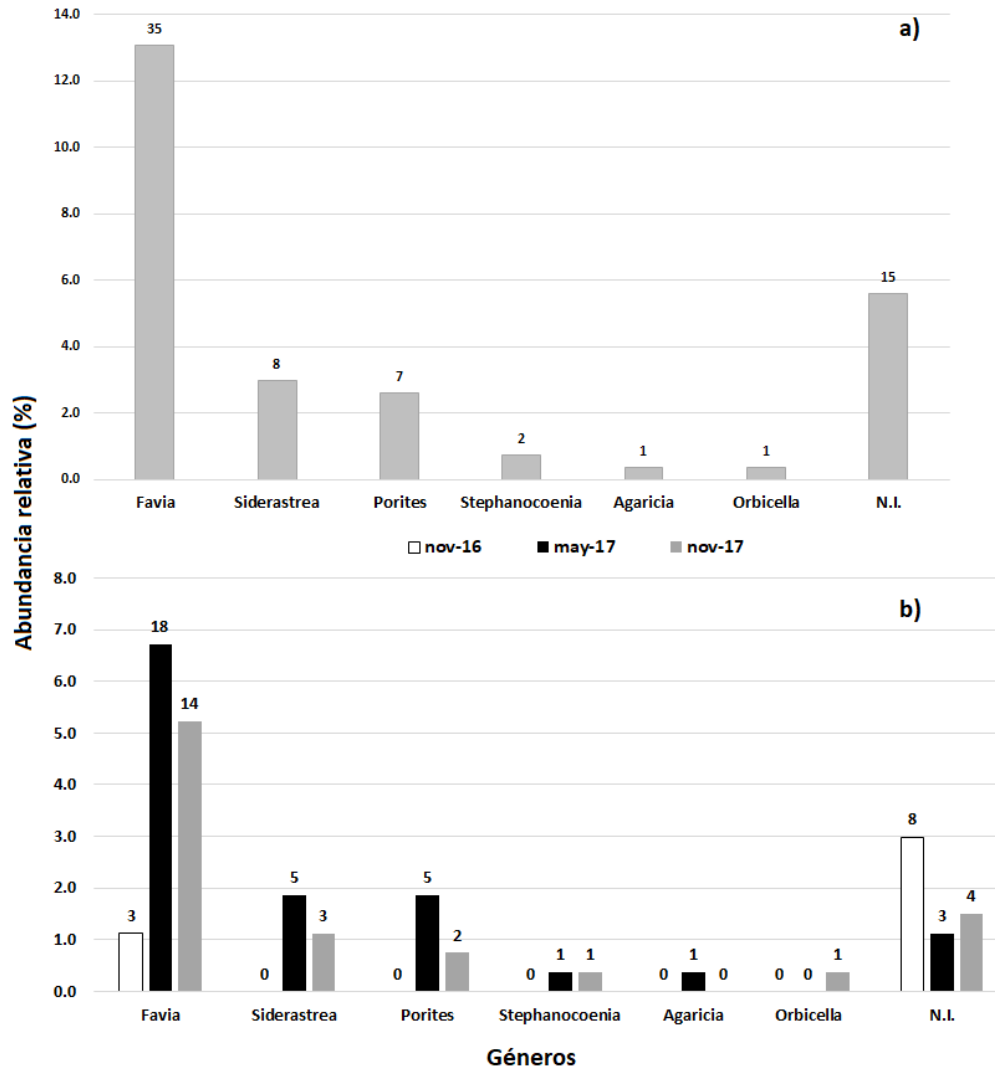


Figura 12. Abundancia relativa (%) y absoluta (números sobre columnas) de los reclutas coralinos registrados para todo el estudio (a) y para los tres periodos de muestreo (b) en el sitio Xahuayxol. N.I.: No identificado.

7.4.- Supervivencia

Para los cálculos de supervivencia del sitio Jardines con el análisis de Kaplan-Meier se realizó una prueba de igualdad entre los tiempos de pre-acondicionamiento de uno y dos meses (T2 y T1, respectivamente) indicando que estadísticamente no existen diferencias significativas de supervivencia entre los reclutas coralinos de las temporadas nov-16 a may-17 y may-17 a nov-17 (valores p de las tres pruebas de igualdad $p=1$ y $p=0.778$, respectivamente) de los

tratamientos T1 y T2 (Anexo 1). El análisis comparativo de Kaplan-Meier realizado para el sitio Doña Nica con respecto a los dos tratamientos de precondicionamiento indicó que estadísticamente no existen diferencias significativas de supervivencia entre los reclutas coralinos de los tratamientos T1 y T2 (Anexo 2) para las temporadas nov-16 a may-17 y may-17 a nov-17 (valores p de las tres pruebas de igualdad $p \geq 0.742$ y $p \geq 0.458$ respectivamente). Debido a una pérdida de los datos correspondientes a nov-16 para Xahuayxol, el análisis comparativo de Kaplan-Meier se realizó únicamente entre las temporadas may-17 a nov-17, indicando que estadísticamente no existen diferencias significativas (valores p de las tres pruebas de igualdad $p \geq 0.36$) de supervivencia entre los reclutas coralinos de los tratamientos T1 y T2 (Anexo 3). Debido a que el análisis comparativo de Kaplan-Meier para Jardines, Doña Nica y Xahuayxol no arrojó diferencias significativas entre los dos tratamientos, se realizó un análisis de supervivencia de manera general para los tres sitios de muestreo (Anexo 4), encontrando que en el sitio Jardines entre el primer y segundo muestreo el índice de supervivencia fue de 0, registrando un aumento de la supervivencia a 0.2 entre el segundo y el tercer muestreo. Para el sitio Doña Nica el análisis general de supervivencia indicó que entre el primer y el segundo muestreo el índice de supervivencia fue de 0.429, mostrando un declive a 0.205 en el índice de supervivencia del segundo al tercer muestreo. Debido a una pérdida de los datos del primer muestreo para el sitio Xahuayxol el análisis de supervivencia se realizó únicamente entre el segundo y el tercer muestro, registrando el índice de supervivencia más alto de los tres sitios con un valor de 0.606. Por último se realizó un comparativo de la supervivencia de los tres sitios de muestreo en conjunto mediante el análisis de Kaplan-Meier y se encontró que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los reclutas coralinos de las temporadas nov-16 a may-17 y may-17 a nov-17 (valores p de las tres pruebas de igualdad $p = 0.171$ y $p = 0.099$, respectivamente) para los sitios Jardines, Doña Nica y Xahuayxol (Anexo 4). Mediante el registro fotográfico se pudo llevar a cabo un seguimiento de la supervivencia y crecimiento de los reclutas coralinos durante las tres temporadas en los tres sitios de muestreo (Anexo 5-37).

7.5.- Cobertura de otros grupos bénticos

Con relación a los otros grupos bénticos registrados para las dos caras (superior e inferior) de las placas de asentamiento de los tres sitios se encontraron: algas carnosas (AC), algas coralinas costrosas (ACC), algas carnosas incrustantes (ACI), algas costrosas ramificadas (ACR), algas de tapete (AT), bryozoarios (B), cyanobacterias (C), esponjas (E), esponjas calcáreas (EC), foraminíferos coloniales (FC), gorgonaceos (G), poliquetos (P), puesta de huevos (PH), tunicados (T), zoantidos (Z) y organismos no identificados (OTRO).

Con respecto a la composición de los grupos bénticos registrados en el sitio Doña Nica se pudo identificar que sobre la superficie inferior de las placas de asentamiento el grupo con el mayor porcentaje de cobertura estuvo representado por las algas de tapete, seguido en orden descendente por las algas carnosas incrustantes, algas coralinas costrosas, algas carnosas y otros. Este patrón de cobertura se vio representado durante las tres temporadas de muestreo (Fig. 13). Sobre la superficie superior del sitio Doña Nica el grupo con el mayor porcentaje de cobertura se vio representado por las algas de tapete, seguido en orden descendente por las algas coralinas costrosas, algas carnosas, algas carnosas incrustantes y cianobacterias. Este patrón de cobertura se vio representado durante las tres temporadas de muestreo (Fig.14).

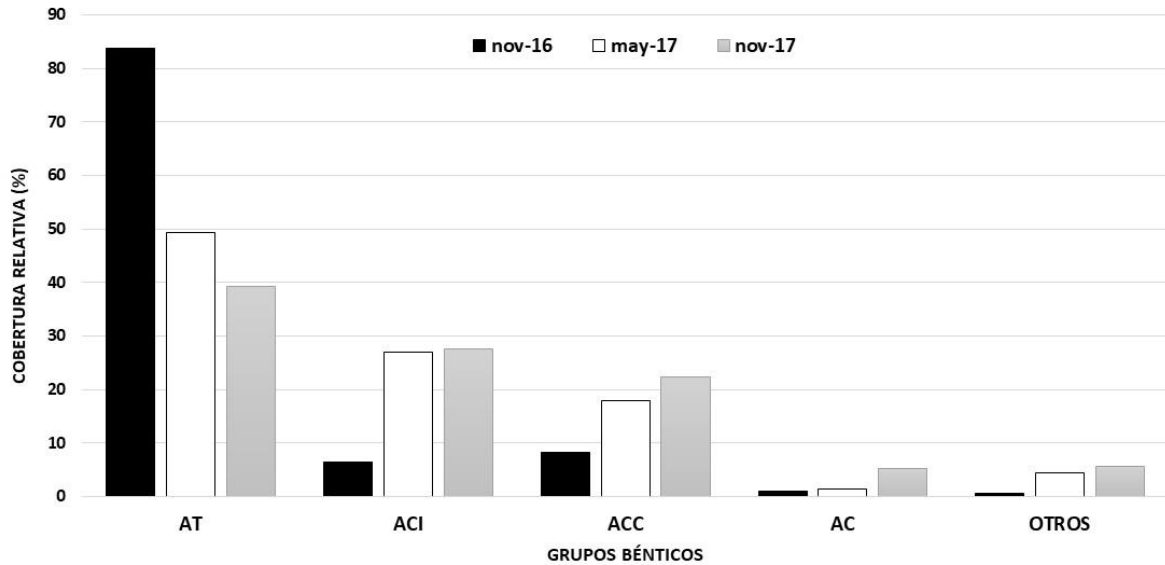


Figura 13. Cobertura relativa (%) de los grupos bénticos registrados sobre la superficie inferior de las placas de asentamiento en el sitio Doña Nica, por periodo de muestreo AT: algas de tapete. ACI: algas carnosas incrustantes. ACC: algas coralinas costrosas. AC: algas carnosas.

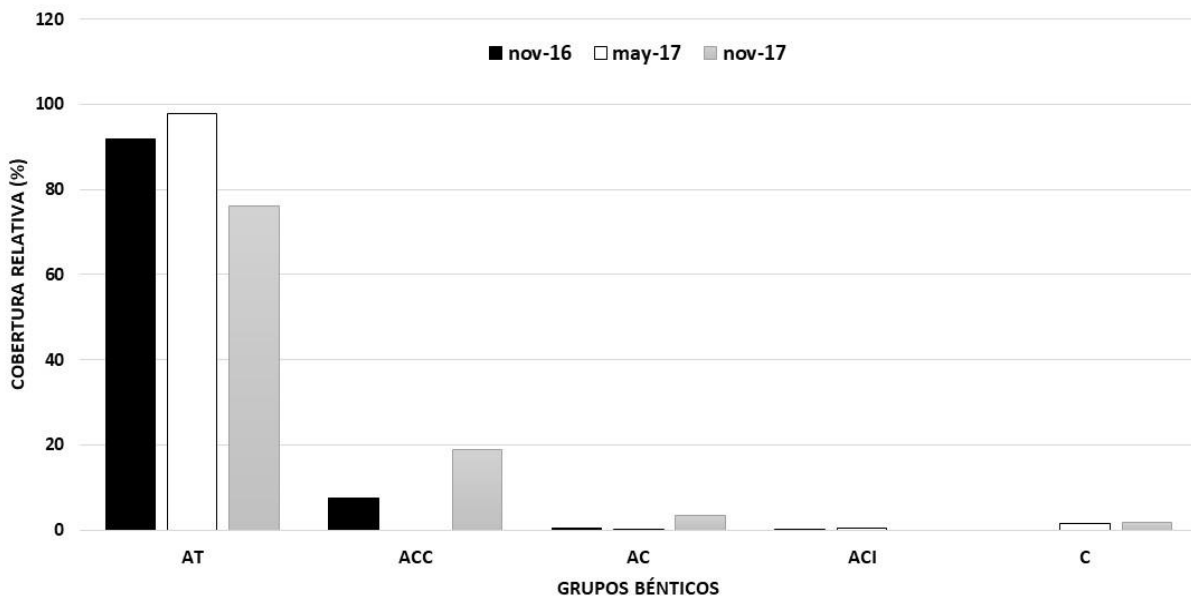


Figura 14. Cobertura relativa (%) de los grupos bénticos registrados sobre la superficie superior de las placas de asentamiento en el sitio Doña Nica, por periodo de muestreo. AT: algas de tapete. ACI: algas carnosas incrustantes. ACC: algas coralinas costrosas. AC: algas carnosas. C: cianobacterias

Con respecto a la composición de los grupos morfo-funcionales bécnicos del sitio Jardines se pudo identificar que sobre la superficie inferior de las placas de asentamiento el grupo de las algas de tapete presentó el mayor porcentaje de cobertura durante las tres temporadas de muestreo, seguido por las algas coralinas costrosas quienes a partir del segundo muestreo registraron una pérdida de cobertura y observando un aumento por parte de las algas carnosas incrustantes, los grupos que presentaron el menor porcentaje de cobertura se vieron representados por las algas carnosas y el grupo otros (Fig. 15). Sobre la superficie superior del sitio Jardines el grupo que presento el mayor porcentaje de cobertura fue el de las algas de tapete, seguido en orden descendente por las algas coralinas costrosas, las algas carnosas, algas carnosas incrustantes y el grupo otros. Este patrón de cobertura se vio reflejado en las tres temporadas de muestreo (Fig. 16).

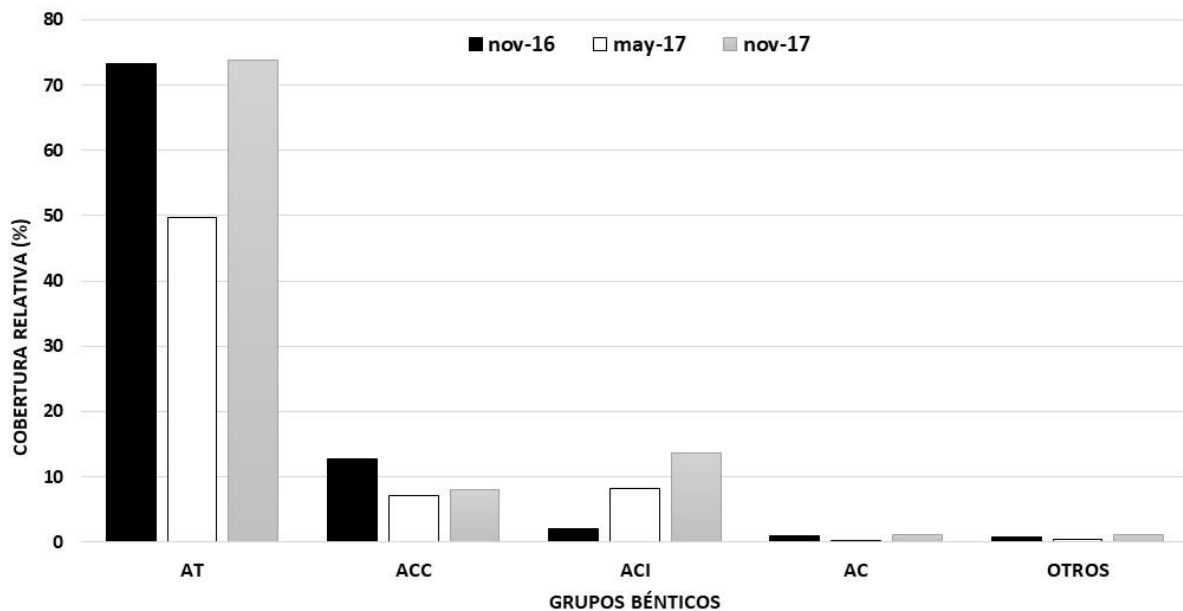


Figura 15. Cobertura relativa (%) de los grupos bécnicos registrados sobre la superficie inferior de las placas de asentamiento en el sitio Jardines, por periodo de muestreo. AT: algas de tapete. ACI: algas carnosas incrustantes. ACC: algas coralinas costrosas. AC: algas carnosas.

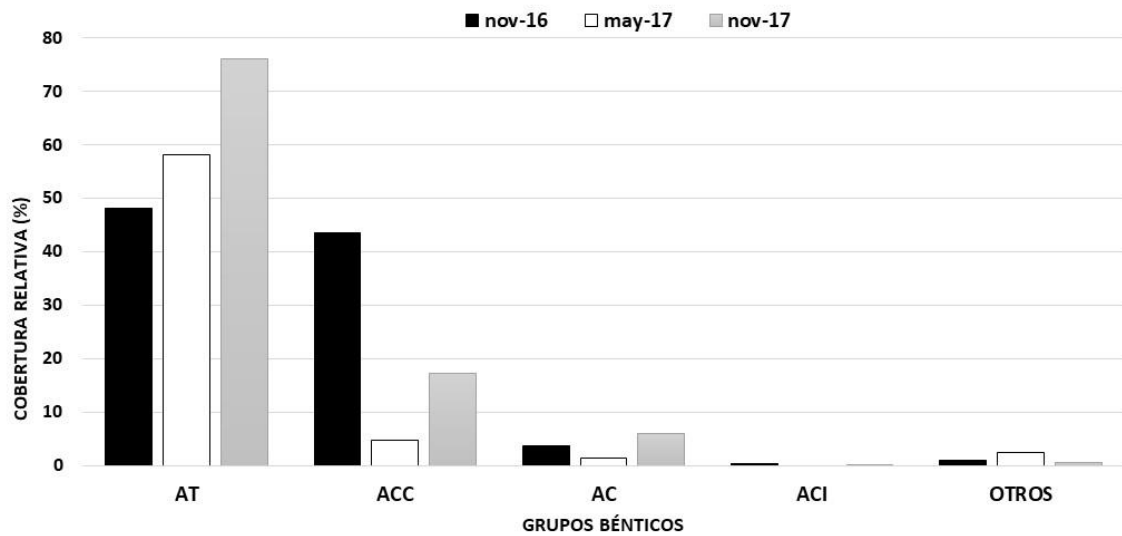


Figura 16. Cobertura relativa (%) de los grupos bénticos registrados sobre la superficie superior de las placas de asentamiento en el sitio Jardines, por periodo de muestreo. AT: algas de tapete. ACI: algas carnosas incrustantes. ACC: algas coralinas costrosas. AC: algas carnosas.

Con respecto a la composición de los grupos morfo-funcionales bénticos del sitio Xahuayxol se pudo identificar que sobre la superficie inferior de las placas de asentamiento el grupo que presento el mayor porcentaje de cobertura estuvo representado por las algas de tapete, seguido en orden descendente por las algas carnosas incrustantes, algas coralinas costrosas, algas carnosas y el grupo otros, este patrón de cobertura se pudo observar en las tres temporadas de muestreo (Fig. 17). Sobre la superficie superior de las placas de asentamiento del sitio Xahuayxol el grupo con el mayor porcentaje de cobertura estuvo representado por las algas de tapete, seguido en menor escala por las algas carnosas y las algas carnosas incrustantes, este patrón de cobertura se vio reflejado durante las tres temporadas de muestreo (Fig. 18).

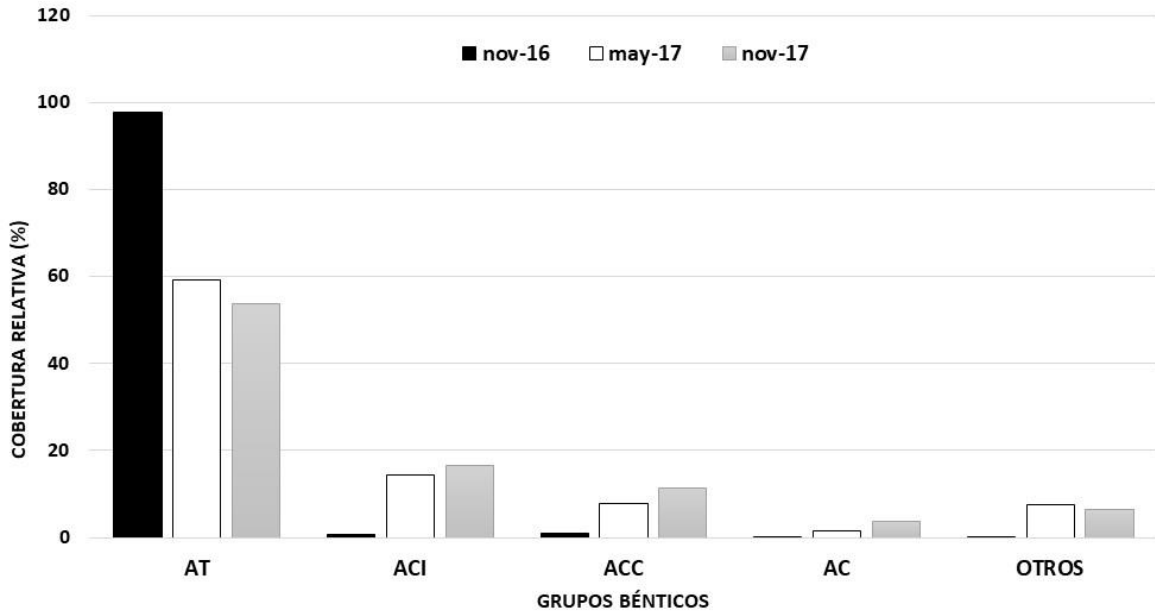


Figura 17. Cobertura relativa (%) de los grupos bénticos registrados sobre la superficie inferior de las placas de asentamiento en el sitio Xahuayxol, por periodo de muestreo. AT: algas de tapete. ACI: algas carnosas incrustantes. ACC: algas coralinas costrosas. AC: algas carnosas.

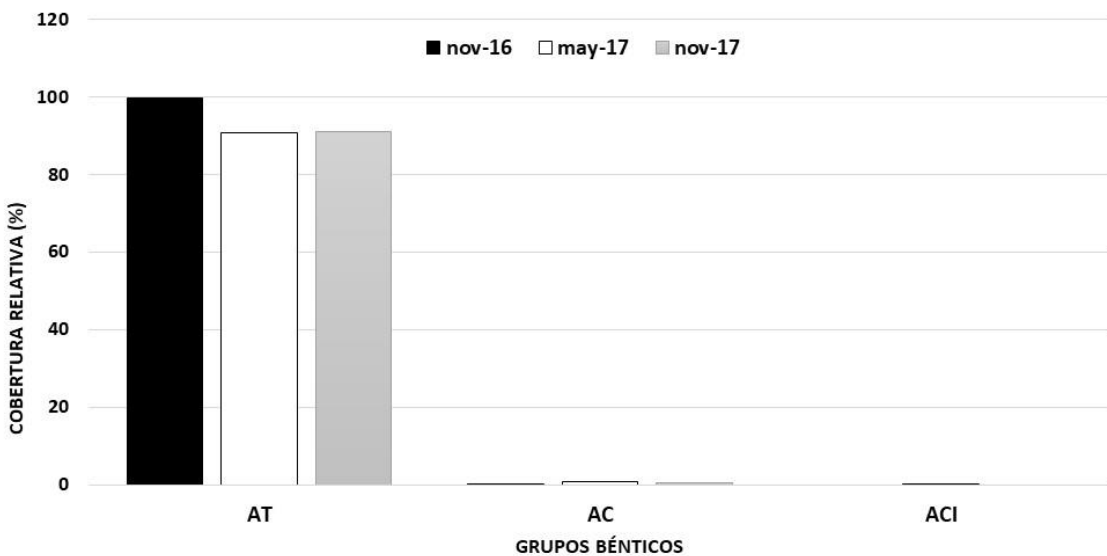


Figura 18. Cobertura relativa (%) de los grupos bénticos registrados sobre la superficie superior de las placas de asentamiento en el sitio Xahuayxol, por periodo de muestreo. AT: algas de tapete. ACI: algas carnosas incrustantes. AC: algas carnosas.

Dado que sólo se encontró diferencia estadística significativa entre dos sitios y en dos periodos de muestreo (Tabla 2, resaltando los valores que presentaron diferencias entre los sitios mediante un sombreado de los datos) el análisis de correlación de Spearman se realizó uniendo los datos de los tres sitios en cada una de las temporadas de muestreo. El resultado obtenido (Anexo 38) para la primera temporada de muestreo (noviembre de 2016) indicó que de todos los grupos bénticos registrados cuatro presentaron una correlación positiva con los reclutas coralinos, estos grupos fueron en orden de importancia con dos correlaciones positivas medias las algas carnosas incrustantes ($\rho=0.338$) y los tunicados ($\rho=0.129$), seguido por dos correlaciones positivas débiles correspondientes a las esponjas calcáreas ($\rho=0.055$) y a las algas coralinas costrosas ($\rho=0.045$), encontrando que los valores de correlación negativa media más altos correspondieron a los foraminíferos coloniales ($\rho=-0.172$) y las algas de tapete ($\rho=-0.138$). Para la segunda temporada de muestreo (mayo de 2017) se obtuvo (Anexo 39) que los grupos bénticos que presentaron las correlaciones positivas más importantes correspondió en orden de importancia a tres correlaciones positivas medias representadas por las algas carnosas ($\rho=0.204$), algas de tapete ($\rho=0.193$) y cianobacterias ($\rho=0.135$), seguido por dos correlaciones positivas medias correspondientes a los zoántidos ($\rho=0.088$) y las algas coralinas costrosas ($\rho=0.07$), registrando que el valor de correlación negativo medio más alto correspondió a las esponjas calcáreas ($\rho=-0.129$). Finalmente durante la tercera temporada de muestreo (noviembre de 2017), se obtuvo (Anexo 40) que los grupos bénticos con las correlaciones positivas medias más importantes correspondieron a las algas de tapete ($\rho=0.214$) y a los zoántidos ($\rho=0.156$), registrando que los valores de correlación negativos medios más altos pertenecieron a las esponjas ($\rho=-0.223$) y las algas carnosas incrustantes ($\rho=-0.164$).

Tabla 2. Valores p del análisis de Kruskal-Wallis para las coberturas de los tres sitios de muestreo (Jardines, Doña Nica y Xahuayxol) durante las tres temporadas de muestreo (nov-16, may-17 y nov-17). Resaltando mediante sombreado los valores p significativos.

nov-16			
	Doña Nica	Jardines	Xahuayxol
Doña Nica	1	0.598	0.069
Jardines	0.598	1	0.101
Xahuayxol	0.069	0.101	1
may-17			
	Doña Nica	Jardines	Xahuayxol
Doña Nica	1	0.244	0.016
Jardines	0.244	1	0.151
Xahuayxol	0.016	0.151	1
nov-17			
	Doña Nica	Jardines	Xahuayxol
Doña Nica	1	0.066	0.063
Jardines	0.066	1	0.000
Xahuayxol	0.063	0.000	1

Las correlaciones obtenidas entre los reclutas de coral y los grupos bénticos en las áreas circundantes más cercanas en el primer muestreo (Anexo 41) mostraron que el grupo con la mayor correlación positiva media correspondió a las algas carnosas incrustantes ($\rho=0.195$) seguido por dos correlaciones positivas medias representadas por las algas coralinas costrosas ($\rho=0.081$) y sedimento ($\rho=0.052$), registrando que la única correlación negativa débil correspondió a las algas de tapete ($\rho=-0.084$). Durante el segundo muestreo se obtuvo (Anexo 42) que las únicas dos correlaciones positivas débiles calculadas pertenecieron a las algas de tapete ($\rho=0.094$) y sedimento ($\rho=0.025$), registrando que las correlaciones negativas medias más importantes correspondieron a las algas coralinas costrosas ($\rho=-0.211$), la presencia de otros reclutas coralinos ($\rho=-0.196$) y las algas carnosas incrustantes ($\rho=-0.140$). Para el tercer muestreo se obtuvo (Anexo 43) que la correlación positiva media más importante correspondió a los poliquetos ($\rho=0.155$), registrando que las tres correlaciones negativas medias más

importantes fueron las algas coralinas costrosas ($p=-0.272$), la presencia de otros reclutas coralinos ($p=-0.193$) y las algas carnosas incrustantes ($p=-0.101$).

8.- Discusión

Existen diferentes procesos que regulan no solo la abundancia y distribución de los reclutas coralinos sino también su supervivencia en el sustrato, ejemplo de ello son la competencia del espacio disponible con otros organismos bénticos, así como la predisposición del recluta hacia el sustrato (Humanes y Bastidas 2015, Doropoulos *et al.* 2017). Para este estudio realizado en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak se pudo observar y registrar el número, crecimiento, sobrevivencia y mortalidad de los reclutas coralinos presentes en cada placa de asentamiento correspondiente a tres diferentes sitios de muestreo, así como a una gran variedad de organismos bénticos presentes, en su mayoría macroalgas, que de alguna manera presentaron, ya sea positiva o negativamente, una interacción con los reclutas coralinos.

Una vez que el sustrato artificial presenta las características para un óptimo asentamiento larval se puede observar un reclutamiento coralino regular durante el transcurso del tiempo (Bramanti *et al.* 2005). Los resultados de este estudio mostraron que el número de reclutas coralinos registrados sobre las placas de asentamiento no presentaron diferencias entre los tiempos de pre-acondicionamiento para los tres sitios de muestreo, a diferencia de lo encontrado por Davies *et al.* (2013) donde la cantidad de reclutas vario considerablemente de un tratamiento a otro, sin embargo es importante resaltar que las placas del estudio realizado por Davies *et al.* (2013) fueron pre-acondionadas durante diez y 14 meses en el medio, mientras que para este estudio el pre-acondicionamiento fue de solo uno y dos meses.

De los aproximadamente 865 km de litoral que presenta el estado de Quintana Roo los arrecifes de coral ocupan aproximadamente 300 km (Ardison *et al.* 2011)

los cuales están constituidos entre 80 y 90 especies de corales escleractinios y gorgonáceos (Beltran-Torres y Carricat-Ganivet 1999, Merediz- Alonso 2012), para este estudio se pudo registrar seis géneros de corales escleractinios (*Agarica*, *Favia*, *Orbicella*, *Porites*, *Siderastrea* y *Stephanocoenia*). Este total de géneros encontrados representa un 46% aproximadamente del número de géneros encontrados por Merediz-Alonso (2012) para el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, el hecho de que hubiera géneros no registrados para este estudio se pudo deber a factores como: la preferencia de sustrato por parte de los reclutas de las diferentes especies de corales escleractinios, la profundidad a la cual se colocaron las placas, la cantidad de nutrientes o sedimento en el medio y a una gran variedad de factores físicos y químicos propios del sustrato (Graham *et al.* 2008, Wolf *et al.* 2012).

A pesar de que la cantidad de reclutas coralinos aumentó mientras mayor fue el tiempo de acondicionamiento esto contrasta con los índices de supervivencia bajos encontrados para los tres sitios de muestreo (Anexo 4), sin embargo se resalta que fue únicamente el sitio Doña Nica el que presentó una disminución en la supervivencia de los reclutas coralinos mientras que los sitios Jardines y Xahuayxol mostraron un aumento en su supervivencia. Humanes y Bastidas (2015) sugieren que la supervivencia de los reclutas coralinos es mayor en arrecifes con una gran cantidad de cobertura coralina. Es notable el hecho de que la mayor mortalidad que pueden presentar los reclutas coralinos ocurre durante el primer año de vida de estos (Bramanti *et al.* 2005), entre los factores que pueden limitar la supervivencia de los reclutas coralinos se pueden mencionar la intensidad de la luz captada, profundidad, disponibilidad de nutrientes, sedimentación, tormentas tropicales, enfermedades, entre otros (Arson y Prechet 2004, Vermeij *et al.* 2007, Navas-Camacho *et al.* 200), de igual forma es importante mencionar que a mediados del año 2017 la presencia de sargazo en las costas del Caribe mexicano se incrementó considerablemente, lo que pudo haber provocado una eutrofización de un ambiente oligotrófico, lo cual ocasionó mortandad tanto de fauna como pastos marinos (Rodríguez-Martínez *et al.* 2017). Para poder sobrellevar la pérdida de reclutas por diversos factores Chamberland

et al. (2017) Sugieren que algunos corales escleractinios como *Diploria labyrinthiformis* pudieran estar empleando estrategias de liberación de gametos periódicamente en lugar de una sola y masiva liberación de los mismos, de poder comprobar esta misma estrategia con otras especies podría explicar en parte el por qué durante los muestreos realizados para este estudio se pudo observar una entrada constante de reclutas coralinos.

Se pudo registrar que la cobertura de las macroalgas representó entre un 80 y un 90% del área total de las placas para cada uno de los sitios de muestreo, los estudios realizados sobre la cobertura de macroalgas a lo largo de las costas arreciales de Quintana Roo ocupa entre un 50 y 80% del área total de los arrecifes coralinos monitoreados (Bozec *et al.* 2008, Barranco y Carriquiry 2014). Los estudios de Roth y Knowlton (2009), Doropoulos *et al.* (2016) han podido observar que los reclutas coralinos presentan una supervivencia mayor en placas donde existe presencia de otros grupos de organismos como las algas coralinas costrosas, sin embargo para este estudio se pudo observar (Figuras 13-18) que el grupo bentónico que predominó durante las tres temporadas de muestreo, para todos los sitios y para las dos superficies de la placa (superior e inferior), correspondió a las algas de tapete seguido en menor proporción por las algas carnosas incrustantes y las algas coralinas costrosas.

Sin embargo autores como Chuc-Contreras *et al.* (2011) debaten si el cambio de fase coral-macroalga es debido a la competencia directa entre estos grupos o es simplemente que las macroalgas son oportunistas y toman ventaja del debilitamiento y muerte de los corales. No obstante este no sería el caso, dado que la competencia detectada fue en sustratos exógenos en donde no habría ocupación previa de corales.

Muchos reclutas coralinos necesitan la presencia de algún tipo de macroalga la cual facilita el asentamiento y metamorfosis de las larvas coralinas mediante la liberación de una membrana de carbohidratos, entre las que destacan las algas coralinas costrosas, (Koop *et al.* 2001 y Ritson-Williams *et al.* 2009), sin embargo Davies *et al.* (2014) sugieren que existen preferencias específicas entre corales y

algas coralinas costrosas lo cual podría jugar un rol clave en el mantenimiento de las comunidades arrecifales. Para este estudio se pudo encontrar que las correlaciones positivas obtenidas entre los reclutas coralinos y todos los grupos bentónicos registrados se ubicaron entre los rangos de +0.01 a +0.10 y +0.11 a +0.50, lo cual se interpreta como correlaciones positivas débiles y medias respectivamente (Mondragón-Barrera 2014). Contrariamente a lo esperado las algas coralinas costrosas no presentaron los valores de correlación positivos más altos, en cambio grupos como las algas de tapete y las algas carnosas presentaron valores de correlación más grandes de lo esperado. Mediante los cálculos de correlación de Spearman (Anexos 38-43) se pudo observar que durante cada temporada de muestreo hubo muchas correlaciones negativas por parte de las algas de tapete y las algas carnosas incrustantes con respecto a muchos de los otros grupos, siendo el más significativo el presente durante el primer muestreo en el cual la correlación entre las algas de tapete y las algas coralinas costrosas fue de $\rho=-0.825$ lo que se interpreta como una correlación negativa muy fuerte, esto nos podría estar indicando una posible y probablemente muy marcada competencia entre ellas, ocasionando a su vez que la correlación entre los reclutas coralinos y las algas coralinas costrosas disminuyera como consecuencia de la competencia que presenta con las algas de tapete. Este patrón de correlación se pudo observar al emplear los datos de las áreas circundantes de los reclutas coralinos, una vez más la interacción entre las algas de tapete y los demás grupos presentó una correlación negativa que osciló entre débil y media, siendo la más marcada la correlación con las algas coralinas costrosas durante el segundo muestreo ($\rho=-0.638$). Estos registros resultan contradictorios a los encontrados por Marqués y Díaz (2005), Roth y Knowlton (2009), Doropoulos *et al.* (2016), quienes pudieron observar que los reclutas coralinos fueron más abundante en presencia de ciertos grupos algales como las algas coralinas costrosas. Como se mencionó anteriormente es posible que las fuertes interacciones negativas que presentaron las algas de tapete ocasionaran cierto estrés por parte de las algas coralinas costrosas lo cual se vio reflejado negativamente en su relación hacia los reclutas coralinos Así como las algas de

tapete muchos otros grupos bentónicos presentaron correlaciones negativas débiles con los reclutas coralinos, lo cual se asemeja a lo encontrado por investigadores como Bruno *et al.* (2009) quienes sugieren que la presencia de otros taxos en el sustrato es igualmente responsable de la pérdida de cobertura coralina.

9.- Conclusión

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre las comparaciones de los tiempos de pre-acondicionamiento de las placas de asentamiento se pudo determinar estadísticamente que los tiempos empleados, de uno y dos meses previos al desove de *O. anullaris*, no presentaron una diferencia significativa con respecto al reclutamiento y crecimiento de los corales registrados. Se pudo observar y registrar cómo la cantidad de reclutas coralinos aumento de un muestreo al siguiente, lo cual nos indica que a mayor tiempo de exposición de las placas en el medio mayor será la cantidad de reclutas coralinos que se puedan encontrar. Sería interesante realizar un monitoreo del reclutamiento coralino bajo condiciones controladas de laboratorio, empleando los mismos tiempos de pre-acondicionamiento y el mismo material de las placas para poder comparar los resultados obtenidos con los resultados de campo y así poder determinar con una mayor precisión cuales podrían ser los factores más importantes que permitan un reclutamiento coralino óptimo.

A pesar del considerable número de reclutas registrados a lo largo del estudio es necesario señalar que de acuerdo a los tamaños observados se pudo determinar que un 85% de los reclutas presentaron tiempos de asentamiento no mayor a uno o dos meses previos a su observación, lo que dificultó su identificación debido a que las estructuras calcáreas características para cada género no eran fácilmente visibles ya que se encontraban parcialmente desarrolladas o en algunos casos ausentes.

Los análisis estadísticos demuestran que la supervivencia entre los tres sitios de muestreo a lo largo del tiempo de estudio fue relativamente baja y no presentó una diferencia estadística significativa entre sitios, es decir la supervivencia entre los tres sitios fue estadísticamente similar entre ellos, sin embargo, el sitio Doña Nica fue el único que presentó un declive en la supervivencia (de 0.429 a 0.205) entre el segundo y tercer muestreo.

A lo largo del estudio se pudo registrar, mediante evidencia fotográfica, el cambio de cobertura que presentaron tanto los reclutas coralinos como los diferentes grupos bénticos presentes. Es notable como en el transcurso de una temporada de muestreo a la siguiente los grupos de macroalgas fueron presentando etapas de sucesión, en algunos casos casi en su totalidad, por ejemplo de una cobertura de algas coralinas costrosas a una cobertura dominante de algas carnosas incrustantes o en la mayoría de los casos de algas de tapete. Este cambio se vio reflejado mayormente en la parte inferior de las placas, el cual fue el segmento que presentó la mayor variedad de organismos bénticos registrados. La cara superior de las placas de asentamiento estuvo dominada casi en su totalidad por algas de tapete, cianobacterias y algas coralinas costrosas. Los registros indicaron que en muchos casos las ubicaciones previas de reclutas coralinos se encontraban recubiertas parcial o totalmente por macroalgas u otros grupos bénticos. De acuerdo a lo encontrado por las coberturas de reclutas y grupos bénticos se pudo observar correlaciones positivas medias con respecto a las algas carnosas y las algas de tapete, registrando correlaciones positivas bajas con respecto a las algas coralinas costrosas.

Es importante mencionar que el sitio que presentó la mayor cobertura de algas de tapete, a lo largo del estudio, prácticamente sin cambios, correspondió al sitio Xahuayxol. Esta observación se puede deber a que si bien el sitio se localiza en un área costera con aparente poca influencia antropogénica, perturbaciones no registradas anteriormente, como las arribazones de sargazo, pudieran estar ingresando nutrientes que permiten el desarrollo constante de estas algas.

Esto nos da un ejemplo, a pequeña escala, de los diferentes procesos de sucesión que se pueden encontrar normalmente en las zonas arrecifales. El hecho de poder observar este desarrollo e interacción coral-macroalga a pequeña escala puede incluso servir como una base para comenzar a establecer técnicas de análisis que permitan llevar a cabo un monitoreo a mayor escala de la salud arrecifal. Es decir al poder determinar las posibles interacciones que presentan organismos bénticos como las algas coralinas costrosas o las algas de tapete en las etapas tempranas de reclutamiento y vida coralina, podrían permitir desarrollar experimentos y técnicas más precisas y eficaces que se enfoquen específicamente en la observación de grupos particulares de macroalgas o de otros grupos bénticos, con la finalidad de determinar con mayor seguridad en qué proporción éstas pueden presentar una relación benéfica, neutral o perjudicial para el desarrollo coralino, al igual que las estrategias que se deberían aplicar para prevenir una pérdida de cobertura coralina por parte de estos grupos.

Entre las sugerencias que se pueden mencionar a partir de los resultados de este proyecto sería el de realizar muestreos mensuales de la cantidad de nutrientes presentes en el ambiente acuático, esto con la finalidad de obtener un historial a largo plazo que puede servir como una referencia para entender la presencia y crecimiento de macroalgas, las cuales pueden beneficiar o afectar el reclutamiento coralino. Como complemento al análisis de nutrientes se podría hacer un registro de la presencia y/o ausencia de organismos herbívoros en el área circundante, esto con la finalidad de poder relacionarlos o no, con el incremento de los diferentes grupos algales presentes en el ambiente. Otra observación sería el diseño de soportes o estructuras artificiales más firmes y seguras que prevengan la pérdida de placas de asentamiento como consecuencia de los fuertes oleajes producidos por un fenómeno climatológico, facilitando a su vez la ubicación visual de las placas. De igual forma sería importante el uso de equipo fotográfico con mayor resolución de imagen, a fin de que los organismos presentes en las placas serían más fácilmente identificados con imágenes de mayor calidad.

Por último es importante resaltar que el reclutamiento coralino es uno de los factores clave que pueden asegurar la recuperación y repoblamiento de los arrecifes coralinos. Es por esto que es de suma importancia entender no solo los procesos de reproducción, reclutamiento, supervivencia y mortalidad de los reclutas coralinos sino también de las interacciones de corales y de los diferentes grupos bénticos relacionados para poder implementar programas de manejo y recuperación enfocados a un mantenimiento saludable del arrecife coralino.

10.- Bibliografía

Álvarez-Filip L, Côté IM, Gill JA, Watkinson§ AR, Dulvy NK. 2011. Region-wide temporal and spatial variation in Caribbean reef architecture: is coral cover the whole history?. *Global Change Biology*. 17: p. 2470-2477.

Ardisson PL, May-Kú MA, Herrera-Dorantes MT, Arellano-Guillermo A. 2011. El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: consideraciones para su designación como Zona Marítima Especialmente Sensible. *Hidrobiología*. 21(3): p. 261-280.

Arnold SN, Steneck RS, Mumby PJ. 2010. Running the gauntlet: inhibitory effects of algal turf on the processes of coral recruitment. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 414: p. 91-105.

Arnold SN, Steneck RS. 2011. Settling into an Increasingly Hostile World: The Rapidly Closing "Recruitment Window" of Corals. *PLoS ONE*. 6(12): pp 9.

Barranco LM, Carriquiry JD. 2014. Estado de conservación de los arrecifes de coral del Parque Nacional del norte de Quintana Roo. *Ciencia y Mar*. XXI (53): p. 3-13.

Bramanti L, Magagnini G, De Maio L, Santangelo G. 2005. Recruitment, early survival and growth of the Mediterranean red coral *Corallium rubrum* (L 1758), a 4-year study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 314: p. 69-78.

Beltran-Torres AU, Carricart-Ganivet JP. 1999. Lista revisada y clave para para los corales pétreos zooxantelados (Hidrozoa: Milleporina, Anthozoa: Scleractinia) del Atlántico mexicano. *Revista de Biología Tropical*. 47: p. 813-829.

Bozec YM, Acosta-González G, Nuñez-Lara E. Arias-González JE. 2008. Impacts of coastal development on ecosystem structure and function of Yucatan coral reefs, Mexico. *Proceeding of the 11 th International Coral Reef Symposium*, Ft. Lauderdale, Florida: p. 5.

Bruno JF, Swetman H, Precht WF, Selig ER, Schutte VGW. 2009. Assessing evidence of phase shifts from coral to macroalgal dominance on coral reefs. *Ecology*. 90(6): p. 1478-1448.

Cetz-Navarro NP, Espinoza-Avalos J, Vega-Zepeda A, Cerón-Flores AI, Raigoza-Figueroa R, Carpizo-Iturarte EJ. 2016. Reclutamiento del coral *Acropora palmata* sobre sustratos de dos materiales. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. 51(3): p. 643-653.

Chamberland VF, Snowden S, Marhaver KL, Petersen D, Vermeij MJA. 2017. The reproductive biology and early life ecology of a common Caribbean brain coral: *Diploria labyrinthiformis* (Scleractinia: Faviinae). *Coral Reefs*. 36: pp. 83-94.

Chuc-Contreras A, Ortegón-Aznar I, Tuyub-Mota A, Suárez-Salazar J. 2011. Cambio de Fase Coral-algas en el Arrecife de Coral de Mahahual, en el Caribe Mexicano. *Proceedings of the 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. pp. 4.

CONANP. 2004. Programa de Manejo Parque Nacional, Arrecifes de Xcalak.

Connell JH, Slayter RO, 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist*. Vol. 111, No. 982: p. 1119-1144.

Davies SW, Matz MV, Vize PD. 2013. Ecological Complexity of Coral Recruitment Processes: Effects of Invertebrate Herbivores on Coral Recruitment and Growth Depends Upon Substratum Properties and Coral Species. *PLoS ONE* 8(9): pp 10.

Davies SW, Meyer E, Guermond S, Matz MV. 2014. A cross-ocean comparison of responses to settlement cues in reef-building corals. *PeerJ*. 2: p. 35.

Done, T.J. 1992. Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia* 247(1-3): p. 121–132.

Doropoulos C, Roff G, Visser MS, Mumby PJ. 2016. Sensitivity of coral recruitment to subtle shifts in early community succession. *Ecology*. 98(2): p. 304-314.

Dueñas LF, Montenegro J, Acosta A, Cardenas F, Sepúlveda M, Vidal A, Villamil C. 2010. Guía para el reconocimiento de corales escleractínios juveniles en el Caribe. INVEMAR Serie de Documentos Generales No. 42. XPRESS Estudio Grafico y Digital, Bogotá D.C. Colombia.

Garzón-Ferreira J, Moreno-Bonilla M, Valderrma-Vásquez JM. 2004. Condicion actual de las formaciones coralinas de *Acropora palmata* y *A. cervicornis* en el Parque Nacional Natural Tayrona (Colombia). Bol. Invest. Mar. Cost. 33: p.117-136.

Graham EM, Baird AH, Connolly SR. 2008. Survival Dynamics of scleractinian coral larvae and implications for dispersal. Coral Reefs. 27: pp. 529-539.

Hernández-Delgado EA, González-Ramos CM, Alejandro-Camis PJ. 2014. Large-scale coral recruitment patterns on Mona Island, Puerto Rico: evidence of a transitional community trajectory after a massive coral bleaching and mortality. Rev. Biol. Trop. Vol. 62(3): p. 49-64.

Hsu CM, de Palmas S, Kuo CY, Denis V, Chen CA. 2014. Identification of Scleractinian Coral Recruits Using Fluorescent Censusing and DNA Barcoding Techniques. PloS ONE. 9(9): pp. 13.

Hughes TP, Tanner JE. 2000. Recruitment failure, life histories, and long-term decline of Caribbean Corals. Ecology. 81(8): p. 2250-2263. Deloach N, editor.

Humanes A, Bastidas C. 2015. In situ settlement rates and early survivorship of hard corals: a good year for Caribbean reef. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol 539: pp. 139-151.

Humann P. 2002. Reef Creature Identification: Florida, Caribbean Bahamas. Jacksonville (FL): New World Publications, Inc.

Koop K, Booth D, Broadbent A, Brodie J, Bucher D, Capone D, Coll J, Dennison W, Erdmann M, Harrison P, *et al.* 2001. ENCORE: The Effect of Nutrient Enrichment on Coral Reefs. Synthesis of Results and Cloclusions. Marine Pollution Bulletin. Vol. 42(2): p. 91-120.

Littler DS, Littler MM. 2000. Caribbean Reef Plants. Washington (D.C.): OffShore Graphics, Inc.

Luna-Ortega I, De la Cruz-Francisco V. 2017. Ensamblajes de las macroalgas sobre superficies muertas de corales escleractinios (Anthozoa: Scleractinia) en el arrecife Oro Verde, Veracruz, México. CICIMAR Oceanides. 32(1): p. 11-23.

Maida M, Sammarco PW, Coll JC. 1995. Effects of soft corals on scleractinian coral recruitment. I: Directional allelopathy and inhibition of settlement. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 121: p. 191-202.

Márquez JC, Díaz JM. 2005. Interacciones entre corales y macroalgas: dependencia de las especies involucradas. Bol. Invest. Mar. Cost. 34: p. 227-242.

Martínez S, Abelson A. 2013. Coral recruitment: the critical role of early post-settlement survival. ICES Journal of Marine Science. 70(7): p. 1294-1298.

Medina-Rosas P, Carriquiry JD, Cupul-Magaña AL. 2005. Reclutamiento de *Porites* (Scleractinia) sobre sustrato artificial en arrecifes afectados por El Niño 1997-98 en Bahía Banderas, Pacífico Mexicano. 31(1A): p. 103-109.

Merediz-Alonso G. 2012. Caracterización y monitoreo de la condición arrecifal en cinco áreas naturales protegidas y un área de influencia de Quintana Roo, México: Primera etapa. Amigos de Sian Ka'an A.C. informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. DM011 México D.F.

Mondragón-Barrera MA. 2014. Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. Mov.cient. Vol. 8(1): p. 98-104.

Mwachireya SA, Nzioka AM, Mutiso DN. 2017. Coral Recruit-Algae Interactions in Coral Reef Lagoons Are Mediated by Riverine Influences. International Journal of Ecology. pp. 10

Narchi NE, Price LL. 2015. An Etnobiology of Corals and Coral reefs. En: Aburto-Oropeza O, Albert S, Aswani S, Bertsh H, Burns JHR, Cruz-García GS, Erisman B, Gregg TM, Guida G, Hinojosa-Arango G, *et al.*; Narchi NE, Price LT editores. Etnobiology of Corals and Coral reefs. Springer. p. 1-14.

Ritson-Williams R, Arnold SN, Fogarty ND, Steneck RS, Vermeij MJA, Paul VJ. 2009. New perspectives on Ecological Mechanisms Affecting Coral Recruitment on Reefs. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*: p. 437-457.

Rodríguez-Martínez RE, van Tussenbroek B, Jordán-Dahlgren E. 2017. Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe mexicano (2014-2015). *ResearchGate*: p. 353-365.

Roth MS, Knowlton N. 2009. Distribution, abundance, and microhabitat characterization of small juvenile corals at Palmyra Atoll. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 376: p. 133-142.

Ruiz-Zarate MA, Arias-González JE. 2004. Spatial study of juvenile corals in the Northern region of the Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS). *CORAL REEFS* Volume: 23 Issue: 4: p. 584-594.

Salinas-de-León P, Dryden C, Smith DJ, Bell JJ. 2016. Temporal and spatial variability in coral recruitment on two Indonesian coral reefs: consistently lower recruitment to a degraded reef. *Mar. Biol.* 160: p. 97-105.

Szmant AM. 2006. Recruitment of two species of the reef building coral *Montastraea*: Factors that affect post-settlement survivorship. U.S. Environmental Protection Agency: p. 33.

Sorokin YI. 1995. *Coral Reef Ecology*. Heldmaier G, Lange OL, Mooney HA, Sommer U, editores. Springer. Vol. 102.

Vermeij MJA, Frade PR, Jacinto RIR, Debrot AO, Bak RPM. 2007. effects of reproductive mode on habitat-related differences in the population structure of eight Caribbean coral species. *Mar Ecol Prog Ser.* 351: p. 91-102.

Veron J. 2000. *Corals of the World*. Stafford-Smith M, Editor. Australian Institute of Marine Science, PMB 3, Townsville MC. Vol. 1-3.

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: p. 211-225.

Wild C, Jantzen C, Kremb SJ. 2014. Turf algae-mediated coral damage in coastal reefs of Belize, Central America. PeerJ. 2: pp 14.

Wolf AT, Wild C, Nugues MM. 2012. Contact with macroalgae causes variable coral mortality in *Montastraea faveolata*. Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia: pp. 9-13.

11.- Anexos

Anexo 1. Tabla de los índices de supervivencia de Kaplan-Meier junto a la prueba de igualdad entre tratamientos para el sitio Jardines.

	Time	En riesgo	Eventos	Censuradas	Proporción de eventos	Índice de supervivencia	Función de supervivencia acumulada	Desviación típica de la función de supervivencia	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
T1	0	2	0	1						
	6	1	1	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	12	28	22	6	0.786	0.214	0.214	0.078	0.062	0.366
T2	0	4	0	2						
	6	2	2	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	12	22	18	4	0.818	0.182	0.182	0.082	0.021	0.343

Prueba de igualdad de las funciones de supervivencia acumuladas nov16-may17:

Estadístico	Valor observado	Valor crítico	valor-p	alfa
Log-rank	0.000	3.841	1.000	0.050
Wilcoxon	0.000	3.841	1.000	0.050
Tarone-Ware	0.000	3.841	1.000	0.050

Prueba de igualdad de las funciones de supervivencia acumuladas may17-nov17:

Estadístico	Valor observado	Valor crítico	valor-p	alfa
Log-rank	0.080	3.841	0.778	0.050
Wilcoxon	0.080	3.841	0.778	0.050
Tarone-Ware	0.080	3.841	0.778	0.050

Anexo 2. Tabla de los índices de supervivencia de Kaplan-Meier junto a la prueba de igualdad entre tratamientos para el sitio Doña Nica.

	Time	En riesgo	Eventos	Censuradas	Proporción de eventos	Índice de supervivencia	Función de supervivencia acumulada	Desviación típica de la función de supervivencia	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
T1	0	20	0	10						
	6	10	6	4	0.600	0.400	0.400	0.155	0.096	0.704
	12	24	20	4	0.833	0.167	0.167	0.076	0.018	0.316
T2	0	8	0	4						
	6	4	2	2	0.500	0.500	0.500	0.250	0.010	0.990
	12	15	11	4	0.733	0.267	0.267	0.114	0.043	0.490

Prueba de igualdad de las funciones de supervivencia acumuladas nov16-may17:

Estadístico	Valor observado	Valor crítico	valor-p	alfa
Log-rank	0.108	3.841	0.742	0.050
Wilcoxon	0.108	3.841	0.742	0.050
Tarone-Ware	0.108	3.841	0.742	0.050

Prueba de igualdad de las funciones de supervivencia acumuladas may17-nov17:

Estadístico	Valor observado	Valor crítico	valor-p	alfa
Log-rank	0.552	3.841	0.458	0.050
Wilcoxon	0.552	3.841	0.458	0.050
Tarone-Ware	0.552	3.841	0.458	0.050

Anexo 3. Tabla de los índices de supervivencia de Kaplan-Meier junto a la prueba de igualdad entre tratamientos para el sitio Xahuayxol.

	Time	En riesgo	Eventos	Censuradas	Proporción de eventos	Índice de supervivencia	Función de supervivencia acumulada	Desviación típica de la función de supervivencia	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
T1	6	34	0	17						
	12	17	9	8	0.529	0.471	0.471	0.121	0.233	0.708
T2	6	32	0	16						
	12	16	11	5	0.688	0.313	0.313	0.116	0.085	0.540

Prueba de igualdad de las funciones de supervivencia acumuladas may17-nov17:

Estadístico	Valor observado	Valor crítico	valor-p	alfa
Log-rank	0.837	3.841	0.360	0.050
Wilcoxon	0.837	3.841	0.360	0.050
Tarone-Ware	0.837	3.841	0.360	0.050

Anexo 4. Tabla de los índices de supervivencia de Kaplan-Meier junto a la prueba de igualdad entre los sitios J, N y X.

	Time	En riesgo	Eventos	Censuradas	Proporción de eventos	Índice de supervivencia	Función de supervivencia acumulada	Desviación típica de la función de supervivencia	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Jardines	0	6	0	3						
	6	3	3	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	12	50	40	10	0.800	0.200	0.200	0.057	0.089	0.311
Doña Nica	0	28	0	14						
	6	14	8	6	0.571	0.429	0.429	0.132	0.169	0.688
	12	39	31	8	0.795	0.205	0.205	0.065	0.078	0.332
Xahuayxol	6	66	0	33						
	12	33	20	13	0.606	0.394	0.394	0.085	0.227	0.561

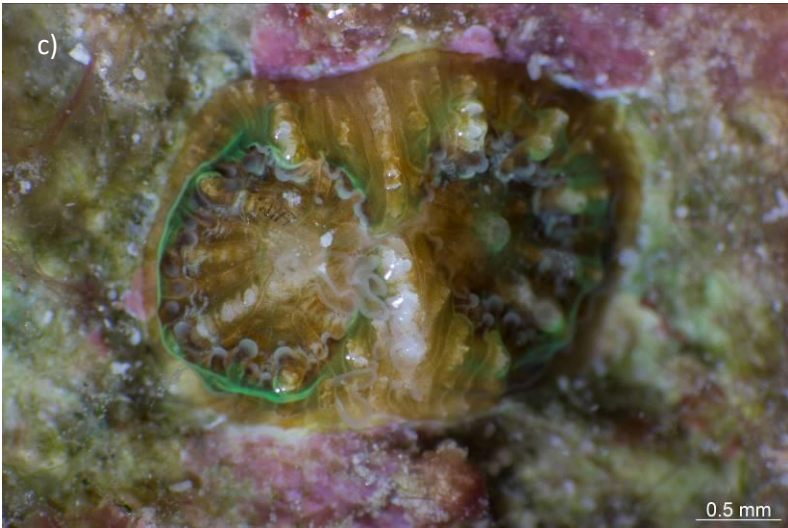
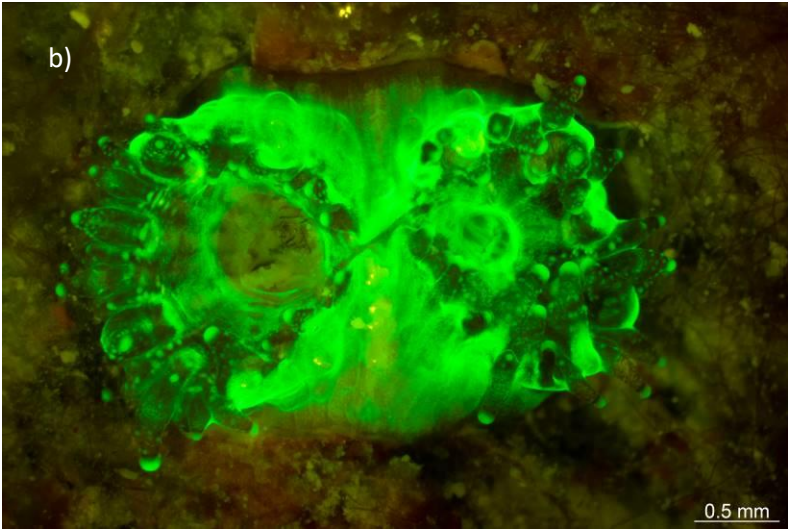
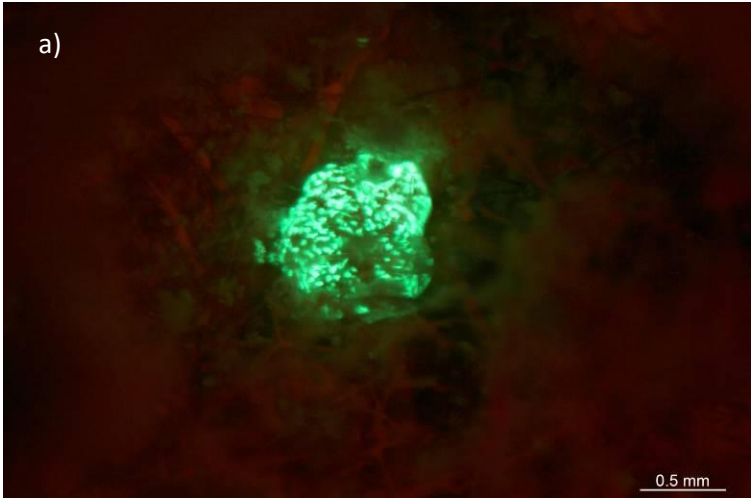
Prueba de igualdad de las funciones de supervivencia acumuladas nov16-may17:

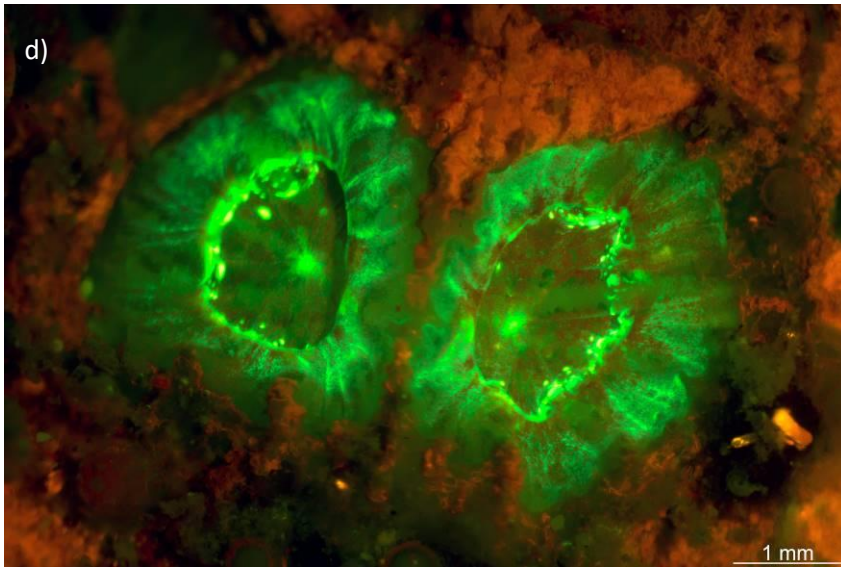
Estadístico	Valor observado	Valor crítico	valor-p	alfa
Log-rank	1.870	3.841	0.171	0.050
Wilcoxon	1.870	3.841	0.171	0.050
Tarone-Ware	1.870	3.841	0.171	0.050

Prueba de igualdad de las funciones de supervivencia acumuladas may17-nov17:

Estadístico	Valor observado	Valor crítico	valor-p	alfa
Log-rank	4.632	5.991	0.099	0.050
Wilcoxon	4.632	5.991	0.099	0.050
Tarone-Ware	4.632	5.991	0.099	0.050

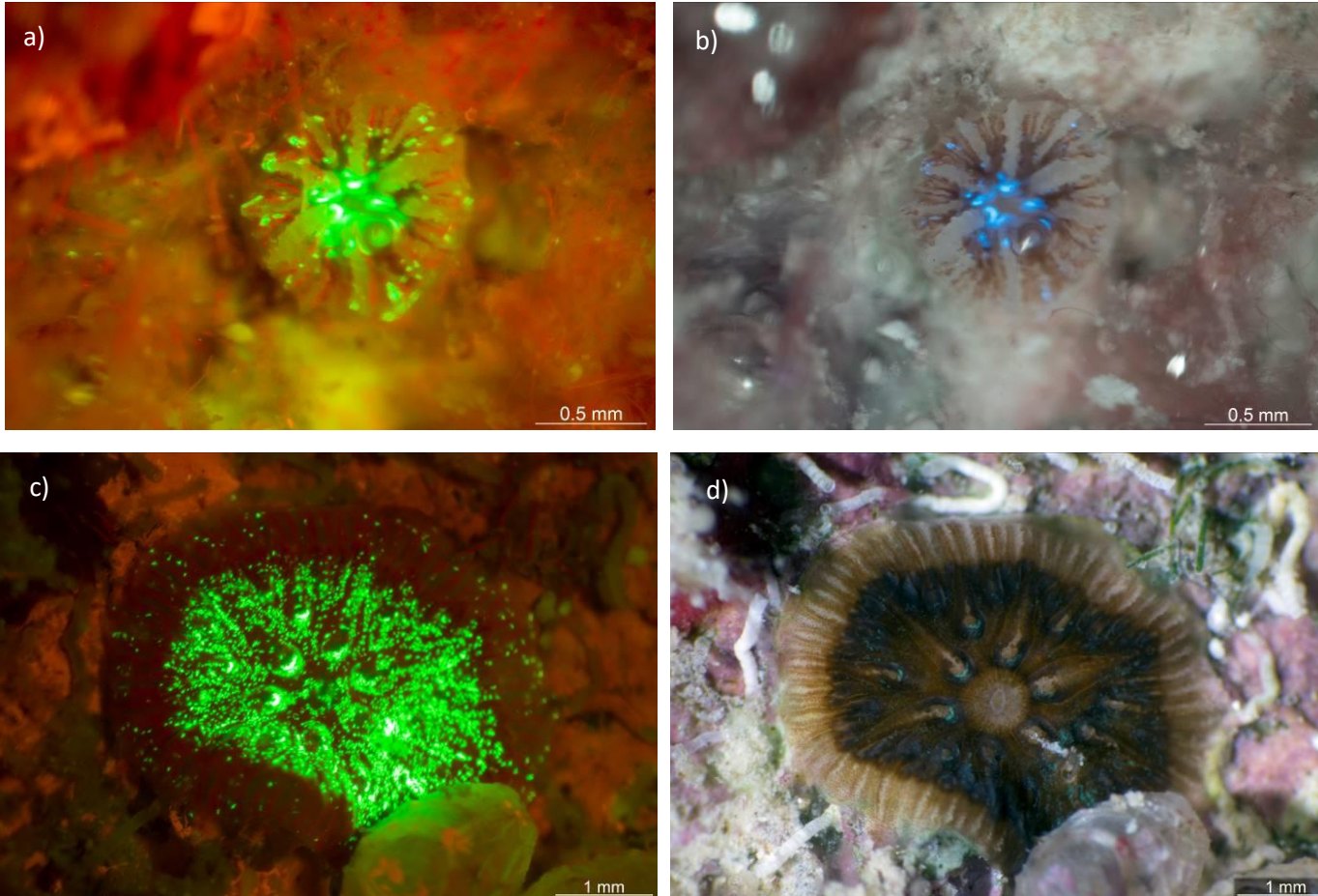
Anexo 5. Imágenes correspondientes al recluta de coral fijado en la placa N1





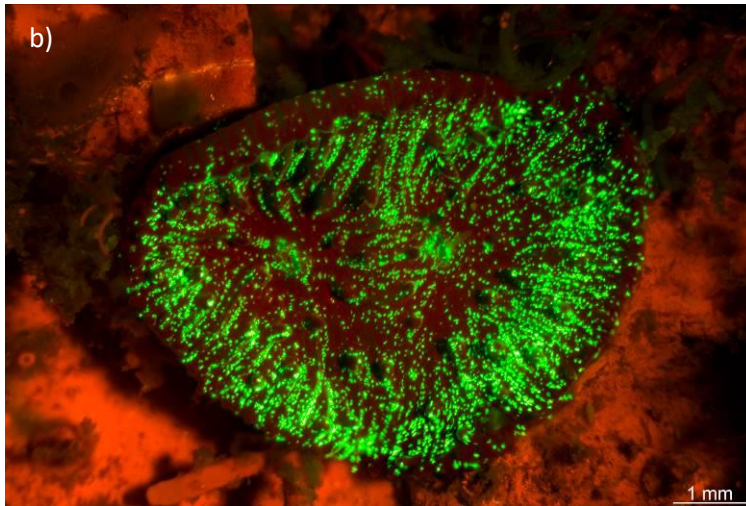
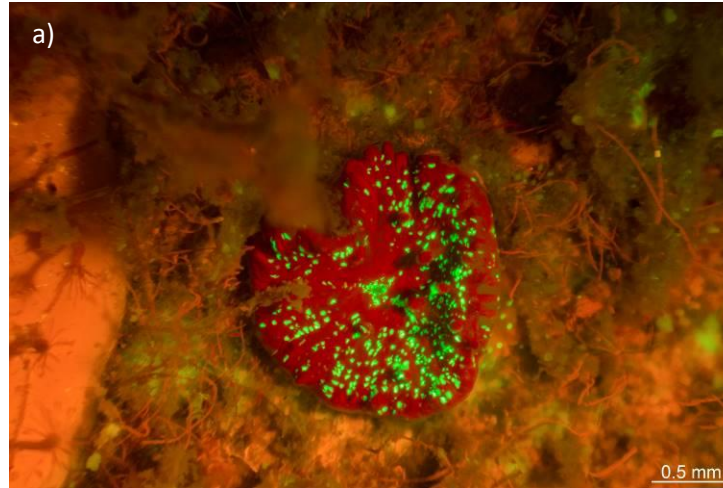
Recluta correspondiente al muestreo de nov-16 (a) el cual logro sobrevivir a los periodos de muestreo de may-17 y nov-17. Se puede observar durante el periodo de may-17 al recluta, bajo fluorescencia (b) y luz visible (c), presenta dos pólipos. Para el periodo nov-17 se puede observar, bajo fluorescencia (d) y luz visible (e), que el recluta comienza a presentar recubrimiento por un alga coralina costrosa.

Anexo 6. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N1.



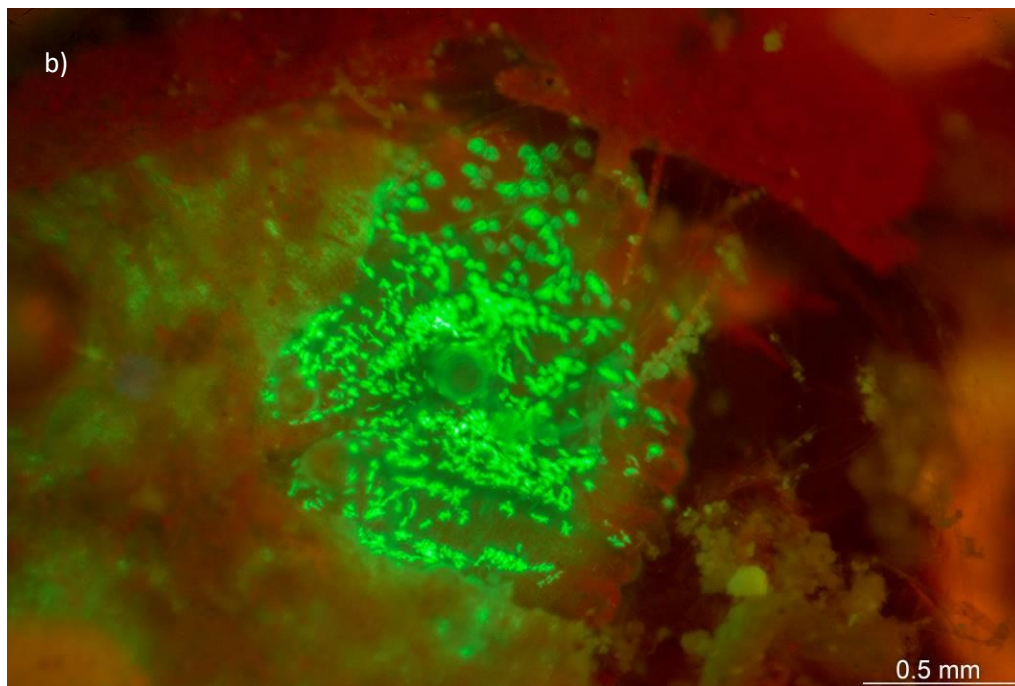
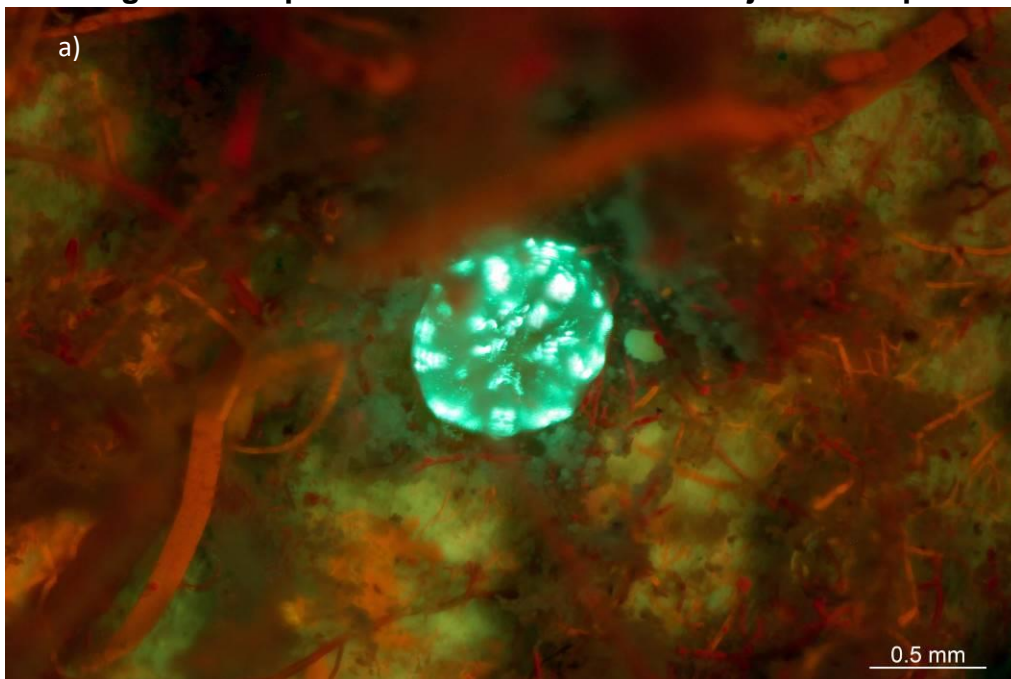
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 7. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N6.



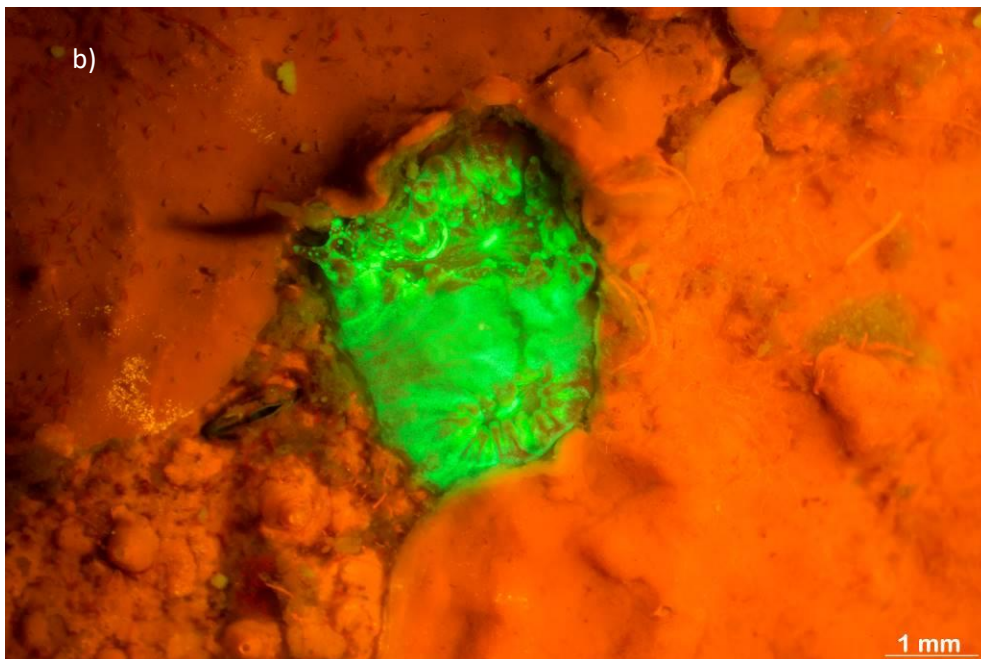
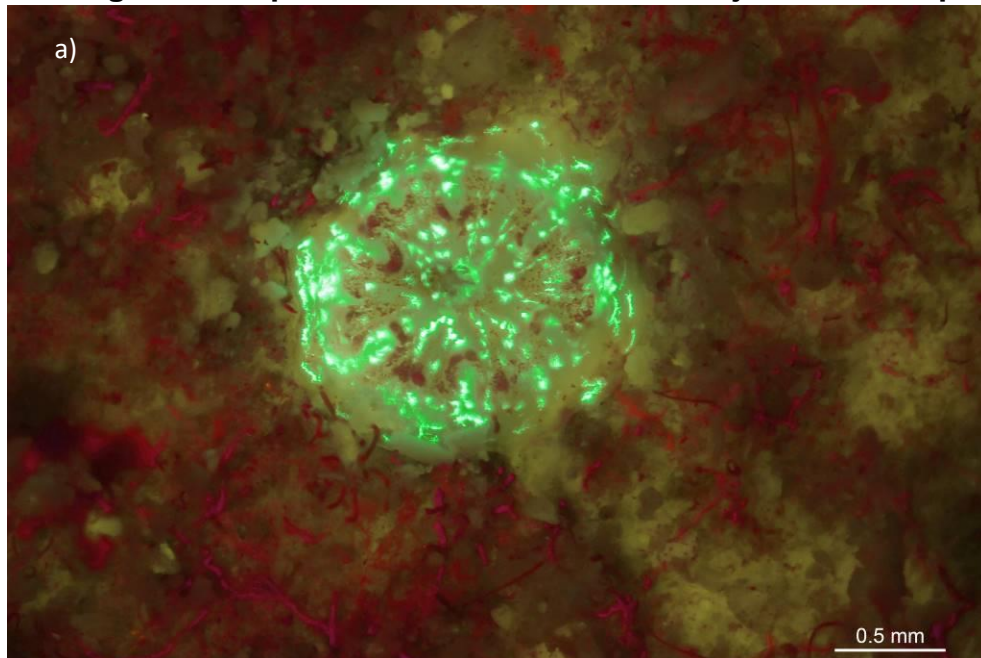
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logra sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 8. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado en la placa N7



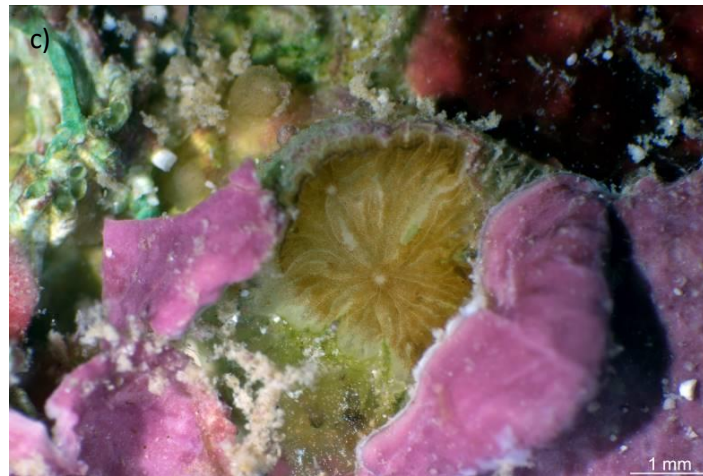
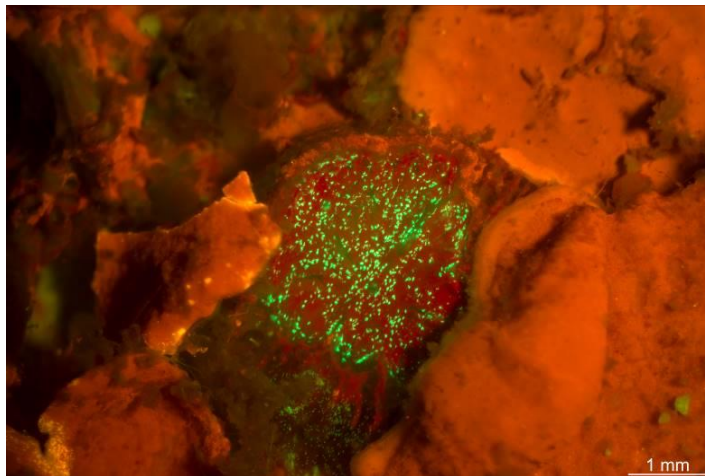
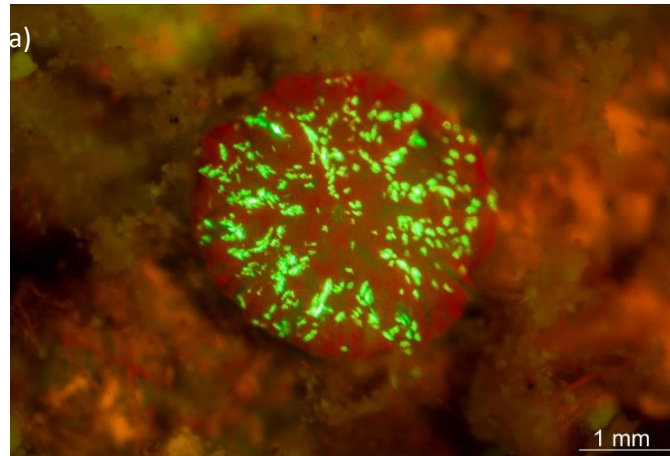
Recluta correspondiente al muestreo de nov-16 (a) el cual logro sobrevivir al periodo de muestreo de may-17 (b).

Anexo 9. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N9.



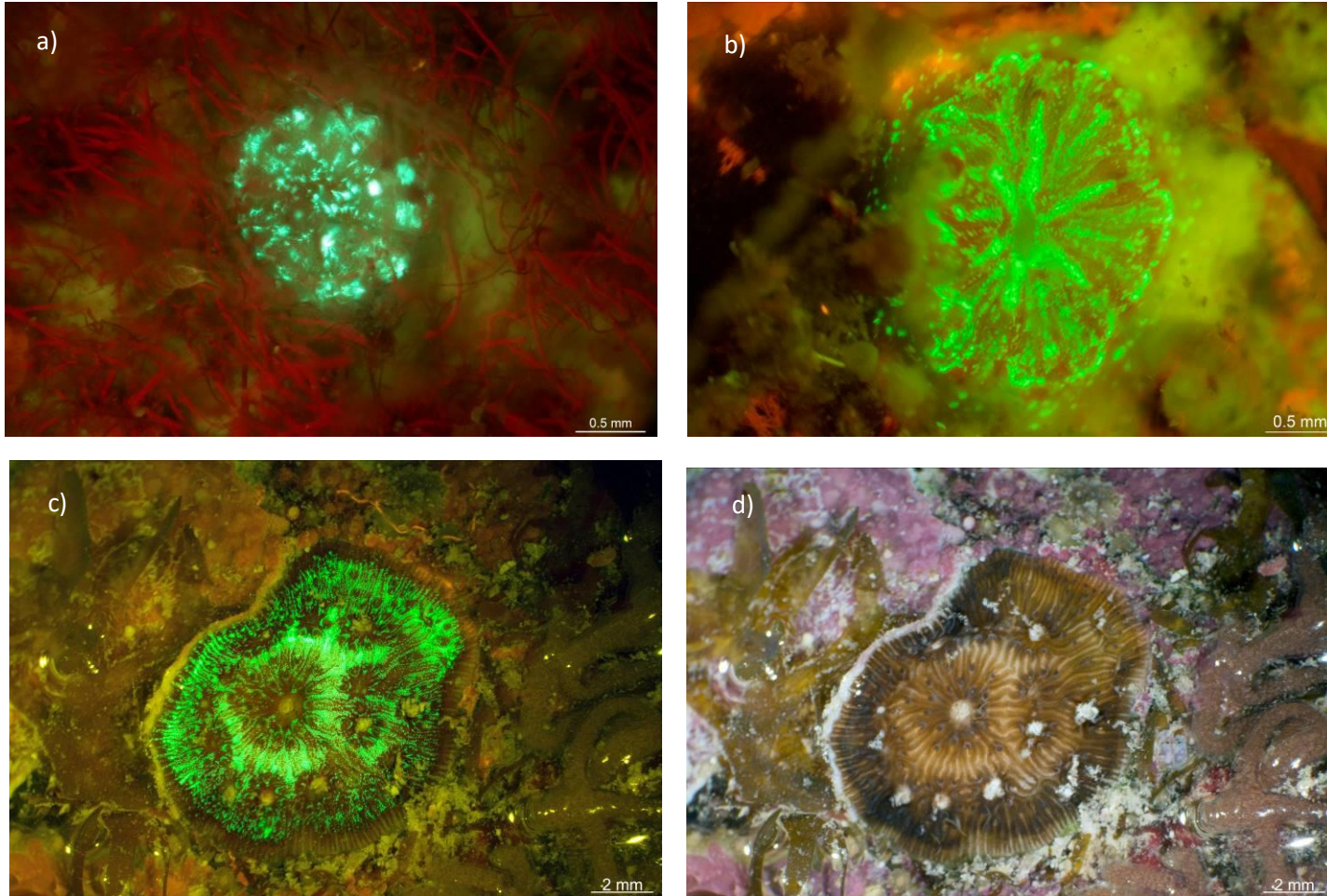
Recluta correspondiente al muestreo de nov-16 (a) el cual logro sobrevivir al periodo de muestreo de may-17 (b). Se puede observar que para el muestreo de may-17 el recluta presenta recubrimiento parcial por parte de un alga coralina costrosa.

Anexo 10. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N12.



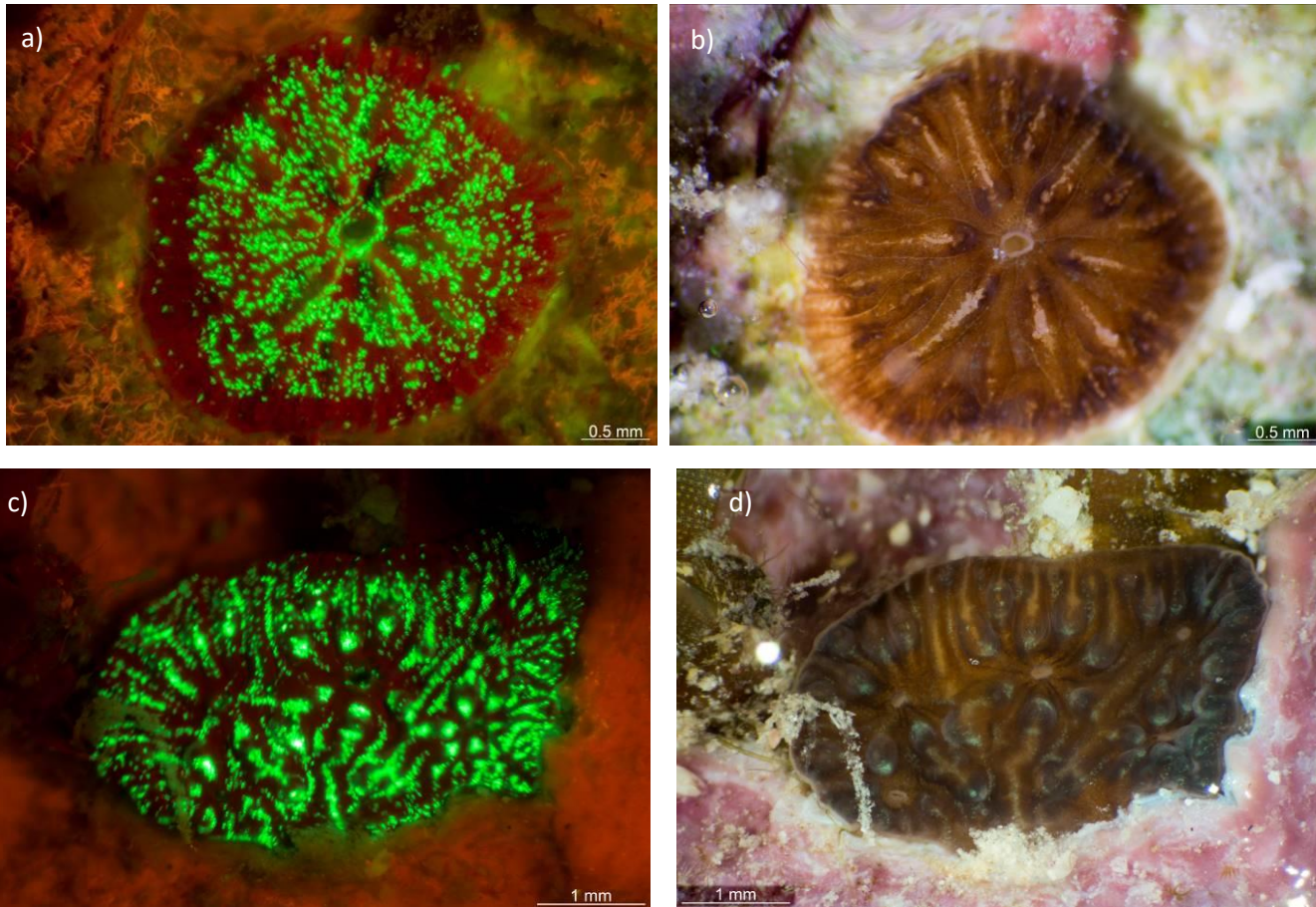
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logra sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c). Se puede observar que para el muestreo de nov-17 el recluta se encuentra parcialmente cubierto por alga coralina costrosa.

Anexo 11. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N17.



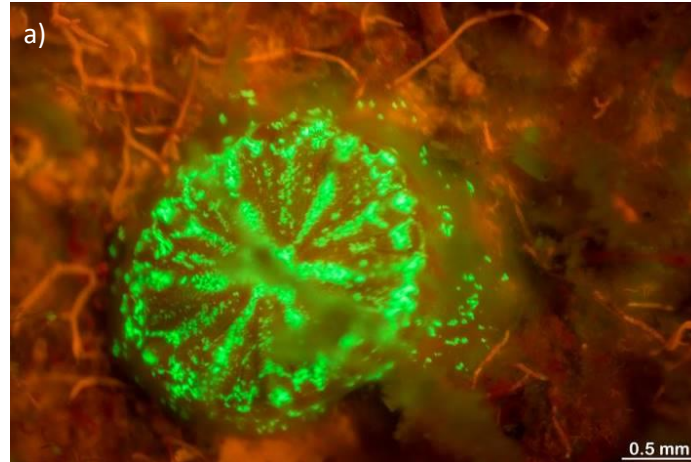
Recluta correspondiente al muestreo de nov-16 (a) el cual logro sobrevivir al periodo de muestreo de may-17 (b), para el periodo de muestreo de nov-17 se pude apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d) el crecimiento y desarrollo de más pólipos de coral.

Anexo 12. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N17.



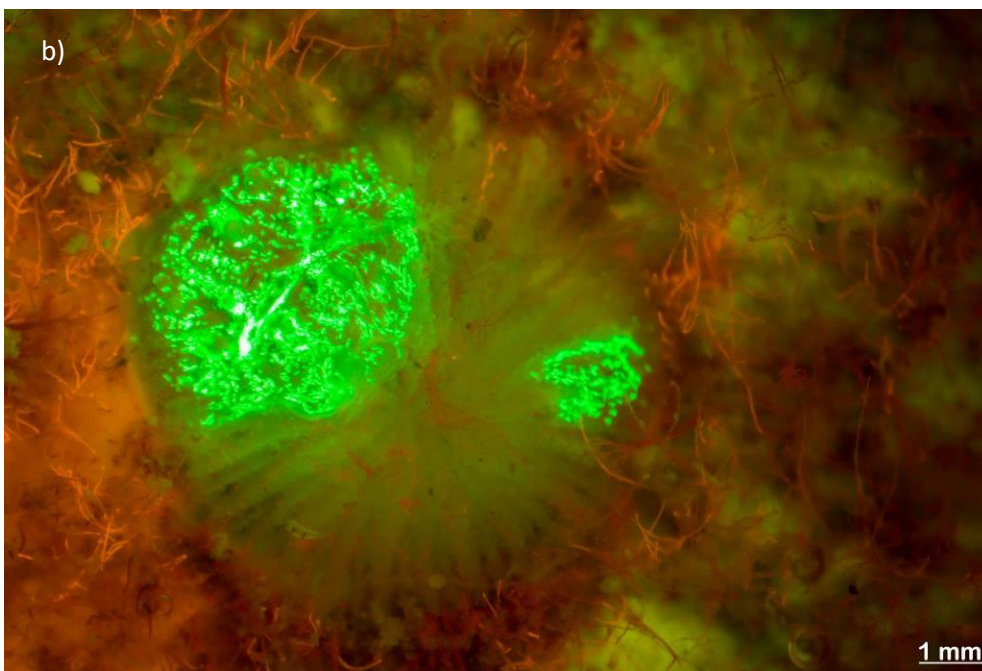
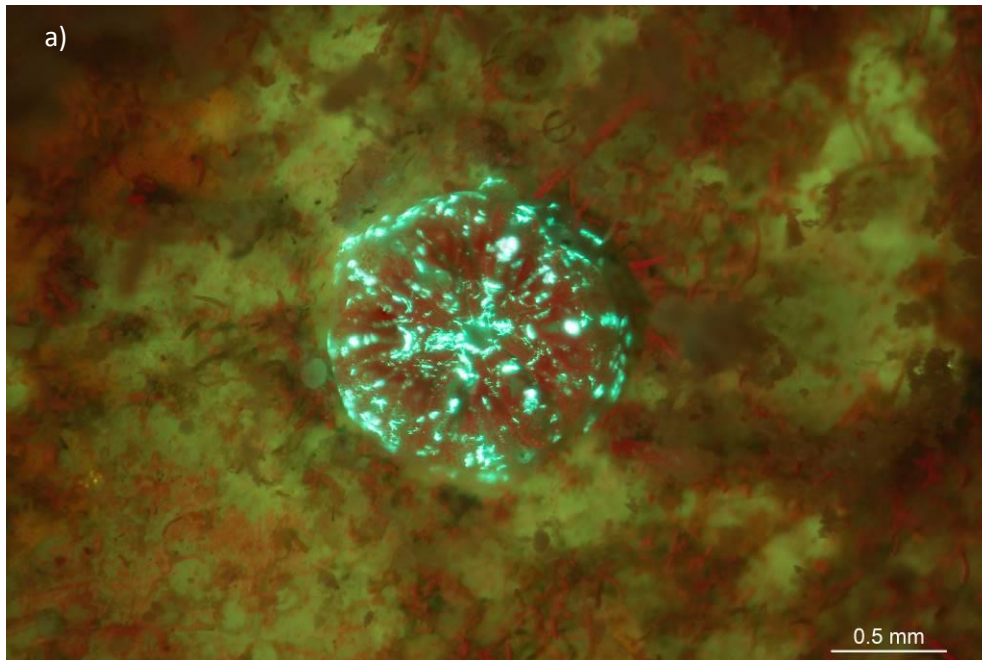
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y luz visible (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 13. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N23.



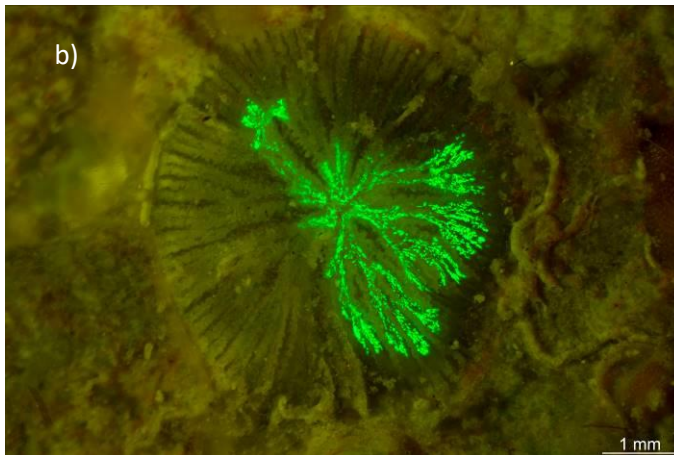
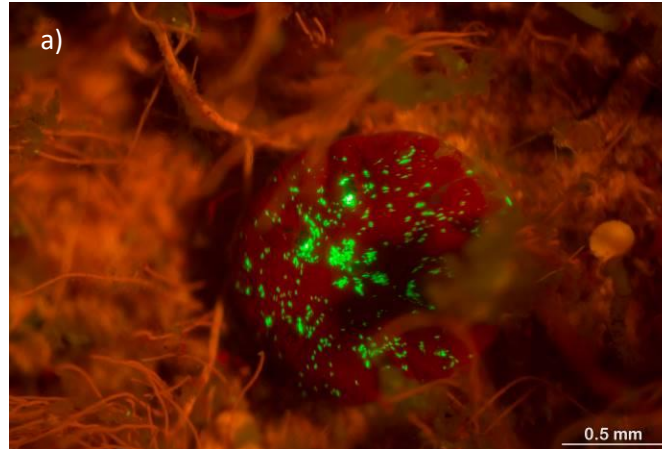
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c). Se puede observar que para el muestreo de nov-17 el recluta presenta recubrimiento parcial por parte de un alga carnosa incrustante.

Anexo 14. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa N23.



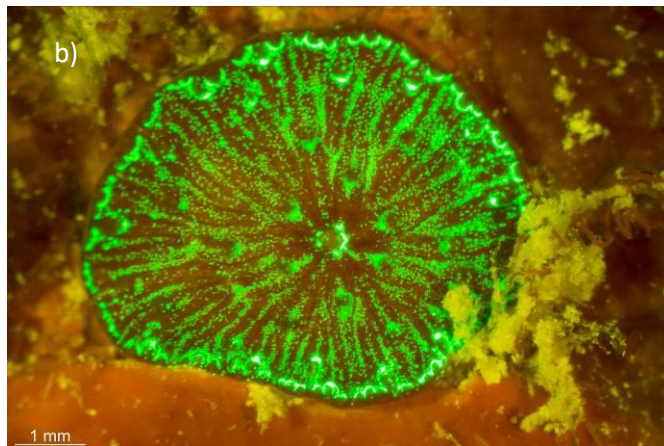
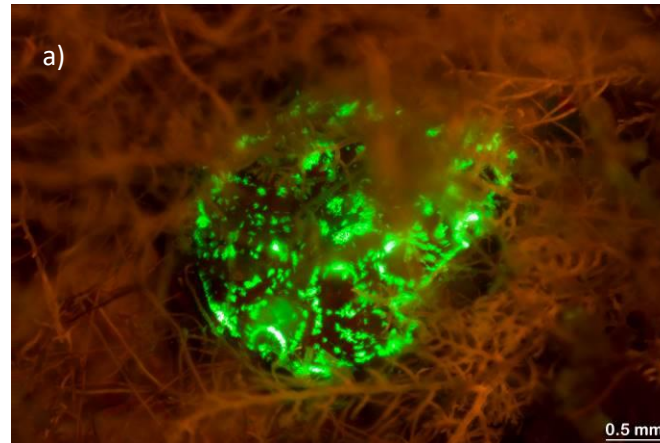
Recluta correspondiente al muestreo de nov-16 (a) el cual logro sobrevivir al periodo de muestreo de may-17 (b). Se puede apreciar, bajo luz fluorescente, que para el muestreo de may-17 el recluta presenta mortalidad parcial.

Anexo 15. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J3.



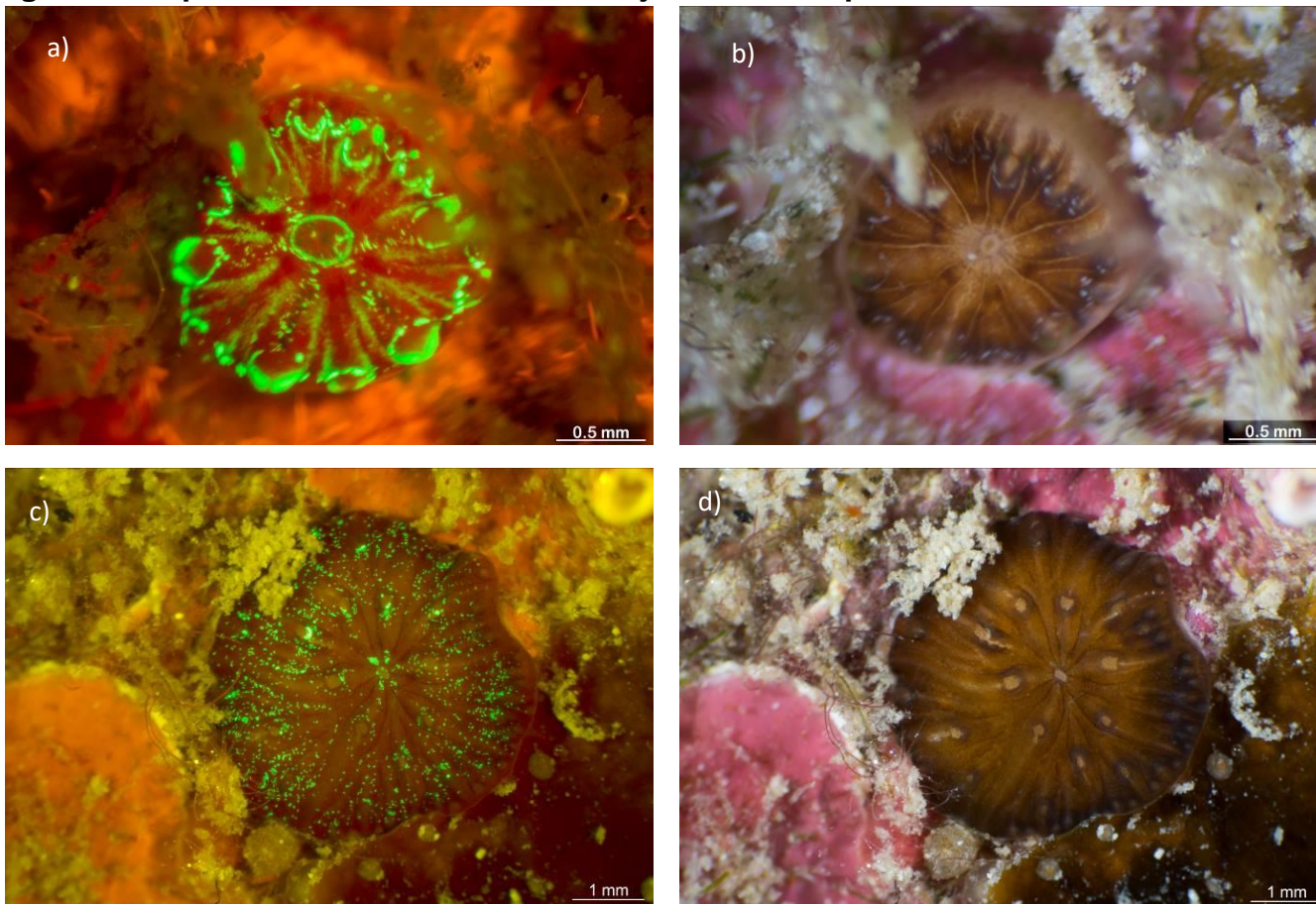
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a), presentando una mortalidad en la mayor parte de su estructura para al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 16. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J3.



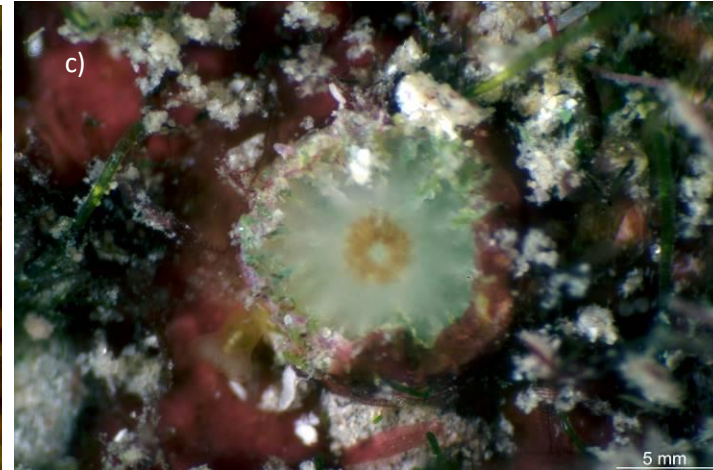
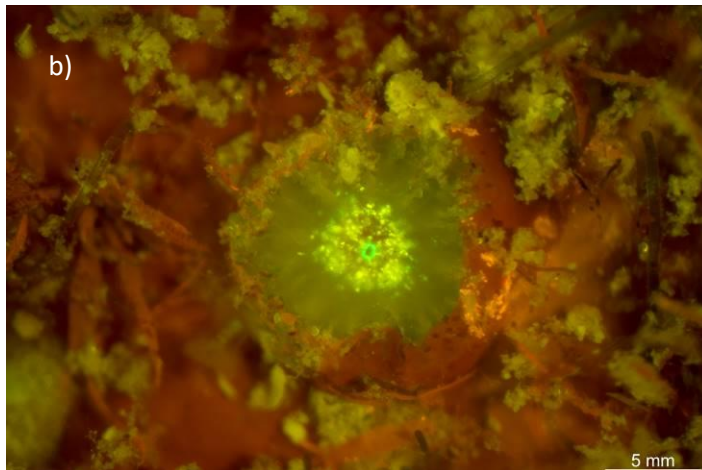
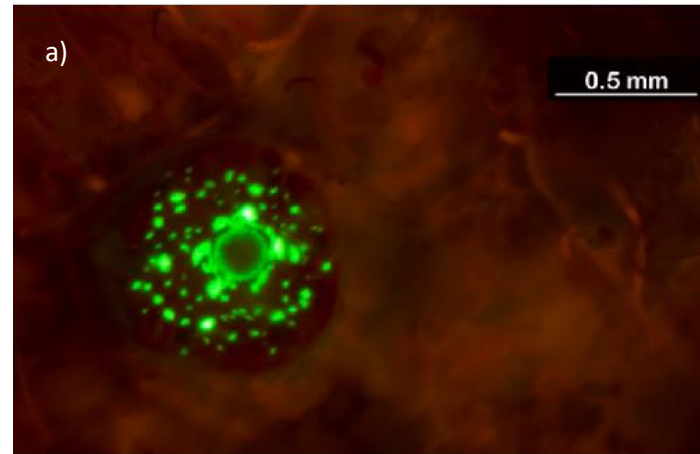
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 17. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J3.



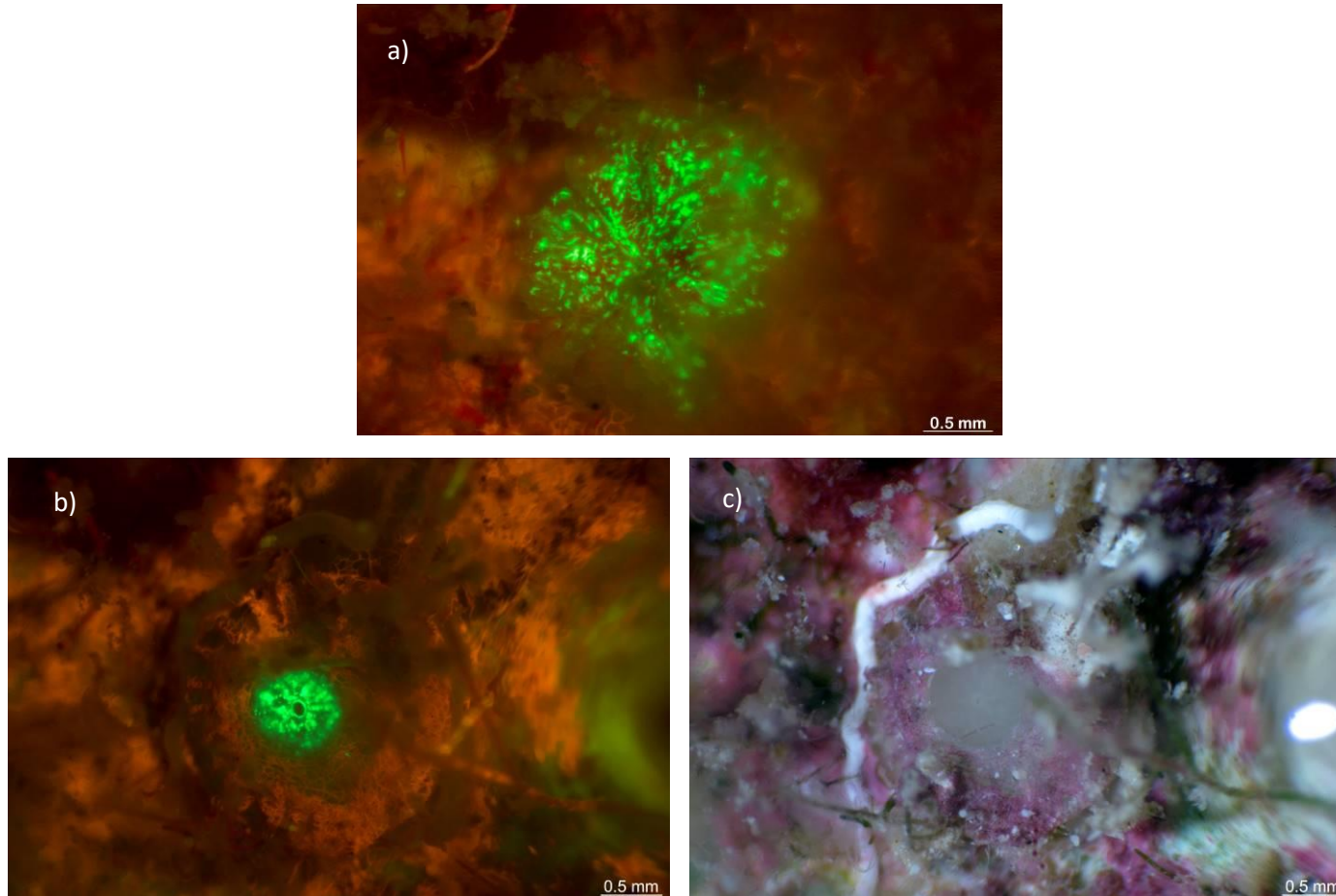
Recluta correspondiente al muestreo de may-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (a) y luz visible (b). Que logro sobrevivir al muestreo de nov-17 donde se puede apreciar su estructura bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 18. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J7.



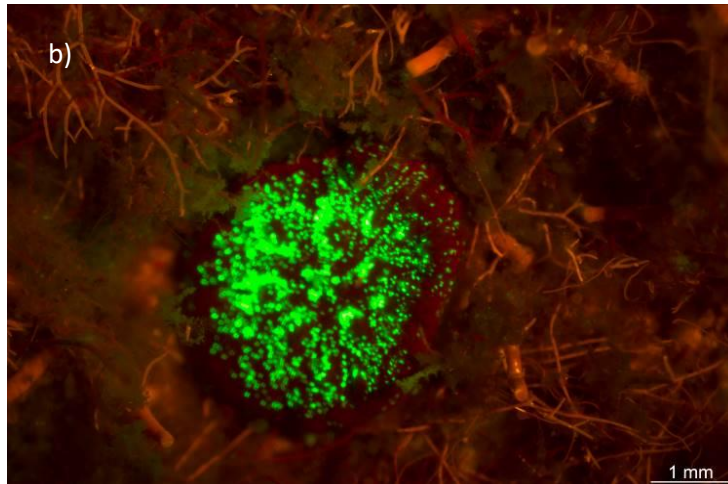
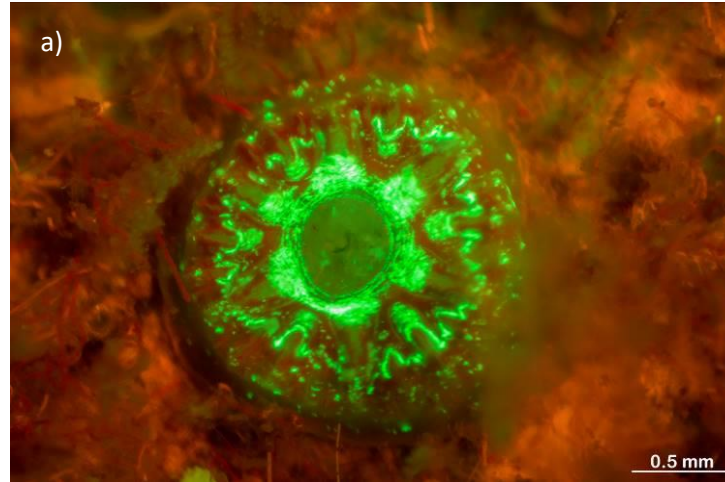
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logra sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c). Se puede observar que para el último muestreo el recluta se encuentra parcialmente cubierto en los bordes por un alga coralina costrosa.

Anexo 19. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J9.



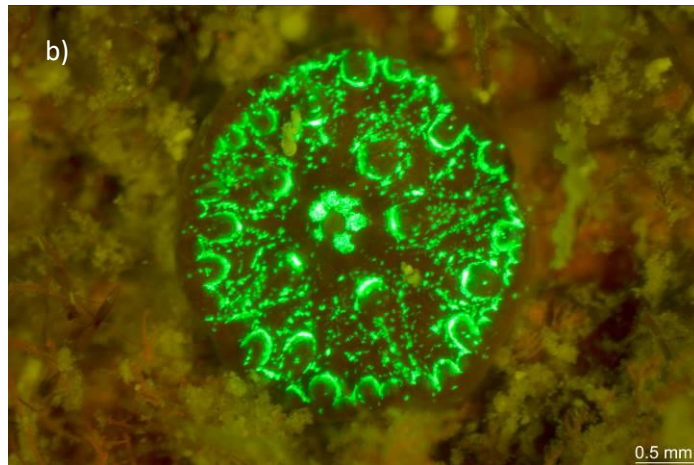
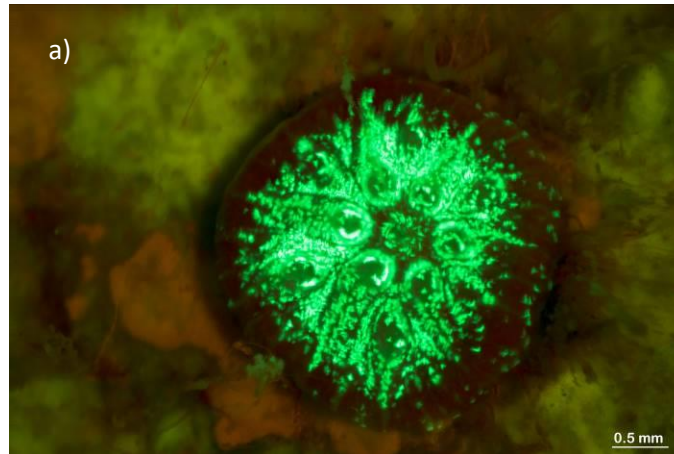
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c). Se puede observar que para el último muestreo el recluta se encuentra, en su mayor parte, cubierto por alga coralina costrosa.

Anexo 20. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J11.



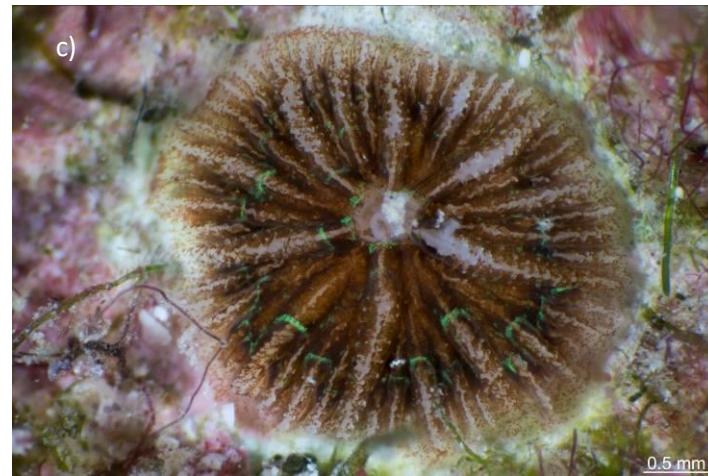
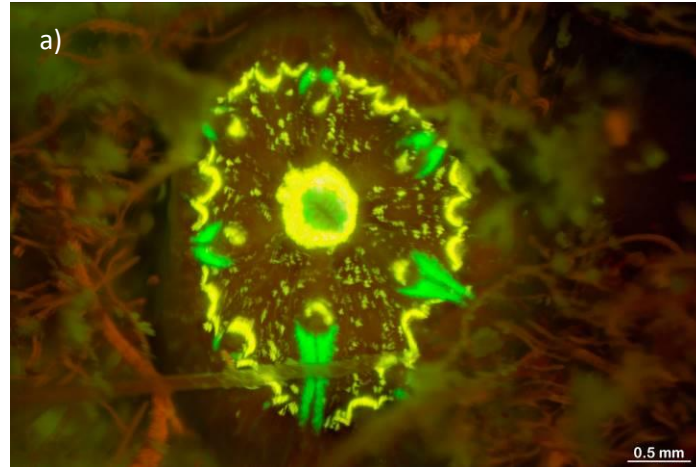
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 21. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J14.



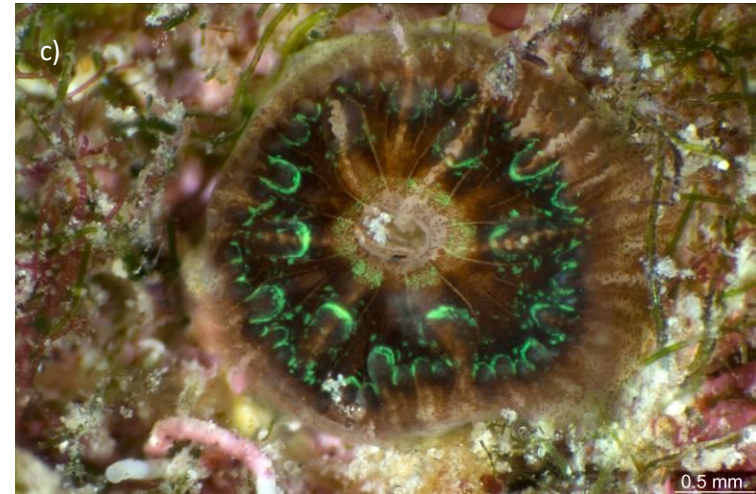
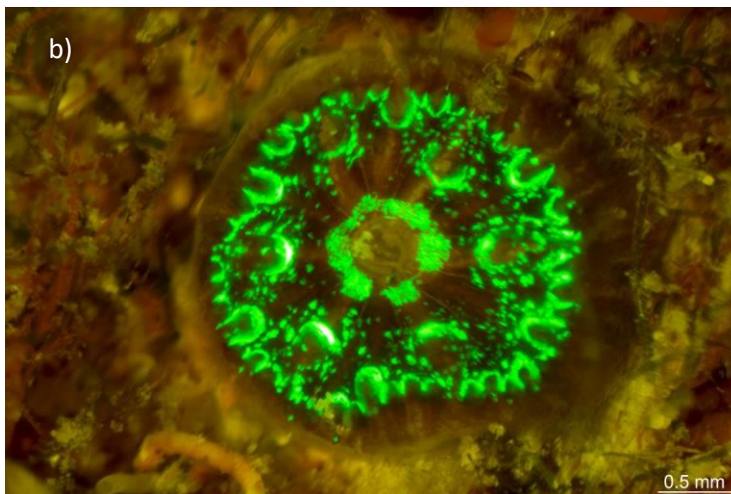
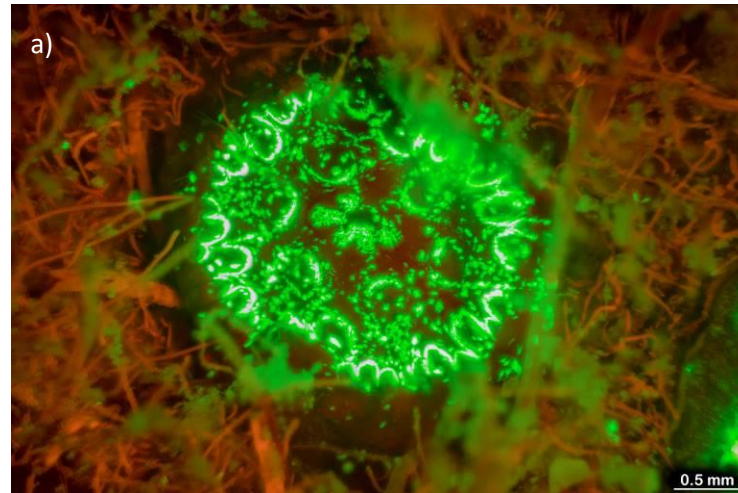
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) el cual logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo luz fluorescente (b) y luz visible (c).

Anexo 22. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J14.



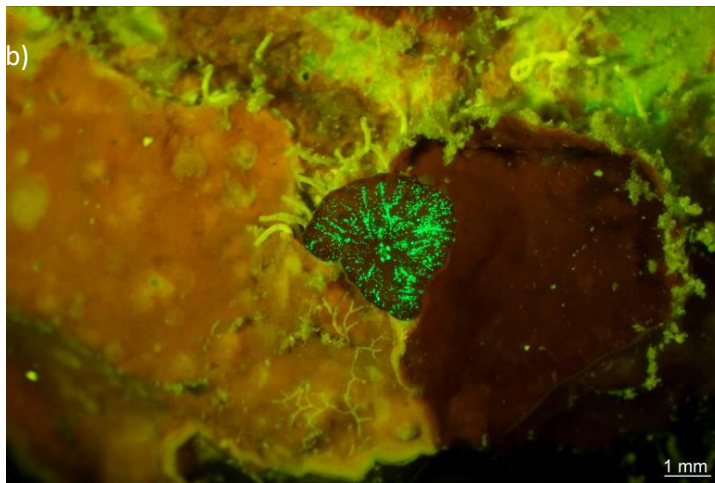
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) el cual logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 23. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J14.



Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 24. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa J16.



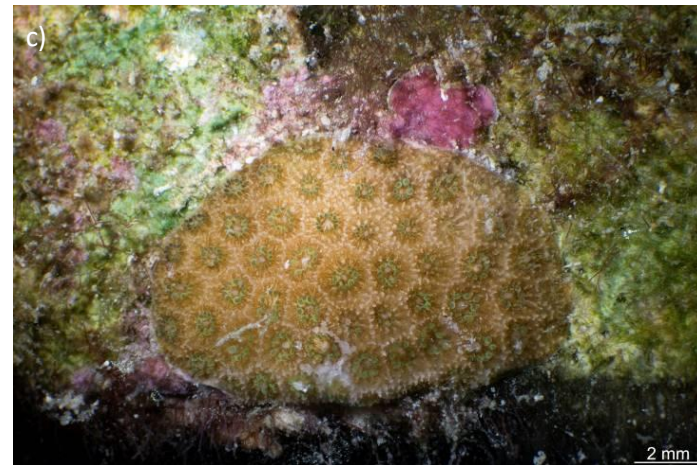
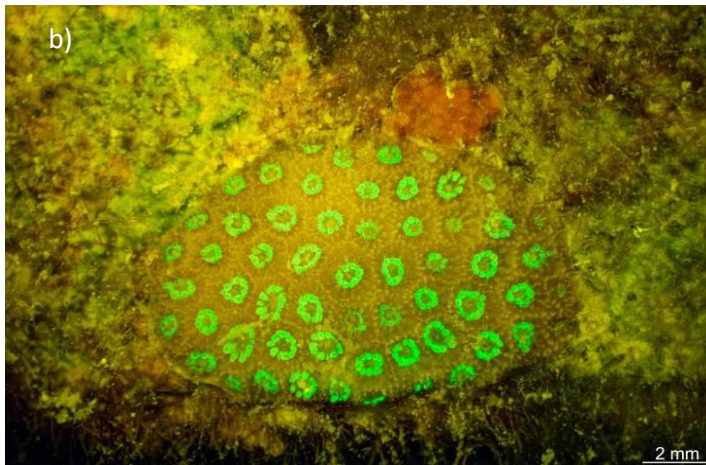
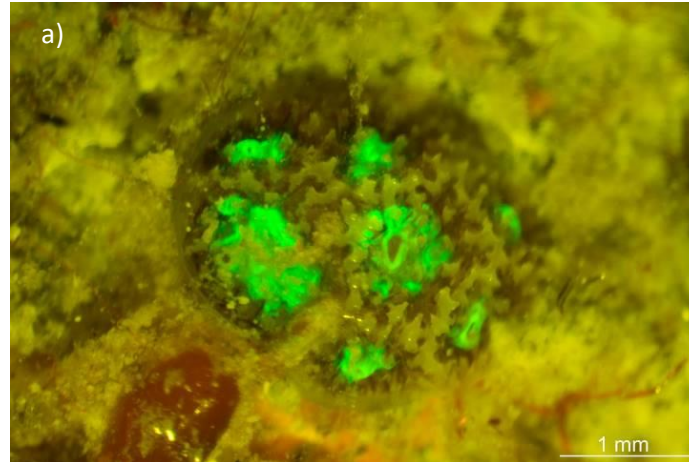
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logra sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c). Se puede observar que para el último muestreo el recluta se encuentra parcialmente cubierto por ACC.

Anexo 25. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X5.



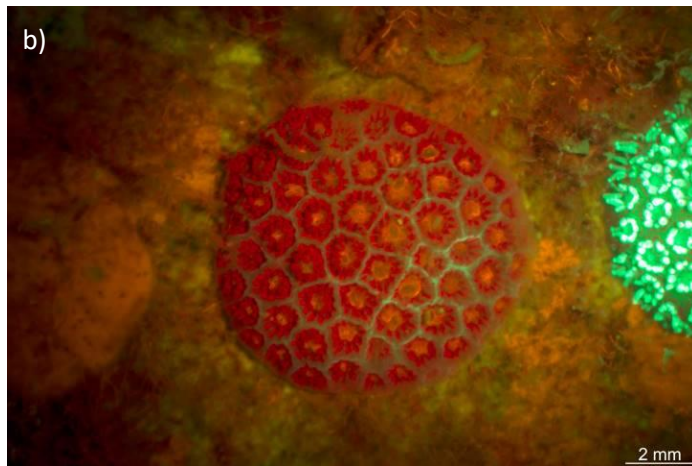
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 26. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X6.



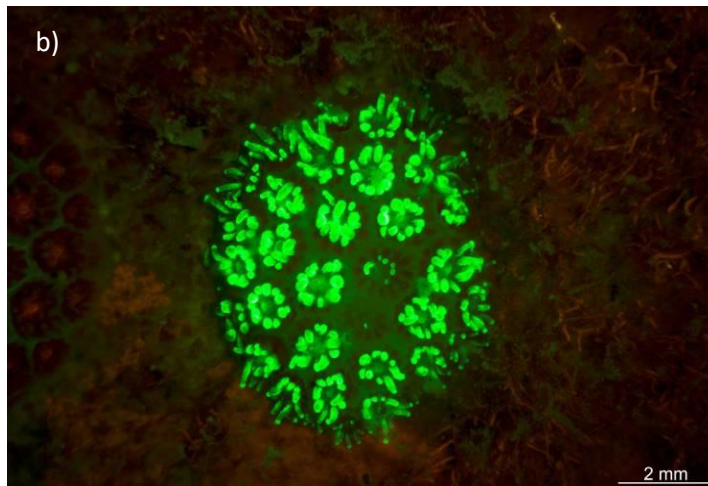
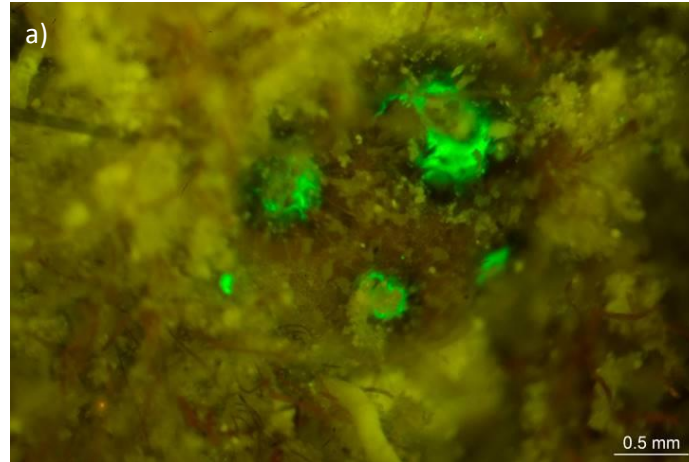
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 27. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X6.



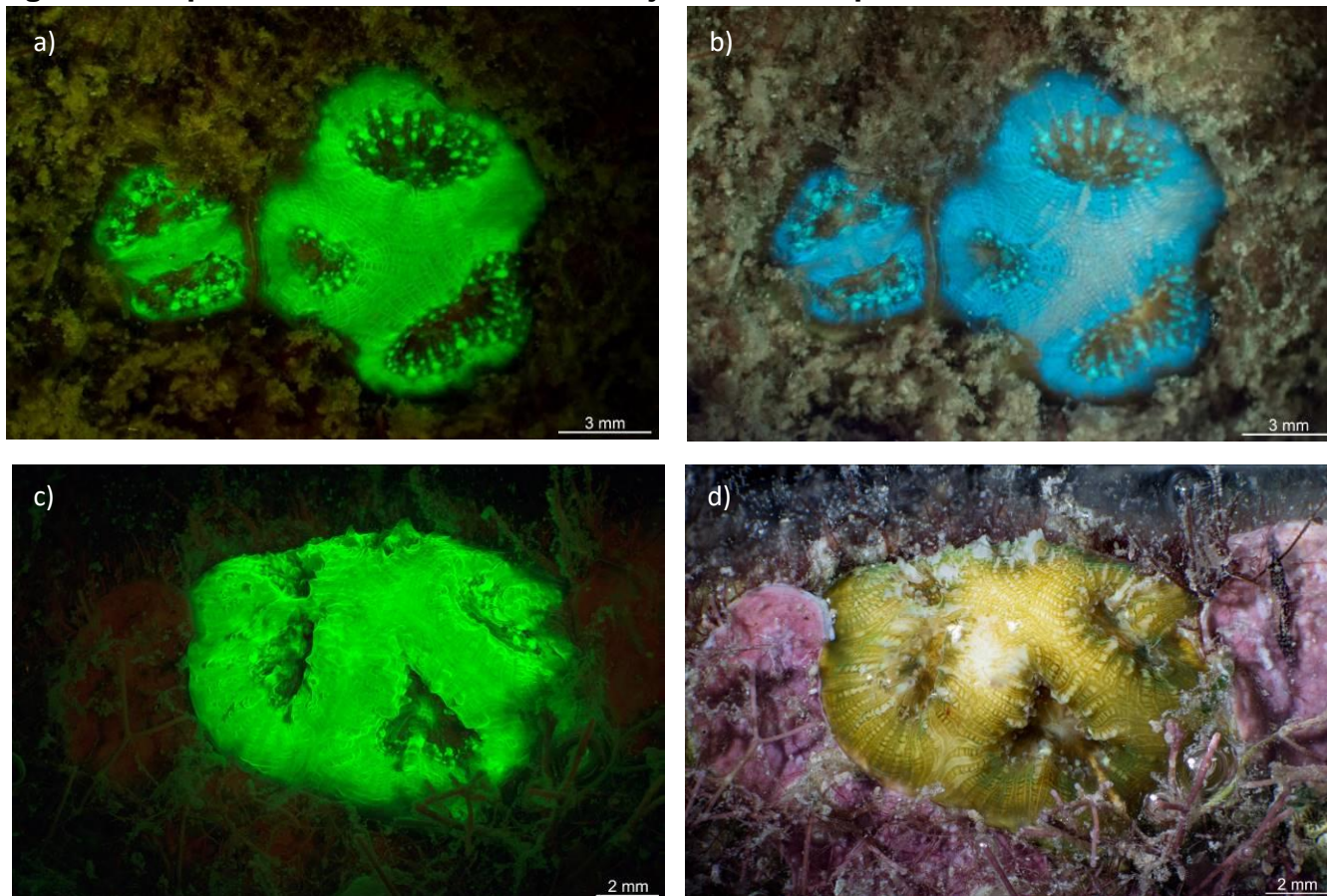
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 28. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X6.



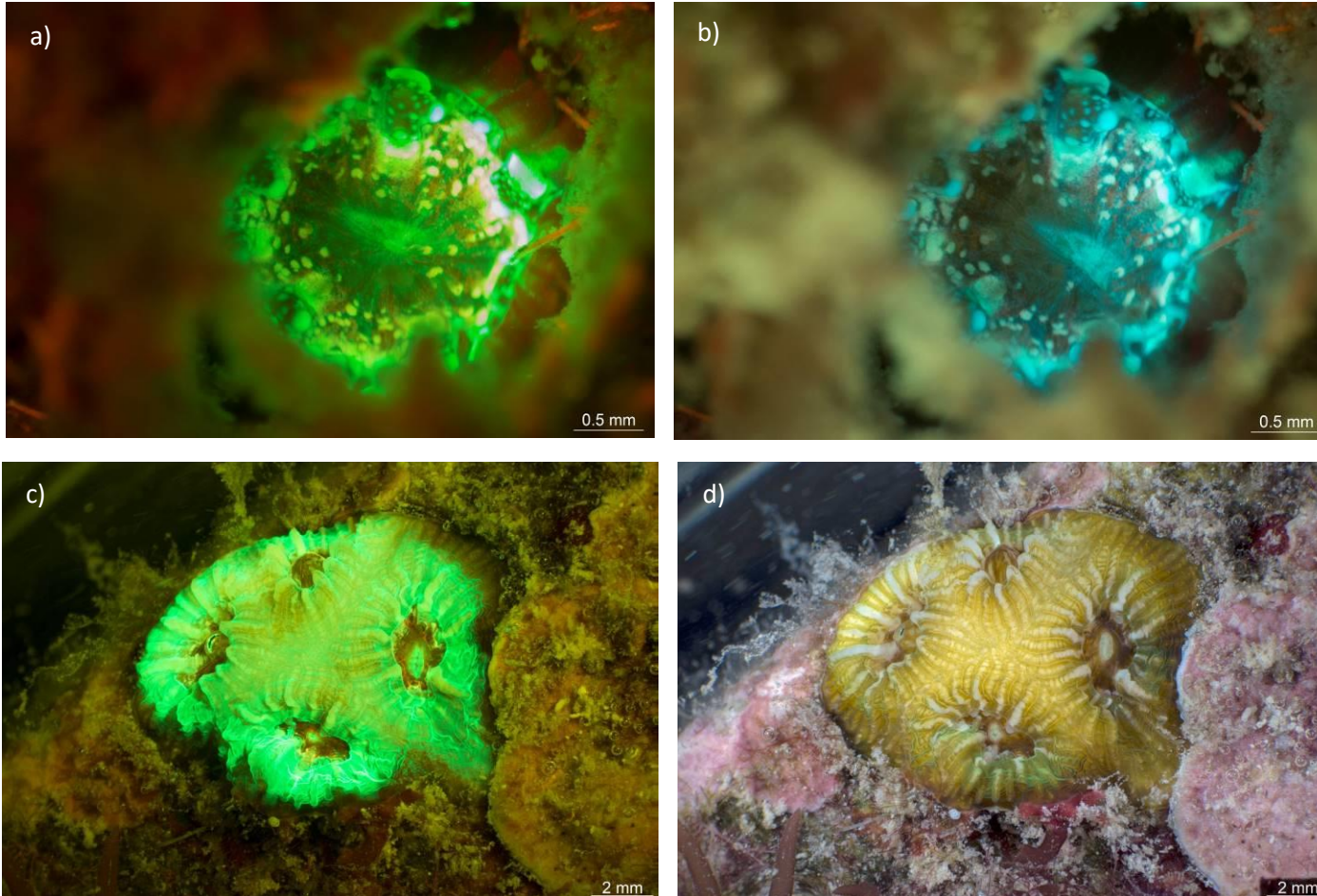
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 (a) que logro sobrevivir al periodo de muestreo de nov-17, el cual se puede apreciar bajo fluorescencia (b) y luz visible (c).

Anexo 29. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X8.



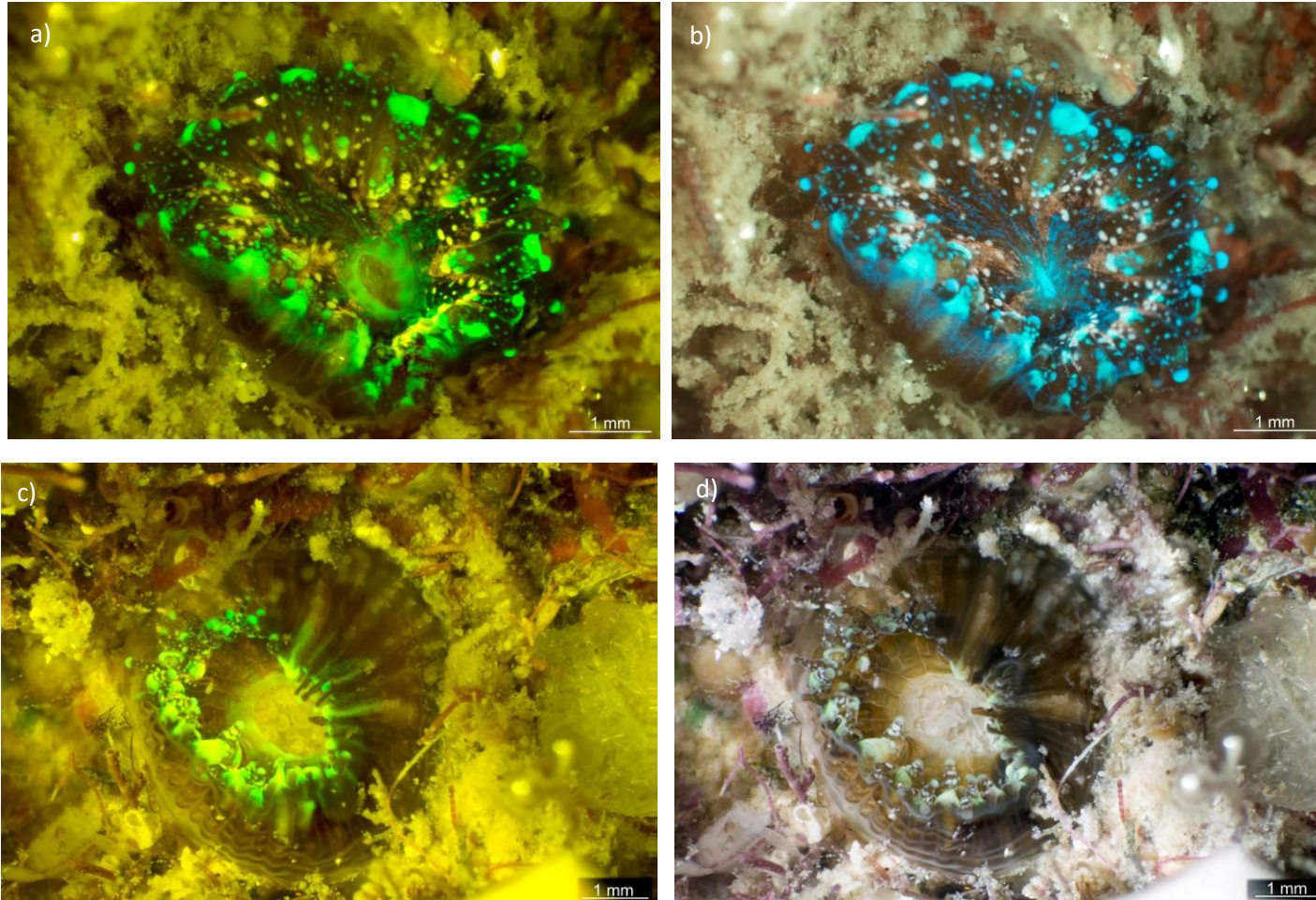
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 30. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X9.



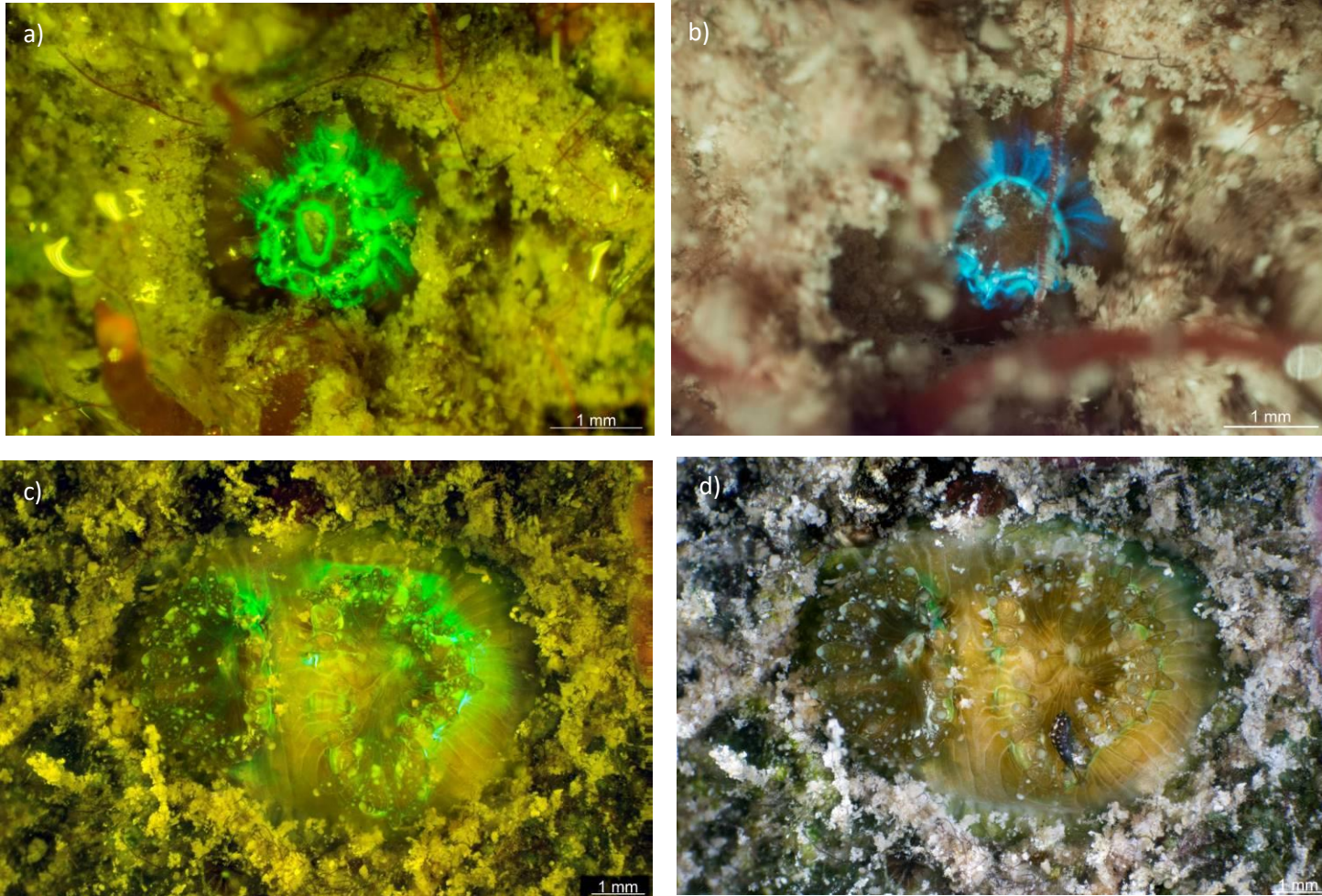
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 31. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X10.



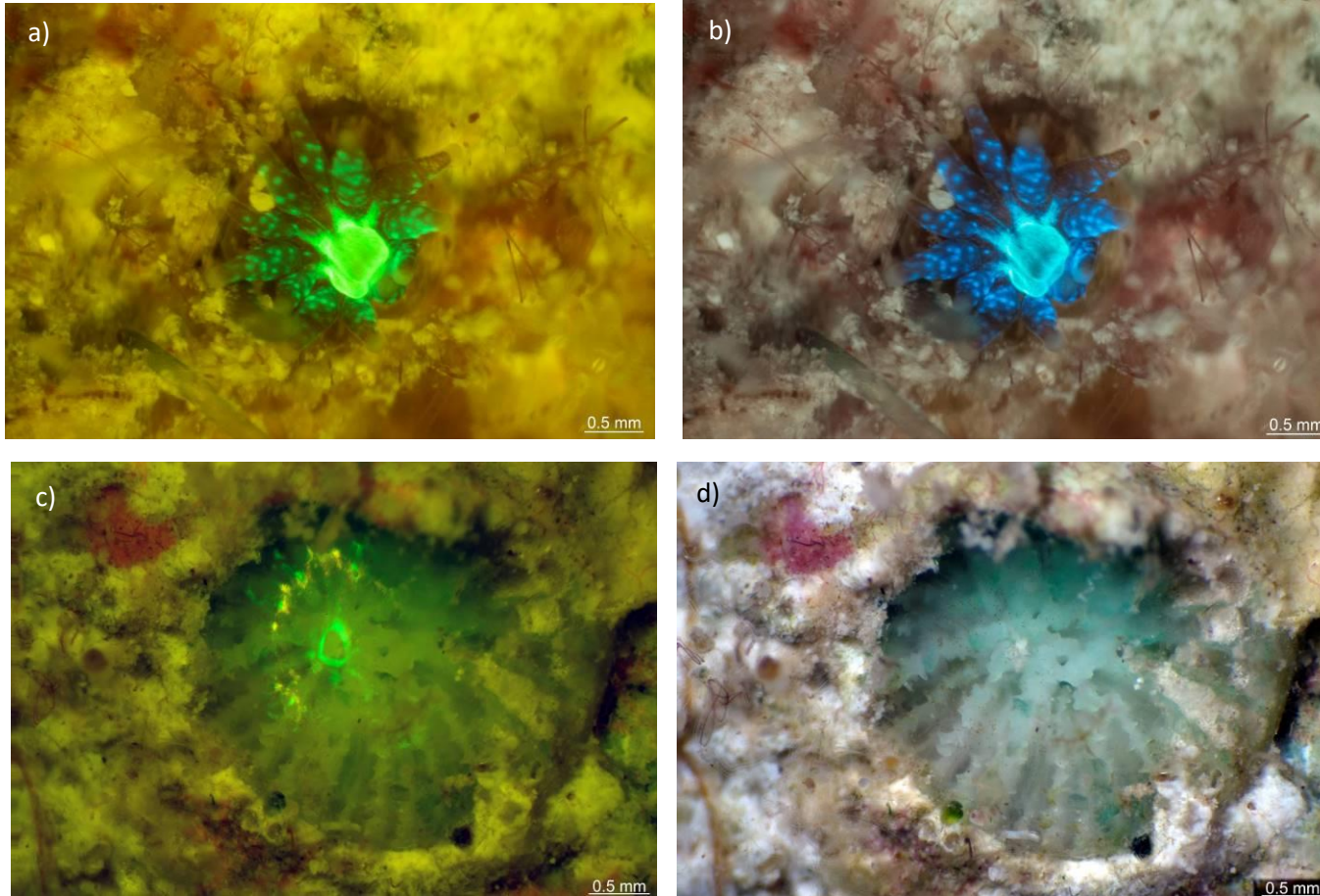
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 32. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X12.



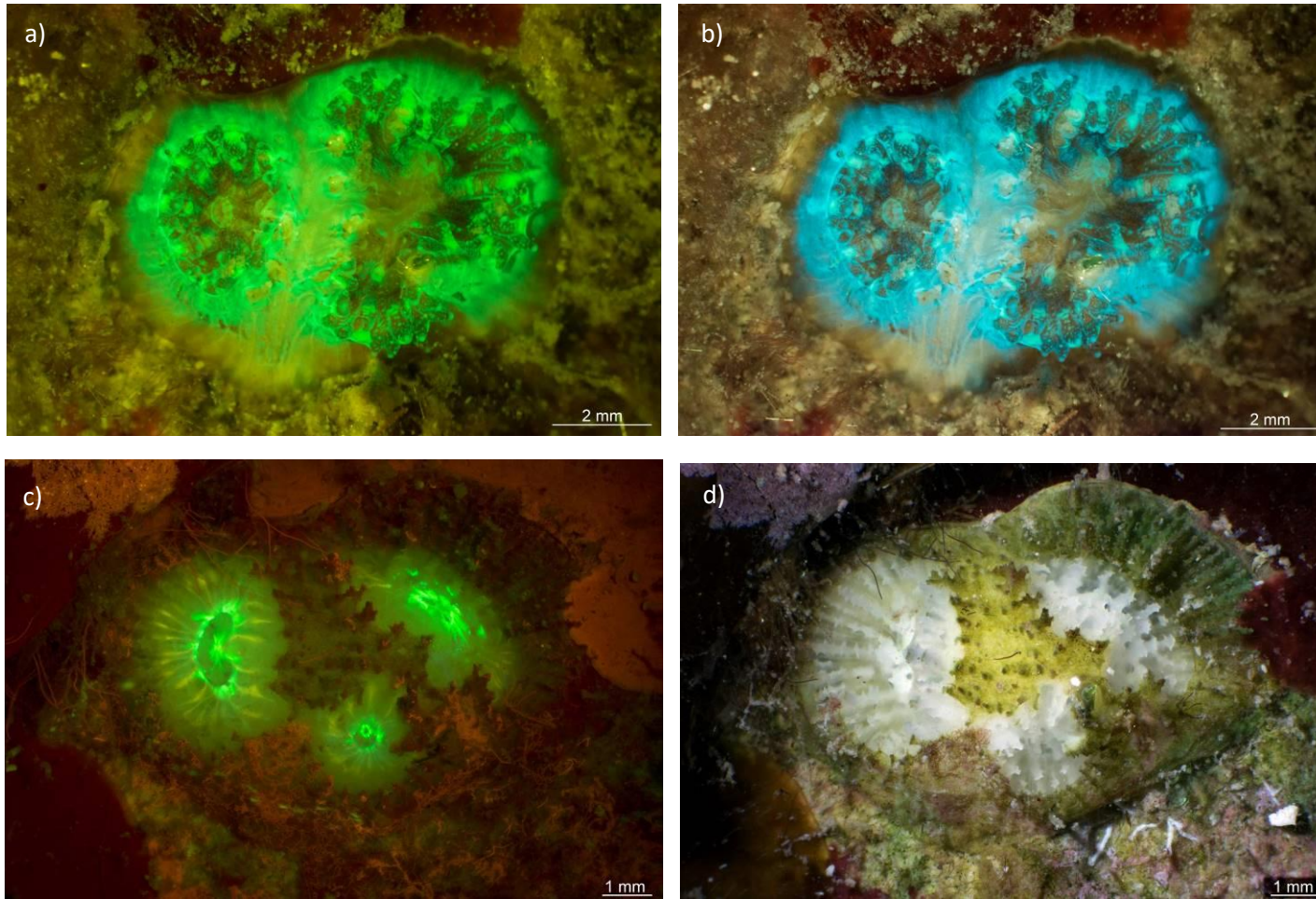
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 33. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X19.



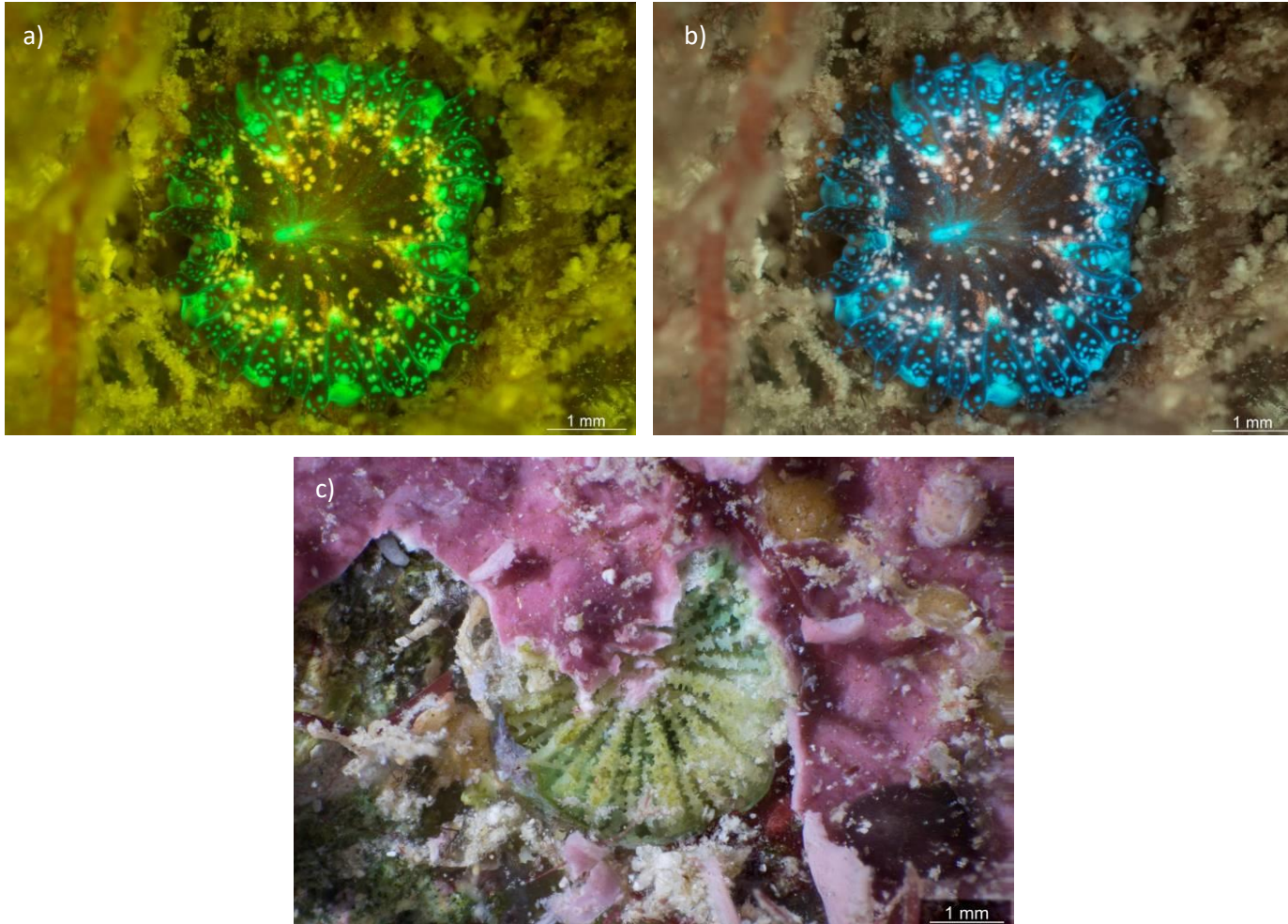
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (d).

Anexo 34. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X19.



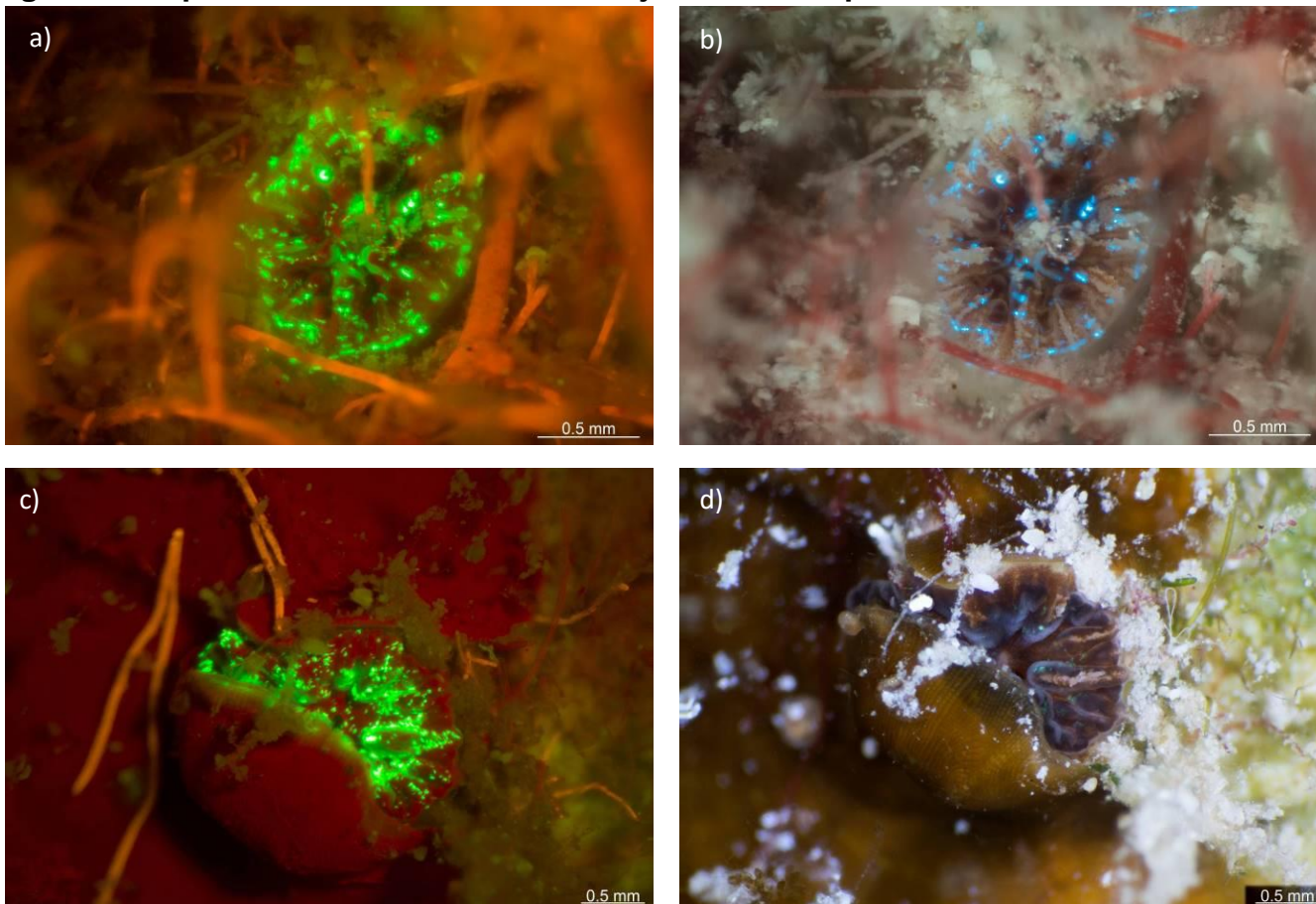
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d). Se puede observar que para el muestreo de nov-17 el recluta presenta recubrimiento casi total por parte de un alga coralina costrosa.

Anexo 35. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X22.



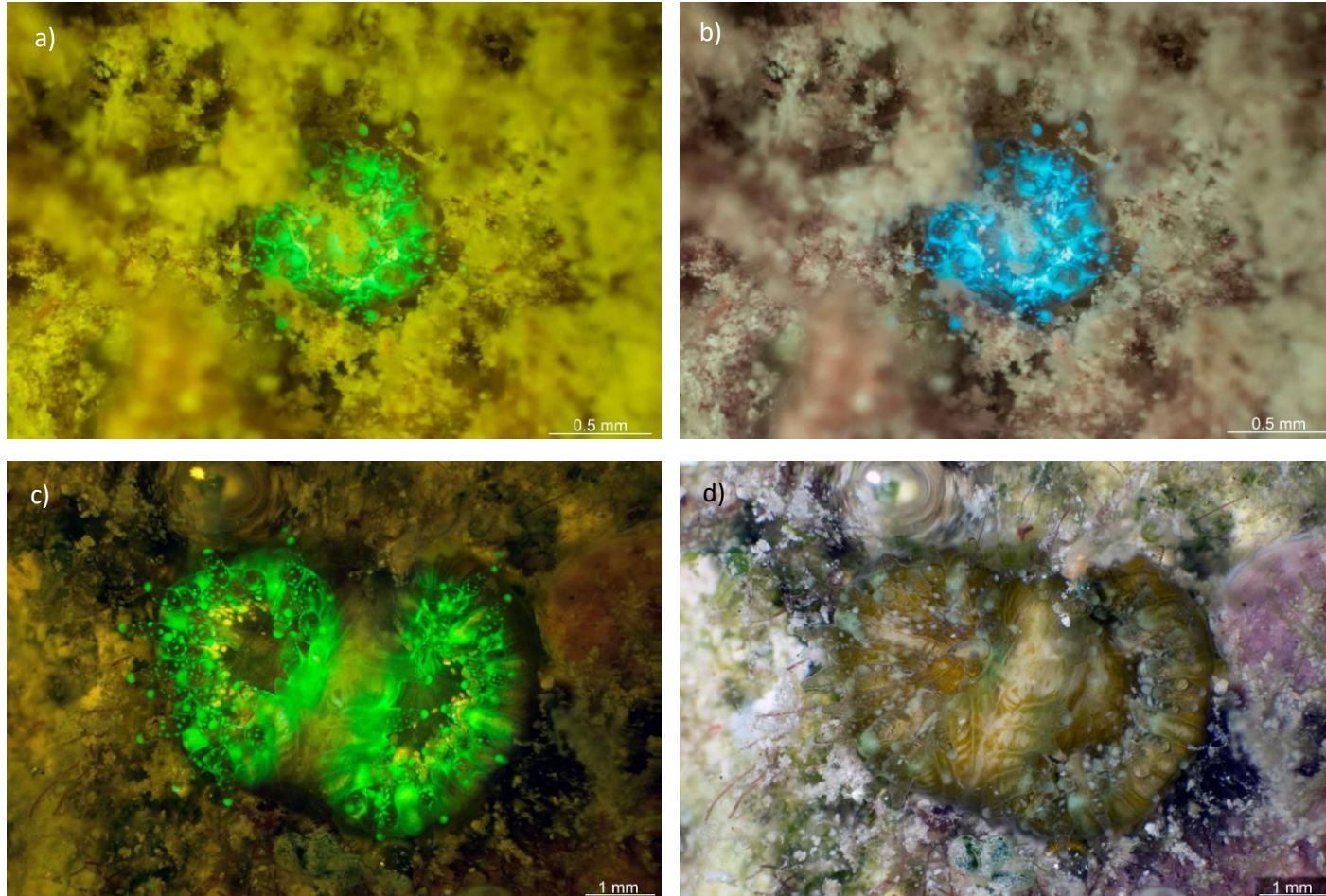
Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual presenta un recubrimiento por alga coralina costrosa, así como una mortalidad casi total para el muestreo de nov-17 (c).

Anexo 36. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X23.



Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d). Se puede observar que para el muestreo de nov-17 el recluta presenta un recubrimiento casi total por parte de un alga carnosa incrustante.

Anexo 37. Imagen correspondiente al recluta de coral fijado sobre la placa X23.



Recluta correspondiente al muestreo de may-17 bajo fluorescencia (a) y una mezcla de luz visible con fluorescencia (b), el cual sobrevivió hasta el muestreo de nov-17 y se puede apreciar bajo fluorescencia (c) y luz visible (d).

Anexo 38. Matriz de correlación de Spearman de la primera temporada de muestreo junto a los valores de p, correspondientes a los datos de la sección inferior de los tres sitios de muestreo (Jardines, Doña Nica y Xahuayxol). Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05.

Variables	AC	ACC	ACI	ACR	AT	E	EC	FC	T	CE
AC	1	0.170	0.090	0.056	-0.276	-0.028	-0.115	0.149	0.096	-0.016
ACC	0.170	1	0.477	0.070	-0.825	-0.117	0.119	0.028	0.118	0.045
ACI	0.090	0.477	1	0.050	-0.576	-0.006	-0.059	-0.141	0.055	0.338
ACR	0.056	0.070	0.050	1	-0.062	-0.074	-0.043	0.368	-0.035	-0.102
AT	-0.276	-0.825	-0.576	-0.062	1	0.076	-0.214	-0.067	-0.041	-0.138
E	-0.028	-0.117	-0.006	-0.074	0.076	1	0.375	-0.010	-0.060	-0.066
EC	-0.115	0.119	-0.059	-0.043	-0.214	0.375	1	-0.074	-0.035	0.055
FC	0.149	0.028	-0.141	0.368	-0.067	-0.010	-0.074	1	-0.060	-0.172
T	0.096	0.118	0.055	-0.035	-0.041	-0.060	-0.035	-0.060	1	0.129
CE	-0.016	0.045	0.338	-0.102	-0.138	-0.066	0.055	-0.172	0.129	1

valores-p (Spearman):

Variables	AC	ACC	ACI	ACR	AT	E	EC	FC	T	CE
AC	0	0.153	0.451	0.638	0.019	0.814	0.337	0.210	0.423	0.893
ACC	0.153	0	< 0.0001	0.558	< 0.0001	0.329	0.318	0.813	0.325	0.708
ACI	0.451	< 0.0001	0	0.677	< 0.0001	0.961	0.623	0.239	0.644	0.004
ACR	0.638	0.558	0.677	0	0.604	0.538	0.716	0.002	0.768	0.395
AT	0.019	< 0.0001	< 0.0001	0.604	0	0.526	0.071	0.573	0.734	0.246
E	0.814	0.329	0.961	0.538	0.526	0	0.001	0.931	0.618	0.582
EC	0.337	0.318	0.623	0.716	0.071	0.001	0	0.538	0.768	0.645
FC	0.210	0.813	0.239	0.002	0.573	0.931	0.538	0	0.618	0.148
T	0.423	0.325	0.644	0.768	0.734	0.618	0.768	0.618	0	0.278
CE	0.893	0.708	0.004	0.395	0.246	0.582	0.645	0.148	0.278	0

Anexo 39. Matriz de correlación de Spearman de la segunda temporada de muestreo junto a los valores de p, correspondientes a los datos de la sección inferior de los tres sitios de muestreo (Jardines, Doña Nica y Xahuayxol). Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05.

Variables	AC	ACC	ACI	ACR	AT	C	E	EC	FC	T	Z	CE
AC	1	0.204	0.021	0.030	0.065	0.037	-0.031	0.164	0.159	-0.153	-0.075	0.204
ACC	0.204	1	0.356	-0.079	-0.090	0.205	0.160	0.029	0.388	0.195	0.182	0.070
ACI	0.021	0.356	1	-0.033	-0.223	-0.010	-0.081	-0.109	0.110	-0.010	-0.081	-0.083
ACR	0.030	-0.079	-0.033	1	0.124	-0.070	0.226	0.087	0.008	0.131	-0.040	0.031
AT	0.065	-0.090	-0.223	0.124	1	0.007	0.141	0.182	0.114	-0.096	-0.051	0.193
C	0.037	0.205	-0.010	-0.070	0.007	1	0.259	-0.059	0.010	-0.052	-0.025	0.135
E	-0.031	0.160	-0.081	0.226	0.141	0.259	1	-0.091	0.088	0.226	0.214	0.001
EC	0.164	0.029	-0.109	0.087	0.182	-0.059	-0.091	1	0.271	-0.068	-0.033	-0.129
FC	0.159	0.388	0.110	0.008	0.114	0.010	0.088	0.271	1	0.051	0.016	0.022
T	-0.153	0.195	-0.010	0.131	-0.096	-0.052	0.226	-0.068	0.051	1	0.496	-0.062
Z	-0.075	0.182	-0.081	-0.040	-0.051	-0.025	0.214	-0.033	0.016	0.496	1	0.088
CE	0.204	0.070	-0.083	0.031	0.193	0.135	0.001	-0.129	0.022	-0.062	0.088	1

valores-p (Spearman):

Variables	AC	ACC	ACI	ACR	AT	C	E	EC	FC	T	Z	CE
AC	0	0.091	0.860	0.807	0.590	0.763	0.800	0.176	0.187	0.206	0.538	0.090
ACC	0.091	0	0.003	0.513	0.460	0.088	0.185	0.811	0.001	0.105	0.131	0.564
ACI	0.860	0.003	0	0.787	0.064	0.933	0.503	0.369	0.364	0.932	0.507	0.495
ACR	0.807	0.513	0.787	0	0.305	0.562	0.060	0.475	0.949	0.280	0.741	0.796
AT	0.590	0.460	0.064	0.305	0	0.951	0.242	0.132	0.345	0.428	0.676	0.108
C	0.763	0.088	0.933	0.562	0.951	0	0.030	0.629	0.934	0.668	0.834	0.264
E	0.800	0.185	0.503	0.060	0.242	0.030	0	0.453	0.466	0.060	0.076	0.995
EC	0.176	0.811	0.369	0.475	0.132	0.629	0.453	0	0.023	0.574	0.784	0.285
FC	0.187	0.001	0.364	0.949	0.345	0.934	0.466	0.023	0	0.676	0.897	0.854

T	0.206	0.105	0.932	0.280	0.428	0.668	0.060	0.574	0.676	0	< 0.0001	0.609
Z	0.538	0.131	0.507	0.741	0.676	0.834	0.076	0.784	0.897	< 0.0001	0	0.466
CE	0.090	0.564	0.495	0.796	0.108	0.264	0.995	0.285	0.854	0.609	0.466	0

Anexo 40. Matriz de correlación de Spearman de la tercera temporada de muestreo junto a los valores de p, correspondientes a los datos de la sección inferior de los tres sitios de muestreo (Jardines, Doña Nica y Xahuayxol). Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05.

Variabes	AC	ACC	ACI	ACR	AT	B	E	EC	FC	G	P	PH	T	Z	OTRO	CE
AC	1	0.143	-0.158	0.042	-0.235	-0.109	-0.018	-0.109	0.019	0.029	0.209	0.144	-0.107	-0.051	0.028	-0.098
ACC	0.143	1	0.063	-0.063	-0.592	0.045	0.015	-0.179	0.069	-0.179	0.028	0.206	0.090	-0.088	-0.141	0.021
ACI	-0.158	0.063	1	0.162	-0.612	0.134	-0.086	-0.176	-0.200	0.110	0.130	-0.194	-0.037	-0.187	-0.225	-0.164
ACR	0.042	-0.063	0.162	1	-0.092	-0.021	0.102	-0.021	-0.211	-0.021	-0.029	-0.021	-0.036	-0.029	-0.057	-0.105
AT	-0.235	-0.592	-0.612	-0.092	1	-0.080	-0.108	0.128	-0.017	-0.134	-0.075	-0.170	0.028	0.183	0.080	0.214
B	-0.109	0.045	0.134	-0.021	-0.080	1	0.094	-0.014	-0.148	-0.014	-0.021	-0.014	-0.025	-0.021	-0.040	-0.143
E	-0.018	0.015	-0.086	0.102	-0.108	0.094	1	0.120	0.015	0.218	0.005	0.068	0.146	0.259	0.212	-0.223
EC	-0.109	-0.179	-0.176	-0.021	0.128	-0.014	0.120	1	0.039	-0.014	-0.021	-0.014	-0.025	-0.021	0.372	-0.143
FC	0.019	0.069	-0.200	-0.211	-0.017	-0.148	0.015	0.039	1	0.154	-0.130	-0.003	-0.061	-0.065	0.029	0.045
G	0.029	-0.179	0.110	-0.021	-0.134	-0.014	0.218	-0.014	0.154	1	-0.021	-0.014	-0.025	-0.021	0.349	-0.143
P	0.209	0.028	0.130	-0.029	-0.075	-0.021	0.005	-0.021	-0.130	-0.021	1	-0.021	-0.036	-0.029	-0.057	0.020
PH	0.144	0.206	-0.194	-0.021	-0.170	-0.014	0.068	-0.014	-0.003	-0.014	-0.021	1	-0.025	-0.021	-0.040	0.124
T	-0.107	0.090	-0.037	-0.036	0.028	-0.025	0.146	-0.025	-0.061	-0.025	-0.036	-0.025	1	0.393	0.151	-0.042
Z	-0.051	-0.088	-0.187	-0.029	0.183	-0.021	0.259	-0.021	-0.065	-0.021	-0.029	-0.021	0.393	1	0.216	0.156
OTRO	0.028	-0.141	-0.225	-0.057	0.080	-0.040	0.212	0.372	0.029	0.349	-0.057	-0.040	0.151	0.216	1	-0.039
CE	-0.098	0.021	-0.164	-0.105	0.214	-0.143	-0.223	-0.143	0.045	-0.143	0.020	0.124	-0.042	0.156	-0.039	1

valores-p (Spearman):

Variabes	AC	ACC	ACI	ACR	AT	B	E	EC	FC	G	P	PH	T	Z	OTRO	CE
AC	0	0.236	0.191	0.732	0.050	0.368	0.882	0.368	0.873	0.812	0.082	0.233	0.377	0.674	0.819	0.421
ACC	0.236	0	0.601	0.606	< 0.0001	0.712	0.903	0.138	0.567	0.138	0.819	0.087	0.460	0.468	0.244	0.861
ACI	0.191	0.601	0	0.179	< 0.0001	0.268	0.478	0.145	0.097	0.363	0.284	0.108	0.761	0.120	0.061	0.173
ACR	0.732	0.606	0.179	0	0.448	0.865	0.400	0.865	0.080	0.865	0.809	0.865	0.765	0.809	0.638	0.386
AT	0.050	< 0.0001	< 0.0001	0.448	0	0.507	0.371	0.290	0.890	0.268	0.535	0.160	0.817	0.130	0.511	0.075

B	0.368	0.712	0.268	0.865	0.507	0	0.437	0.905	0.221	0.905	0.865	0.905	0.834	0.865	0.741	0.238
E	0.882	0.903	0.478	0.400	0.371	0.437	0	0.321	0.901	0.070	0.969	0.574	0.229	0.031	0.078	0.063
EC	0.368	0.138	0.145	0.865	0.290	0.905	0.321	0	0.746	0.905	0.865	0.905	0.834	0.865	0.002	0.238
FC	0.873	0.567	0.097	0.080	0.890	0.221	0.901	0.746	0	0.203	0.282	0.980	0.614	0.592	0.813	0.711
G	0.812	0.138	0.363	0.865	0.268	0.905	0.070	0.905	0.203	0	0.865	0.905	0.834	0.865	0.003	0.238
P	0.082	0.819	0.284	0.809	0.535	0.865	0.969	0.865	0.282	0.865	0	0.865	0.765	0.809	0.638	0.866
PH	0.233	0.087	0.108	0.865	0.160	0.905	0.574	0.905	0.980	0.905	0.865	0	0.834	0.865	0.741	0.304
T	0.377	0.460	0.761	0.765	0.817	0.834	0.229	0.834	0.614	0.834	0.765	0.834	0	0.001	0.212	0.726
Z	0.674	0.468	0.120	0.809	0.130	0.865	0.031	0.865	0.592	0.865	0.809	0.865	0.001	0	0.073	0.198
OTRO	0.819	0.244	0.061	0.638	0.511	0.741	0.078	0.002	0.813	0.003	0.638	0.741	0.212	0.073	0	0.748
CE	0.421	0.861	0.173	0.386	0.075	0.238	0.063	0.238	0.711	0.238	0.866	0.304	0.726	0.198	0.748	0

Anexo 41. Matriz de correlación de Spearman de la primera temporada de muestreo junto a los valores de p, correspondientes a los datos del área circundante de los reclutas coralinos de la sección inferior de los tres sitios de muestreo (Jardines, Doña Nica y Xahuayxol). Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05.

Variables	ACC	ACI	AT	SEDIMENTO	CE
ACC	1	0.234	-0.281	0.013	0.081
ACI	0.234	1	-0.280	-0.049	0.195
AT	-0.281	-0.280	1	-0.306	-0.084
SEDIMENTO	0.013	-0.049	-0.306	1	0.052
CE	0.081	0.195	-0.084	0.052	1

valores-p (Spearman):

Variables	ACC	ACI	AT	SEDIMENTO	CE
ACC	0	0.240	0.156	0.948	0.689
ACI	0.240	0	0.157	0.806	0.329
AT	0.156	0.157	0	0.121	0.676
SEDIMENTO	0.948	0.806	0.121	0	0.796
CE	0.689	0.329	0.676	0.796	0

Anexo 42. Matriz de correlación de Spearman de la segunda temporada de muestreo junto a los valores de p, correspondientes a los datos del área circundante de los reclutas coralinos de la sección inferior de los tres sitios de muestreo (Jardines, Doña Nica y Xahuayxol). Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05.

Variables	AC	ACC	ACI	AT	TP	T	SEDIMENTO	OTRO	CE	CE-CE
AC	1	0.088	0.127	-0.133	-0.019	-0.008	-0.029	-0.012	-0.110	-0.015
ACC	0.088	1	-0.225	-0.638	0.157	0.074	0.223	-0.111	-0.211	-0.035
ACI	0.127	-0.225	1	-0.316	-0.031	-0.088	-0.074	0.028	-0.140	0.057
AT	-0.133	-0.638	-0.316	1	-0.192	-0.062	-0.191	0.044	0.094	0.006
TP	-0.019	0.157	-0.031	-0.192	1	-0.019	-0.066	-0.027	-0.112	-0.033
T	-0.008	0.074	-0.088	-0.062	-0.019	1	-0.029	-0.012	-0.004	-0.015
SEDIMENTO	-0.029	0.223	-0.074	-0.191	-0.066	-0.029	1	-0.041	0.025	-0.051
OTRO	-0.012	-0.111	0.028	0.044	-0.027	-0.012	-0.041	1	-0.093	-0.021
CE	-0.110	-0.211	-0.140	0.094	-0.112	-0.004	0.025	-0.093	1	-0.196
CE-CE	-0.015	-0.035	0.057	0.006	-0.033	-0.015	-0.051	-0.021	-0.196	1

valores-p (Spearman):

Variables	AC	ACC	ACI	AT	TP	T	SEDIMENTO	OTRO	CE	CE-CE
AC	0	0.337	0.165	0.149	0.836	0.927	0.752	0.897	0.232	0.873
ACC	0.337	0	0.014	< 0.0001	0.086	0.422	0.014	0.227	0.021	0.707
ACI	0.165	0.014	0	0.000	0.736	0.337	0.421	0.761	0.128	0.539
AT	0.149	< 0.0001	0.000	0	0.036	0.498	0.037	0.633	0.308	0.951
TP	0.836	0.086	0.736	0.036	0	0.836	0.473	0.768	0.224	0.717
T	0.927	0.422	0.337	0.498	0.836	0	0.752	0.897	0.966	0.873
SEDIMENTO	0.752	0.014	0.421	0.037	0.473	0.752	0	0.654	0.784	0.581
OTRO	0.897	0.227	0.761	0.633	0.768	0.897	0.654	0	0.314	0.821
CE	0.232	0.021	0.128	0.308	0.224	0.966	0.784	0.314	0	0.032
CE-CE	0.873	0.707	0.539	0.951	0.717	0.873	0.581	0.821	0.032	0

Anexo 43. Matriz de correlación de Spearman de la tercera temporada de muestreo junto a los valores de p, correspondientes a los datos del área circundante de los reclutas coralinos de la sección inferior de los tres sitios de muestreo (Jardines, Doña Nica y Xahuayxol). Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación $\alpha=0.05$.

Variables	AC	ACC	ACI	AT	B	EC	FC	P	TP	SEDIMENTO	OTRO	CE	CE-CE
AC	1	-0.037	-0.139	-0.140	-0.020	-0.020	-0.045	-0.020	-0.078	-0.028	-0.028	-0.018	-0.050
ACC	-0.037	1	-0.495	-0.466	-0.088	0.013	-0.034	-0.099	0.131	-0.086	-0.035	-0.272	-0.138
ACI	-0.139	-0.495	1	-0.128	0.124	-0.061	0.041	0.121	-0.109	0.171	0.147	-0.101	0.106
AT	-0.140	-0.466	-0.128	1	-0.090	0.063	-0.154	-0.090	-0.101	0.018	-0.128	0.046	0.100
B	-0.020	-0.088	0.124	-0.090	1	-0.009	-0.020	-0.009	-0.034	-0.012	-0.012	0.004	-0.022
EC	-0.020	0.013	-0.061	0.063	-0.009	1	-0.020	-0.009	-0.034	-0.012	-0.012	0.082	-0.022
FC	-0.045	-0.034	0.041	-0.154	-0.020	-0.020	1	-0.020	0.037	-0.028	-0.028	-0.159	-0.050
P	-0.020	-0.099	0.121	-0.090	-0.009	-0.009	-0.020	1	-0.034	-0.012	-0.012	0.155	-0.022
TP	-0.078	0.131	-0.109	-0.101	-0.034	-0.034	0.037	-0.034	1	-0.049	-0.049	-0.013	-0.086
SEDIMENTO	-0.028	-0.086	0.171	0.018	-0.012	-0.012	-0.028	-0.012	-0.049	1	-0.018	-0.110	0.258
OTRO	-0.028	-0.035	0.147	-0.128	-0.012	-0.012	-0.028	-0.012	-0.049	-0.018	1	0.100	-0.031
CE	-0.018	-0.272	-0.101	0.046	0.004	0.082	-0.159	0.155	-0.013	-0.110	0.100	1	-0.193
CE-CE	-0.050	-0.138	0.106	0.100	-0.022	-0.022	-0.050	-0.022	-0.086	0.258	-0.031	-0.193	1

valores-p (Spearman):

Variables	AC	ACC	ACI	AT	B	EC	FC	P	TP	SEDIMENTO	OTRO	CE	CE-CE
AC	0	0.692	0.136	0.133	0.833	0.833	0.631	0.833	0.402	0.764	0.764	0.846	0.597
ACC	0.692	0	< 0.0001	< 0.0001	0.348	0.894	0.714	0.290	0.162	0.360	0.707	0.003	0.139
ACI	0.136	< 0.0001	0	0.169	0.185	0.514	0.659	0.197	0.244	0.066	0.115	0.282	0.256
AT	0.133	< 0.0001	0.169	0	0.337	0.499	0.098	0.337	0.280	0.848	0.172	0.625	0.285
B	0.833	0.348	0.185	0.337	0	0.926	0.833	0.926	0.713	0.895	0.895	0.964	0.816

EC	0.833	0.894	0.514	0.499	0.926	0	0.833	0.926	0.713	0.895	0.895	0.380	0.816
FC	0.631	0.714	0.659	0.098	0.833	0.833	0	0.833	0.692	0.764	0.764	0.088	0.597
P	0.833	0.290	0.197	0.337	0.926	0.926	0.833	0	0.713	0.895	0.895	0.098	0.816
TP	0.402	0.162	0.244	0.280	0.713	0.713	0.692	0.713	0	0.601	0.601	0.890	0.357
SEDIMENTO	0.764	0.360	0.066	0.848	0.895	0.895	0.764	0.895	0.601	0	0.852	0.239	0.005
OTRO	0.764	0.707	0.115	0.172	0.895	0.895	0.764	0.895	0.601	0.852	0	0.283	0.741
CE	0.846	0.003	0.282	0.625	0.964	0.380	0.088	0.098	0.890	0.239	0.283	0	0.039
CE-CE	0.597	0.139	0.256	0.285	0.816	0.816	0.597	0.816	0.357	0.005	0.741	0.039	0
