



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



**CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS DE CONTACTO ENTRE**  
***Palythoa* Y SUS COHABITANTES SÉSILES DEPENDIENTES DE**  
**SUSTRATOS DUROS, EN UNA PLATAFORMA ARRECIFAL DE**  
**ISLA LARGA, PARQUE NACIONAL SAN ESTEBAN,**  
**CARABOBO, VENEZUELA.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo,  
por la Bachiller **María Fernanda González Pacheco**  
como requisito parcial para optar al título de  
Licenciado en Biología.

**Tutor:** Prof. Mario E. Palacios Cáceres

Bárbula, mayo del 2015



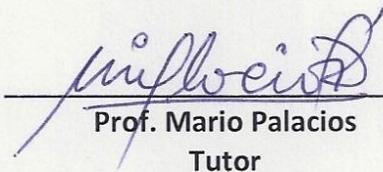
UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



ACTA

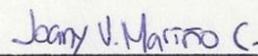
Mediante la presente se deja constancia que la **Br. María Fernanda González**, Cédula de Identidad N° 19.062.335, presentó ante el Jurado aprobado por el Consejo de Departamento de Biología de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología (FACYT), de la Universidad de Carabobo, su Trabajo Especial de Grado (T.E.G.), titulado: “**Caracterización de las zonas de contacto entre *Palythoa* y sus cohabitantes sésiles dependientes de sustratos duros, en una plataforma arrecifal de Isla Larga, Parque Nacional San Esteban, Carabobo, Venezuela**”, en concordancia con los artículos 16, 17, 18 y 19 de las Normas de Interés Estudiantil. El jurado evaluador consideró que, luego de haber aprobado dicho trabajo el (la) bachiller cumple con los méritos académicos necesarios para obtener el Título de Licenciado en Biología.

En Valencia, a los 08 días del mes de Mayo del año dos mil 2015.

  
Prof. Mario Palacios  
Tutor

  
Prof. Carmen T. Rodríguez  
Jurado Principal



  
Lcda. Joany Mariño C.  
Jurado Principal

## **Agradecimientos**

Quiero agradecerte mi Dios por las cosas buenas y malas de la vida, por la fortuna de vivir hoy y ser feliz. También te agradezco señor por la oportunidad que me das de aprender y de mejorar con cada caída. Gracias por la familia y amigos que tengo y finalmente por ampararme siempre.

A mis padres: Hila Pacheco y Alexis González a quienes les debo todo, desde la vida hasta quien soy ahora, Los amo y agradezco inmensamente.

Agradezco también a mis demás familiares que me han apoyado todos estos años, pero muy especialmente a mis tíos y tías: Roger, Romer, Marion y Thais. Quienes desde pequeña me han apoyado en todos los proyectos que alguna vez emprendí.

A mi hermano mayor Alfredo José González Alvarado quien fue un ejemplo para mí desde mis primeros pasos hasta sus últimos días. Que Dios te tenga en su gloria hermanito.

A meche, quien fue mi maestra y mi abuela. Siguiéndome siempre con avidez priorizando mi bienestar y salud. Quien fue en vida una mujer fuerte y gallarda. Abuela te agradezco todas tus lecciones.

A la Universidad de Carabobo, mi alma mater por abrirme sus puertas y formarme como Licenciada de Biología de la Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología.

A mis queridos profesores y profesoras del departamento de Biología, quienes no solo me formaron como profesional sino que además desde mis primeros años me han hecho sentir como parte de una gran familia de la cual me puedo sentir orgullosa.

Muy especialmente le agradezco a mi tutor el Profesor Mario Palacios a quien no solo le agradezco todo el conocimiento que me brindo desde el momento que inicie la carrera, sino también su calidad de persona con la cual se ha ganado mi admiración, respeto, simpatía y cariño así como la de muchos de mis compañeros.

Mis compañeras de residencia, hermanas y amigas: Disleydis Petit y Rossmery Tovar. No existe un libro donde pueda expresar lo significativo que fueron esos años que viví con ustedes, más que mis mejores amigas son mis hermanas, les debo un mundo loquillas.

También agradezco a Vincenzo Storaci y Adrian Villaroel quienes me brindaron su tiempo, conocimiento y experiencia para poder llevar acabo los cortes histológicos requeridos en la parte de ultraestructura comprendida en el trabajo especial de grado.

Agradezco también todos mis compañeros de estudio que hicieron cada día tan divertido pero muy especialmente a Marian, Trina, Edixon, Joeli, (Ana)<sup>2</sup>, Alexandra, Jony, Adrián, Gabriel, María E. y Abimel.

Finalmente agradezco a mi Grupo Scout Eligio Vargas Ochoa, En especial a Johan Galindez, con quien no solo compartí en este movimiento sino también me acompañó durante mi tiempo universitario. A mis Scouters Ana Loewenthal y Mauricio Lorenzo, a todos aquellos que compartieron conmigo en el Clan Polaris y a mis niños de la manada con quienes comparto cada sábado.

## RESUMEN

Los anthozoos son cnidarios sin fase de medusa en su ciclo vital, permaneciendo en forma de pólipo toda su vida. Este grupo incluye las anémonas, los corales y las plumas de mar entre otros, con más de 6.000 especies todas marinas. *Palythoa* es un género de zoantídeos con una alta tasa de crecimiento, tolerancia y carga química que lo convierten en excelentes competidores. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la respuesta macroscópica y a nivel microscópico de *Palythoa caribaeorum* al entrar en contacto con sus cohabitantes sésiles en una plataforma arrecifal de Isla Larga, Parque Nacional San Esteban. Se muestrearon colonias de *P. caribaeorum* encontradas en 8 transectas perpendiculares a la costa. Identificados los puntos de contacto de cada colonia con alguno de sus cohabitantes sésiles, se tomaron fotografías y muestras de tejido para análisis microscópico. También se incluyeron áreas alejadas del punto de contacto y la zona más central de cada colonia. Se contabilizaron 180 puntos de contacto, siendo más frecuentes las interacciones con la misma especie y con macroalgas. Los pólipos solo mostraron una afectación significativa con *Stichodactyla helianthus*, *Ircinia felix* y en menor medida con *Amphimedon erina*. *P. caribaeorum* interactúa con casi cualquier otro invertebrado sésil de la plataforma sin virtualmente ningún efecto perceptible, señalándola como un posible competidor óptimo del arrecife. Es posible que sea vulnerado solo por especies cuya frecuencia de encuentro es comúnmente baja, con posibles implicaciones respecto al tiempo evolutivo para lograr su adaptación a la interacción.

## ÍNDICE

Índice de Figuras.....	9
Índice de Anexos.....	16
Introducción.....	23
Antecedentes.....	29
Planteamiento del Problema.....	33
Justificación.....	34
Objetivos General.....	36
<b>Objetivos Específicos</b> .....	36
Área de Estudio.....	37
Marco Legal.....	40
Materiales y Métodos.....	41
Diseño de Muestreo.....	41
<b>Trabajo de Campo:</b> .....	41
<b>Trabajo de Laboratorio</b> .....	44
<b>Análisis de las Muestras:</b> .....	47

Resultados.....	49
Comparación de las Zonas de Interacción.....	56
<b>Inte racción <i>P. caribaeorum</i> - <i>P. caribaeorum</i>.....</b>	<b>57</b>
<b>Inte racción con macroalgas.....</b>	<b>62</b>
<b>Inte racción con <i>Millepora.sp</i> .....</b>	<b>69</b>
<b>Inte racción con <i>Zoanthus.sp</i>.....</b>	<b>77</b>
<b>Inte racción con <i>Amphimedon erina</i> .....</b>	<b>82</b>
<b>Inte racción con <i>Erythropodium caribaeorum</i> .....</b>	<b>87</b>
<b>Inte racción con <i>Ircinia felix</i>.....</b>	<b>92</b>
<b>Inte racción con <i>Stichodactyla helianthus</i> .....</b>	<b>97</b>
Ultraestructura .....	102
Discusión .....	105
Conclusiones.....	116
Recomendaciones: .....	118
Bibliografía .....	119
ANEXOS .....	130
<b>Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los distintos puntos de interacción con colonias <i>P. caribaeorum</i>.....</b>	<b>131</b>

<b>Matriz de correlaciones, aplicado a los distintos puntos de interacción de <i>P. caribaeorum</i>.....</b>	<b>135</b>
<b>KMO y prueba de Bartlett, aplicado a los pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con algunos de los organismos estudiados. ....</b>	<b>138</b>
<b>Resultados del Análisis de Componentes Principales aplicado a los distintos puntos de interacción.....</b>	<b>140</b>
<b>Matriz de Componentes.....</b>	<b>146</b>
<b>Historial de conglomeración .....</b>	<b>149</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte longitudinal de un cnidario de la clase Anthozoa (A). En detalle corte transversal a la altura de la boca (B). (Tomado de Menéndez y Lorenzo, 2005). .....	24
Figura 2. A: representación de <i>P. caribaeorum</i> (tomada de Varela <i>et al.</i> , 2012); B: fotografía de una colonia de <i>P. caribaeorum</i> .....	27
Figura 3. A: representación de <i>S. helianthus</i> (tomada de Agudo 1987); B: fotografía de <i>S. helianthus</i> .....	32
Figura 4. Ubicación y límite del Parque Nacional San Esteban (Parkswatch, 2004). .....	38
Figura 5. Imagen satelital de Isla Larga (tomado de Google Earth). .....	38
Figura 6. Imagen satelital de Isla Larga y la plataforma arrecifal muestreada (tomado de Google Earth).....	39
Figura 7. Representación de una colonia de <i>Palythoa caribaeorum</i> (extraída de Varela <i>et al.</i> , 2002); B: esquema del corte aplicado a un pólipo (línea anaranjada) para su uso en el análisis ultraestructural. ....	44
Figura 8. Ejemplo del método empleado para estimar las variables perímetro, largo, ancho y área por medio del programa ImagenJ.....	47
Figura 9. Morfotipos 1 y 2 de <i>P. caribaeorum</i> observados en la plataforma en estudio. La Figura “A” muestra los pólipos de ambas colonias en contacto y abiertos, mientras la Figura “B” muestra como es la contracción en ambos morfotipos. ....	51

Figura 10. Cortes longitudinales de los morfotipos de <i>P. caribaeorum</i> observados en la plataforma. A: muestra la estructura interna. B: Apariencia externas de los morfotipos. ....	51
Figura 11 . Representación del porcentaje de <i>P. caribaeorum</i> a lo largo de las transectas. .	54
Figura 12. Representación del porcentaje de especies con las cuales se encontraron interactuando las colonias de <i>P. caribaeorum</i> a lo largo de las transectas. ....	54
Figura 13. Porcentaje de interacciones más representativas para cada una de las transectas. ....	55
Figura 14. Número de individuos de las distintas especies que entraron en contacto con <i>P. caribaeorum</i> respecto a la distancia desde la zona supralitoral hasta donde fue encontrado el punto de interacción.....	56
Figura 15. Punto de contacto entre <i>P. caribaeorum</i> y <i>P. caribaeorum</i> . A: Corte longitudinal de la parte más externa de la colonia que entró en contacto con la otra colonia. B: Corte longitudinal de la parte central. ....	59
Figura 16. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2. ....	59
Figura 17. Biplot del Análisis Componentes Principales en pólipos de <i>P. caribaeorum</i> que entraron en contacto con su misma especie (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), y pólipos del centro de las colonias (Central: ○). ....	60
Figura 18. Análisis de Cluster aplicado a colonias de <i>P. caribaeorum</i> que mantenían contacto con su misma especie. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central). ....	61

Figura 19. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado.....	62
Figura 20. Punto de contacto entre <i>P. caribaeorum</i> y macroalgas. A: Corte longitudinal de la parte más externa de la colonia que entró en contacto con macroalgas. B: Corte longitudinal de la parte central de la colonia. ....	63
Figura 21. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2. ....	65
Figura 22 . Biplot del Análisis de Componentes principales en pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con grupos de macroalgas (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■)en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○). ....	65
Figura 23. Análisis de Cluster aplicado a colonias de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con agrupaciones de macroalgas. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central) .....	67
Figura 24. Gráfico de dispersiones factoriales, método extracción componentes principales en un espacio rotado. ....	68
Figura 25. Punto de contacto entre <i>P. caribaeorum</i> y <i>Millepora.sp.</i> A: corte Longitudinal de la parte más externa de la colonia que entro en contacto el género <i>Millepora.sp.</i> B: corte longitudinal de la parte central de la colonia. ....	69
Figura 26. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2. ....	70
Figura 27. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>Millepora complanata</i> (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○). ....	70

Figura 28. Análisis de Cluster aplicado a colonias de <i>P. caribaeorum</i> que mantenían contacto con <i>M. complanata</i> . Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central). .....	71
Figura 29. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado. ....	72
Figura 30. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>M. alicornis</i> (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○). ....	73
Figura 31. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2. ....	74
Figura 32 Análisis de Cluster aplicado a colonias de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>M. alicornis</i> . Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central). ....	75
Figura 33. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado. ....	76
Figura 34. Punto de contacto entre <i>P. caribaeorum</i> y <i>Zoanthus sp.</i> A: corte Longitudinal de la parte más externa de la colonia que entro en contacto el género <i>Zoanthus sp.</i> . B: corte longitudinal de la parte central de la colonia. ....	77
Figura 35. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2. ....	78
Figura 36. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto <i>Zoanthus sp</i> (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○). ....	79

Figura 37 Análisis de Cluster aplicado a colonias de <i>P. caribaeorum</i> que mantenían contacto con <i>Zoanthus</i> sp. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central) .....	80
Figura 38. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado. ....	81
Figura 39. Punto de contacto entre <i>P. caribaeorum</i> y <i>A. erina</i> . A: corte Longitudinal de la parte más externa de la colonia que entro en contacto el género <i>A. erina</i> B: corte longitudinal de la parte central de la colonia. ....	82
Figura 40 . A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2. ....	83
Figura 41 Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>A. erina</i> (Externa: .....	84
Figura 42 Análisis de Cluster aplicado a colonias de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>A. erina</i> . Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Medios), pólipos de la parte central de la colonia (Central).....	85
Figura 43. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado. ....	86
Figura 44. Punto de contacto entre <i>P. caribaeorum</i> y <i>E. caribaerum</i> . A: corte longitudinal de la parte más externa de la colonia en contacto con <i>E. caribaeorum</i> . B: corte longitudinal de la parte central de la colonia. ....	87
Figura 45. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2. ....	88

Figura 46. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *E. caribaeorum* (Externa: +), Pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○). ..... 89

Figura 47. Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* que mantenían contacto con *E. caribaeorum*. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central) ..... 90

Figura 48. Gráfico de dispersiones factoriales, usando método extracción componentes principales en un espacio rotado. .... 91

Figura 49. Punto de contacto entre *P. caribaeorum* e *I. felix* s. A: corte longitudinal de la parte más externa de la colonia. B: corte longitudinal de la parte central de la colonia..... 92

Figura 50. Figura A: Componente Principal 1, Figura B: Componente Principal 2..... 93

Figura 51. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *I. felix* (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○). ..... 94

Figura 52. Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* en contacto con *I. felix*. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central)..... 95

Figura 53. Gráfico de dispersiones factoriales, método extracción componentes principales en un espacio rotado. .... 96

Figura 54. Punto de contacto entre *P. caribaeorum* y *I. Felix*. A: Longitudinal de la parte más externa de la colonia que entro en contacto con *S. helianthus*. B: longitudinal de la parte central de la colonia. .... 97

Figura 55. Figura A: Componente Principal 1, Figura B: Componente Principal 2. .... 98

Figura 56. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *S. helianthus* (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ▪), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○). .... 99

Figura 57. Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaerum* en contacto con *S. helianthus*. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central)..... 100

Figura 58. Gráfico de dispersiones factoriales, método extracción componentes principales en un espacio rotado. .... 101

Figura 59. Corte longitudinal completo de colonias de *P. caribaeorum*. A: 20x. B: 6x. C: muestra sin tinción, 25x. .... 102

Figura 61. Prueba de Bartlet en gráfico de cajas y bigotes aplicado al análisis del septum de cada uno de los grupos representado. .... 104

## ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla A- 1 Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con <i>P. caribaeorum</i> . .....	131
Tabla A- 2 Estadísticos descriptivos obtenido del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con macroalgas. ....	131
Tabla A- 3 Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con <i>S. helianthus</i> . ....	134
Tabla A- 4 Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con <i>M. complanata</i> . ....	131
Tabla A- 5 Estadísticos descriptivos obtenido del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con <i>M. alcornis</i> . ....	132
Tabla A- 6 Estadísticos descriptivos obtenido del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con <i>Zoanthus.sp.</i> .....	132
Tabla A- 7 Estadísticos descriptivos obtenido del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con <i>A. erina</i> . ....	133
Tabla A- 8 Estadísticos descriptivos obtenido del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con <i>E. caribaeorum</i> . ....	133
Tabla A- 9 Estadísticos descriptivos obtenido del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con <i>I. felix</i> . ....	134

Tabla B- 1 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con <i>P. caribaeorum</i> .....	135
Tabla B- 2 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con macroalgas. .....	135
Tabla B- 3 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con <i>S. helianthus</i> . .....	137
Tabla B- 4 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con <i>M. complanata</i> . ....	135
Tabla B- 5 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con <i>M. alcornis</i> . .....	136
Tabla B- 6 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con <i>Zoanthus.sp.</i> .....	136
Tabla B- 7 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con <i>A. erina</i> . ....	136
Tabla B- 8 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con <i>E. caribaeorum</i> .....	137
Tabla B- 9 Matriz de correlaciones, aplicado a los puntos de interacción con <i>I. felix</i> .....	137
Tabla C- 1 KMO y prueba de Bartlett, aplicado a los puntos de interacción con <i>P. caribaeorum</i> .....	138

Tabla C- 2 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con macroalgas. .....	138
Tabla C- 3 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con <i>S. helianthus</i> . .....	139
Tabla C- 4 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con <i>M. complanata</i> . .....	138
Tabla C- 5 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con <i>M. alcicornis</i> . .....	138
Tabla C- 6 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con <i>Zoanthus.sp.</i> .....	138
Tabla C- 7 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con <i>A. erina</i> . .....	139
Tabla C- 8 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con <i>E. caribaeorum</i> . .....	139
Tabla C- 9 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con <i>I. felix</i> . .....	139
Tabla D- 1 Resultados del Análisis de componente principales y Varianza total explicada aplicado a los puntos de interacción de <i>P. caribaeorum</i> con pólipos de la misma especie. .....	140
Tabla D- 2 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con macroalgas. ....	140

Tabla D- 3 Resultados del Análisis de componente principales y Varianza total explicada aplicado a los puntos de interacción con pólipos de <i>S.helianthus</i> .....	142
Tabla D- 4 Varianza total explicada para los pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>M. complanata</i> .....	140
Tabla D- 5 Varianza total explicada para los pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>M. alcicornis</i> . .....	141
Tabla D- 6 Varianza total explicada para los pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>Zoanthus.sp</i> .....	141
Tabla D- 7 Varianza total explicada para los pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>A. erina</i> . .....	141
Tabla D- 8 Varianza total explicada para los pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>E. caribaeorum</i> .....	142
Tabla D- 9 Varianza total explicada para los pólipos de <i>P. caribaeorum</i> en contacto con <i>I. felix</i> . .....	142
Tabla E- 1 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con <i>P. caribaeorum</i> . .....	143
Tabla E- 2 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con macroalgas. ....	143

Tabla E- 3 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con <i>S. helianthus</i> . .....	145
Tabla E- 4 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con <i>M. complanata</i> .....	144
Tabla E- 5 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con <i>M. alcicornis</i> . .....	144
Tabla E- 6 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con <i>Zoanthus.sp</i> .....	144
Tabla E- 7 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con <i>A. erina</i> . .....	144
Tabla E- 8 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con <i>E. caribaeorum</i> .....	145
Tabla E- 9 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con <i>I. felix</i> .....	145
Tabla F- 1 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con <i>P. caribaeorum</i> . .....	146
Tabla F- 2matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con macroalgas. ....	146

Tabla F- 3 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con <i>S. helianthus</i> .....	148
Tabla F- 4 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con <i>M. complanata</i> .....	146
Tabla F- 5 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con <i>M. alcornis</i> .....	147
Tabla F- 6 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con <i>Zoanthus.sp.</i> .....	147
Tabla F- 7 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con <i>A. erina</i> .....	147
Tabla F- 8 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con <i>E. caribaeorum</i> .....	147
Tabla F- 9 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con <i>I. felix</i> .....	148
Tabla G- 1 Historial de Conglomeración, pólipos en contacto con <i>P. caribaeorum</i> .....	149
Tabla G- 2 Historial de Conglomeración, En contacto con macroalgas, .....	150
Tabla G- 3 Historial de Conglomeración, En contacto con <i>S. helianthus</i> .....	158
Tabla G- 4 Historial de conglomeración, En contacto con <i>M. complanata</i> .....	152

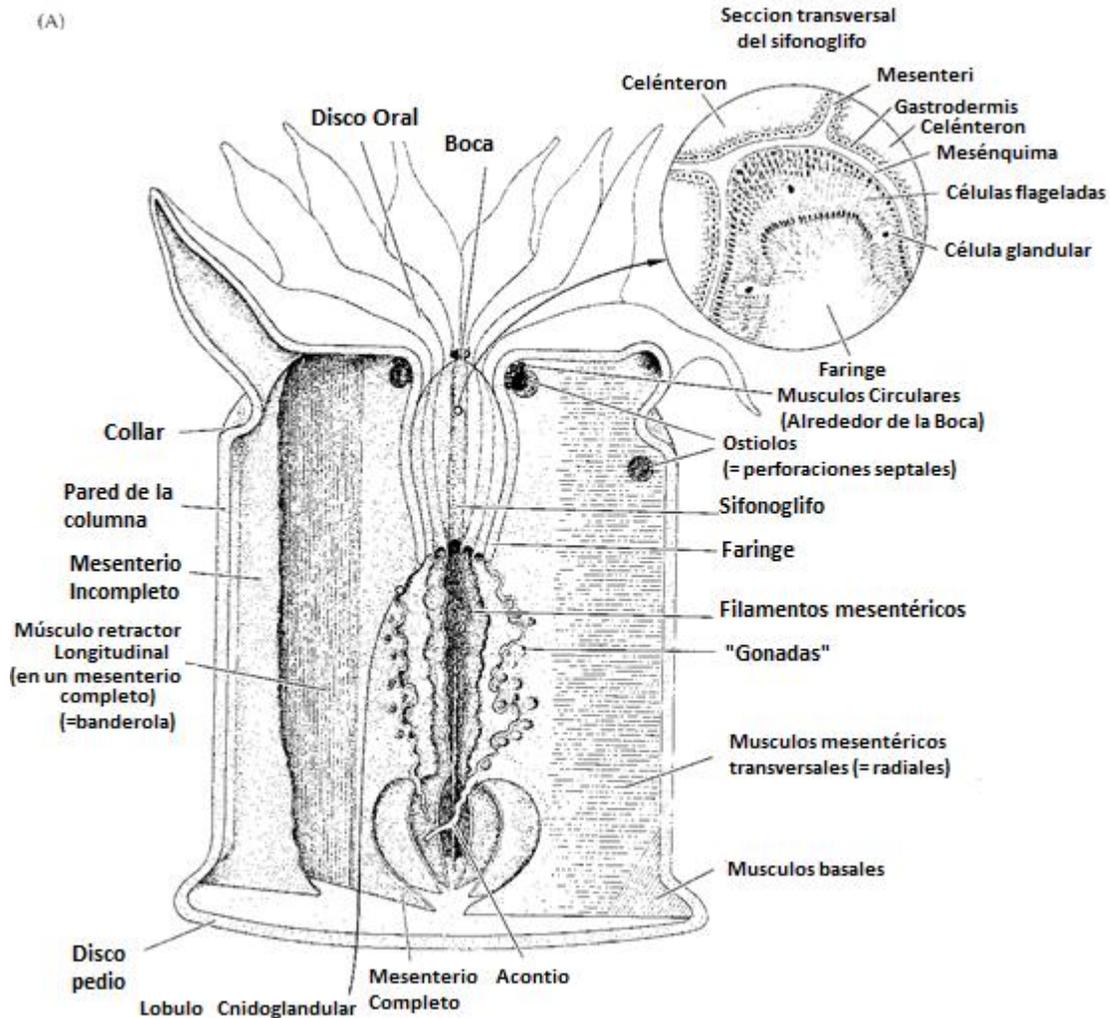
Tabla G- 5 Historial de Conglomeración, En contacto con <i>M. alcornis</i> .....	153
Tabla G- 6 Historial de conglomeración, En contacto con <i>Zoanthus</i> sp. ....	154
Tabla G- 7 Historial de conglomeración, En contacto con <i>A. erina</i> . ....	155
Tabla G- 8 7 Historial de conglomeración, En contacto con <i>E. caribaeorum</i> .....	156
Tabla G- 9 Historial de conglomeración, En contacto con <i>I. felix</i> .....	157

## INTRODUCCIÓN

Las anémonas, los corales, y las plumas de mar, entre otros, pertenecen a la clase Anthozoa, ubicada en el phylum Cnidaria, los cuales carecen de fase de medusa en su ciclo vital, estando siempre en forma de pólipo. Este grupo contiene más de 6.000 especies, todas marinas y muchas de ellas coloniales. En estos casos todos sus pólipos se encuentran conectados, con transferencia de nutrientes entre ellos y un patrón de crecimiento determinado. Frecuentemente, al crecer estas colonias secretan carbonato de calcio, formando esqueletos calizos sobre los que se fijan los pólipos, como ocurre con los corales duros. Muchas de sus especies contienen algas unicelulares dentro de sus tejidos, de forma que combinan la alimentación por depredación con la fotosíntesis (Mille, 2008).

La boca está ubicada en el disco oral y conduce a una faringe muscular que se prolonga hacia el interior del celenterón o cavidad gastrovascular, el cual actúa tanto en la circulación como en la digestión y distribución de los nutrientes. En los antozoos el celenterón está muy subdividido ya que hay multitud de mesenterios salientes de la cara interna de la pared del cuerpo, que están tapizados por la gastrodermis y rellenos de mesénquima (Figuras 1 A y B). Ultraestructuralmente, en los cnidarios la epidermis y gastrodermis están formadas por células mioepiteliales, las cuales son altas y con extensiones basales aplanadas llamadas mionemas. Estas células en la epidermis se apoyan sobre la mesoglea intermedia o mesénquima y se les conoce como células epitelio musculares, mientras que en la gastrodermis se les conoce como células nutritivo musculares. En la epidermis, además de las células epitelio musculares, también podemos encontrar células sensoriales, células urticantes llamadas cnidocitos, células granulares y

células intersticiales, que son indiferenciadas y capaces de convertirse en cualquiera de las anteriores (Brusca, 2005).



**Figura 1. Corte longitudinal de un cnidario de la clase Anthozoa (A). En detalle corte trasversal a la altura de la boca (B). (Tomado de Menéndez y Lorenzo, 2005).**

Los antozoos pueden reproducirse tanto asexual como sexualmente. El primer caso incluye por excelencia la gemación, destacándose la fisión longitudinal que es particularmente común en zoantidos y corales escleractínidos (Acosta y González, 2007), y donde los dos individuos formados pueden permanecer unidos de tratarse de (organismos coloniales) o separarse (solitarios). También ocurre la fisión transversal y la laceración pedal. En la

mayoría de las especies los sexos están separados y vierten al agua sus gametos a través de la boca, produciéndose la fecundación (Brusca, 2005).

Los zoantidos o anémonas coloniales (Anthozoa, Zoanthinaria, Zoanthidea) frecuentemente se encuentran en grandes agrupaciones o colonias, las cuales forman tapetes o alfombras sobre los sustratos que habitan (Varela *et al.*, 2002). Según algunos autores, los trabajos acerca de este grupo son escasos en Latinoamérica en general, pero se han venido incrementando gracias al creciente interés en la búsqueda de compuestos bioactivos, ya que generalmente generan toxinas de uso farmacológico (Kimura y Hashimoto, 1973; Kimura *et al.*, 1973).

El género *Palythoa* es reconocido como un competidor agresivo por los recursos vitales (Suchanek y Green, 1982; Sorokin, 1995) y el espacio (Lang, 1973 y Baket *et al.*, 1982; citados por Bernal, 2005), destacándose *P. caribaeorum* por su tolerancia a la alta variabilidad ambiental (Cooke, 1976; Sebens, 1982; Sorokin, 1991; Kempet *et al.*, 2006; citados por Bastidas y Bone, 1996). Además de poseer nematocistos, como la mayoría de los cnidarios, el género *Palythoa* contiene un veneno conocido como *Palitoxina*, el cual produce en la mayoría de los organismos una intoxicación similar a la ciguatera, enfermedad de transmisión alimentaria producida por la ingesta de peces que contienen ciguatoxinas (CTXs) producidas por dinoflagelados que viven en los arrecifes de coral (Martinez y Cruz, 2013). Sin embargo, los efectos de la palitoxina son muchísimo más graves y con alto índice de mortalidad (Arellan *et al.*, 2008).

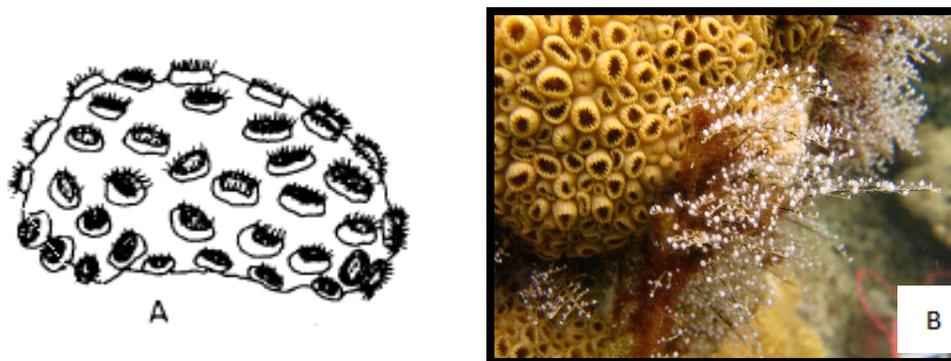
Más en detalle, la palitoxina se une a una ATPasa dependiente de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  en la membrana plasmática, la cual hidroliza ATP con el fin de obtener la energía necesaria para expulsar

iones  $\text{Na}^+$  e introducir iones  $\text{K}^+$  al citosol celular, logrando así mantener el gradiente de ambos iones, condición necesaria en numerosas funciones celulares. La unión de la palitoxina inhibe el funcionamiento de la ATPasa y produce la formación de un poro, permeable a cationes monovalentes, en la membrana citoplasmática. Estas alteraciones de la membrana celular desencadenan una serie de señales intracelulares que pueden dar lugar a contracciones del músculo liso y esquelético. Como la ATPasa  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  está presente en las células de todos los tejidos, es posible que la acción de la palitoxina no sea tan específica como otras toxinas (Arellan *et al.*, 2008).

El género *Palythoa* se extiende por todos los mares, desde el Indo-Pacífico hasta el Caribe y Atlántico oriental. Prefieren zonas de corrientes fuertes y en su mayoría bien iluminadas. Normalmente habitan anclados en rocas y corales muertos o en el sustrato. Agudo (1987) reportó cuatro especies de este género para nuestro país: *P. caribaeorum*, *P. mammillosa*, *P. grandis* y *P. Variabilis*. Este autor señala que su nicho ecológico es la epifauna sésil, específicamente sobre rocas y corales. Todas las especies mencionadas en dicho estudio fueron encontradas en arrecifes coralinos y rocosos, con excepción de *P. variabilis* que no se observó en costas rocosas pero se ha visto vinculada a sustratos vegetales (manglares); del mismo modo, *P. caribaeorum* y *P. mammillosa* también fueron observadas en manglares y, esta última, en praderas de fanerógamas y, en una frecuencia menor, sobre detritus y arena.

*Palythoa caribaeorum* (Figura 2), se caracteriza por presentar colonias interconectadas a través de coenenquima generalmente expansivo, poseen una base estolonial gruesa de apariencia carnosa y los zooides se encuentran como embebidos en ella (Agudo, 1987; Varela *et al.*, 2002). Las colonias forman mantos gruesos e incrustantes sobre coral muerto

u otros sustratos duros; su cuerpo es fuerte, con una consistencia parecida al corcho. La superficie externa está cubierta por grandes cálices (pólipos) rodeados por labios cortos y con tentáculos sólidos y redondeados dispuestos en dos anillos. Los discos orales suelen ser mayores a 1,3cm y se presionan unos a otros cuando están totalmente expandidos. Presentan una coloración blanquecina a marrón, a veces amarillenta y, por lo general, se encuentra en arrecifes poco profundos, con corrientes moderadas. Comúnmente es llamado Coral Blando Amarillo, y es clasificado taxonómicamente por Duchassaing y Michelotti (1860, citados por: Reimer, 2012) de la siguiente manera: Phylum: Cnidaria, Clase: Anthozoa, Sub-Clase: Hexacorallia, Orden: Zoanthidea, Sub-Orden: Brachycnemina, Familia: Sphenopidae, Genero: *Palythoa*, Especie: *Palythoa caribaeorum*



**Figura 2. A: representación de *P. caribaeorum* (tomada de Varela *et al.*, 2012); B: fotografía de una colonia de *P. caribaeorum*.**

Bastidas y Bone (1996) señalan que para el año de 1991 la plataforma coralina de Isla Ratón se encontraba cubierta por una distribución irregular de las especies de zoantidos (*Palythoa caribaeorum*, *P. mammillosa*, *P. grandis*, *Zoanthus sociatus* y *Z. solanderi*). Sin embargo acotan, citando a Sebens (1982), que *P. mammillosa* y *P. caribaeorum* son sinónimos y que dicha especiación viene dada por la escasa bibliografía relacionada con la

taxonomía de zoantidos. Existen, sin embargo, al menos dos morfotipos distintos para *P. caribaeorum*, el primero muestra pequeños grupos de pólipos, grandes que no se tocan entre sí cuando se extienden, mientras que el otro tiende a formar extensas alfombras sobre el coral muerto, pero con pólipos cortos. Este último morfotipo fue el que Bastidas y Bone (1996) usaron para su experimentación, por ser mucho más abundante en la plataforma y tener márgenes de contacto claramente distinguibles.

*Palythoa caribaeorum*, el zoantido más común de su género en nuestras costas, ha sido frecuentemente reportado en numerosos ecosistemas costeros de Venezuela, incluyendo el Parque Nacional San Esteban, frente a la costa Noreste de Puerto Cabello. Sin embargo, los estudios de investigación referentes a este género son muy escasos, hasta el punto que posiblemente el único trabajo formal en el Parque Nacional sea el de Bastidas y Bone (1996) en la Isla Ratón. Dada la alta competitividad de *Palythoa* en su búsqueda de espacio para su fijación, es lógico pensar que las especies de este género se encuentran interactuando con todos sus cohabitantes bentónicos dependientes de sustratos duros en los ecosistemas coralinos del Parque Nacional.

Es por esto que el presente trabajo de investigación plantea caracterizar, tanto macroscópica como ultraestructuralmente, las formas de interacción entre colonias de *Palythoa* y sus cohabitantes bentónicos dependientes de sustratos duros, en una plataforma arrecifal del Parque Nacional San Esteban, estado Carabobo, Venezuela.

## Antecedentes

La importancia ecológica de los zoantidos ha sido muchas veces menospreciada debido a la incertidumbre taxonómica. Entre los estudios más importantes para este grupo a nivel internacional tenemos sobre su biología reproductiva (Karlson, 1981; Fadlallah *et al.*, 1984; Ryland, 1997; Acosta *et al.*, 2001; Ono *et al.*, 2005), desarrollo (Babcock y Ryland, 1990), nutrición (Sebens, 1977), asimilación de sedimentos (Haywick y Muller, 1995), toxinas (Habermann, 1989; Gleibs *et al.*, 1995), distribución espacial (Karlson, 1988; Díaz *et al.*, 2000; Vargas, 2002), dinámica poblacional (Karlson, 1991; Tanner, 1997; Acosta *et al.*, 2005), historias de vida (Soong *et al.*, 1999), interacciones (West, 1979; Lewis, 1982; Burnett, 2002), enfermedades (Williams y Bunkley, 1988; Acosta, 2001), genética de poblaciones (Burnett *et al.*, 1994, 1995; Camacho *et al.*, 2004) y filogenia (Burnett, en prensa; Hill *et al.*, 2003; Reimer *et al.*, 2004; Sinniger *et al.*, 2005). Fautin *et al.* (2000) y Fautin (2005) sugieren que existen cerca de 250 especies vivientes de zoantidos en el mundo, de las cuales en el Mar Caribe se han registrado apenas 30 (en cuatro familias y siete géneros).

Los géneros más representativos del Caribe, por su distribución, abundancia y cobertura en las terrazas y crestas arrecifales, son *Zoanthus* y *Palythoa* (Díaz *et al.*, 2000). Rabelo (2007); Citado por De Lima y Gomes, 2010) indican que *Palythoa caribaeorum* y *Zoanthus sociatus* coexisten sin ningún mecanismo agresivo entre sí. Sin embargo, *P. caribaeorum*, tanto en el estudio de De Lima y Gomes (2010) como en el de Bastidas y Bone (1996), exhibió una tasa de crecimiento inicial más rápido ante una perturbación, desplazando rápidamente a *Z. sociatus*. Estos últimos autores indicaron que estos resultados se debieron a que el tipo de perturbación aplicada en ese estudio no favoreció a *Z. sociatus* y fue considerado como un competidor más débil en comparación con *P. caribaeorum*. Estas

razones los llevaron a concluir que *P. caribaeorum* muestra una mayor competitividad en su búsqueda de espacio para su fijación. No obstante, también reportaron que las macroalgas parecen generar un impacto negativo mucho mayor en *Palythoa* que en *Zoanthus*. Cabe mencionar que estos resultados concuerdan con lo obtenido por De Lima y Gomes (2010); Sebens (1982) reportaron que *Z. sociatus* parece ser más tolerante a regiones expuestas del arrecife que *P. caribaeorum*.

En Venezuela, los estudios de investigación referentes a los zoantidos y en particular al género *Palythoa* son marcadamente escasos. Como se mencionó, el único trabajo formal sobre esta especie en dicho parque es el de Bastidas y Bone (1996). Estos investigadores evaluaron las estrategias competitivas entre *Palythoa caribaeorum* y *Zoanthus sociatus* (crecimiento excesivo o inhibición del crecimiento) mediante dos experimentos. El primero sin perturbación, haciendo seguimiento de puntos de interacción naturales; y el otro de perturbación, en donde se hicieron claros en las zonas adyacentes que incluían los márgenes entre *Palythoa* y *Zoanthus*. Para esto realizaron mediciones fotográficas, que permitieran estimar el área marginal de los pólipos contraídos por la interacción entre los dos zoantidos, así como evaluando las tasas de reinvasión y crecimiento en áreas perturbadas. Los resultados mostraron que los márgenes de contacto entre ambas especies se mantuvieron sin cambios la mayor parte del tiempo, lo que sugiere que la inhibición del crecimiento fue la principal estrategia utilizada por ambas especies.

Al respecto, podemos mencionar que Martin y Losada (1991) habían reportado algunas especies de corales pétreos como *Millepora alcicornis*, *Madracis decactis*, *Pseudoterotorgia americana*, *Pseudoterotorgia acerosa*, *Tubastrea aurea* en un barco hundido en la costa Suroeste de Isla Larga, en el Parque Nacional San Esteban. Posteriormente Barreto (2002), comparando el mismo barco hundido con una plataforma

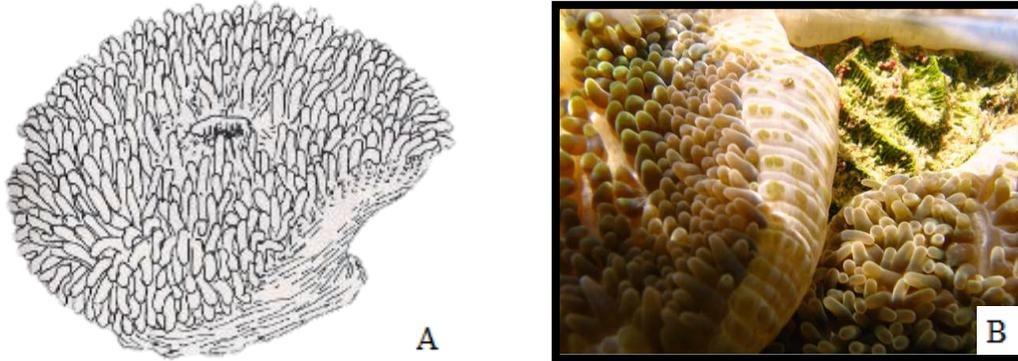
arrecifal adyacente, identificó 24 especies de corales pétreos, además de esponjas y algas en coexistencia con colonias de *Palythoa* a menos de 1 metro de profundidad. En el mismo trabajo, Barreto señala que en la plataforma existía una cobertura total promedio de coral vivo de 5,4%, esponjas 1.5% y organismos como zoántidos, algas y anémonas en una proporción menor al 8,3%.

En otro estudio, Humanes (2005) realizó una investigación en la misma plataforma arrecifal, en la que señaló la presencia de los corales pétreos *Diploria strigosa*, *Agaricia agaricites* y *Porites astreoides*. Todas estas especies muy probablemente interactúan en mayor o menor grado con las colonias de *Palythoa* presentes en la plataforma.

Un elemento adicional de interés resulta de los estudios de Henríquez (2007), Henríquez y Palacios (2008), Palacios (2009) y Mariño (2011), quienes reportaron la presencia de agrupamientos particularmente numerosos de la anémona *Stichodactyla helianthus*, en parches permanentes, que pueden tener hasta un 100% de cobertura. Estos autores señalaron una estrecha cercanía entre *S. helianthus* y colonias de *Palythoa caribaeorum*, lo que muy probablemente estaría implicando una fuente de interacción no común para este último.

La interacción entre colonias de *Palythoa* y *Stichodactyla* resulta de gran interés, ya que esta última es considerada una de las especies de anémona más tóxicas en arrecifes tropicales. *Stichodactyla* se caracteriza por poseer abundantes tentáculos cortos en su disco oral, excepto en el área circundante a la boca (Figura 3). Las especies de este género se alimentan mayormente de organismos planctónicos (Ruppert y Barnes, 1996; Mille, 2008) y su principal mecanismo de defensa es la retracción al tacto (Bonet *et al.*, 2001). Se le refiere según la clasificación taxonómica siguiente: Phylum Cnidaria, Clase Anthozoa, Orden Actiniaria, Familia Stichodactylidae, Especie *Stichodactyla helianthus* (Ellis, 1768)

(Integrated Taxonomic Information system, 2006).



**Figura 3. A: representación de *S. helianthus* (tomada de Agudo 1987); B: fotografía de *S. helianthus*.**

Como el resto de los cnidarios, *S. helianthus* produce venenos que son liberados a través de la descarga de nematocistos y también por secreciones mucosas. Estas toxinas causan dolor y pérdida de coordinación en el individuo afectado y podrían llegar a ser muy peligrosas para algunos a pesar de que no son más que péptidos y proteínas. Tales sustancias suelen ser usadas por estos organismos tanto para disuadir a depredadores como para capturar presas (Mebs, 2009). Sin embargo, uno de los venenos más estudiados es el de los actinarios, como es el caso de *Aiptasia pallida* en donde se ha encontrado fosfolipasas con actividad hemolítica y polipéptidos sinérgicos en el veneno de sus nematocistos. Varias toxinas con actividad hemolítica han sido aisladas de diversas anémonas, como citolisina II de *Stichodactyla helianthus* (Kem, 1988). Según Henríquez y Palacios (2008) en general a partir de *S. helianthus* se han aislado proteínas hidrofílicas capaces de producir lisis celular por desbalance osmótico (hemolisinas), formando poros en las membranas celulares, basándose en una actividad principal de carácter hemolítico, estas sustancias son conocidas

como sticholysinas y/o actinoporinas y son utilizadas por la anémona para su ya mencionada defensa y captura de presas (Fogh *et al.*, 1990). La sticholysina es un polipéptido básico (pI = 9,8); que se caracteriza por una potente actividad hemolítica ( $H_2C_{50} = 25-30$  ng/mL) la cual es activada ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) o inhibida ( $Co^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) por diferentes iones divalentes y presenta una moderada actividad fosfolipásica y actividad anticoagulante. Otro factor que modula la actividad hemolítica (AH) es el pH del medio (Alvarez *et al.*, 1995).

### **Planteamiento del Problema**

El Parque Nacional San Esteban anualmente es visitado por miles de personas. Según Lau, (2002; citado por Parkswatch, 2004), sólo en el año 2000 unas 92.646 personas visitaron el parque, aumentando a 110986 visitantes para el 2001. La mayor parte de estos visitantes tenían como destino principal el área marino-costera del parque, (Jorquera y Romero, 2002). Esta elevada concentración de turistas distribuidos de una forma no equitativa, podría poner en peligro el comportamiento ecológico del parque y la protección de los arrecifes coralinos alrededor de la isla, lo cual constituye uno de los objetivos de esta Área Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE). La negatividad de tales eventos hace evidente la necesidad fundamental de generar información referente a todas las posibles causas y variables que afectan estos sistemas naturales, de muy alta diversidad y de amplia relevancia socioeconómica como son los arrecifes (Mónaco, 2010).

A pesar de los muchos esfuerzos abocados al estudio de los arrecifes coralinos del país, aún no existe un consenso en el que se señale para cada una de las especies formadoras de los

mismos, cuáles son realmente los factores físicos y biológicos de los que depende su establecimiento y viabilidad dentro de un microhábitat (Maida *et al.*, 1994; Banks y Harriot, 1996; citados por Bernal, 2005). Aunque se ha aceptado de manera amplia que la competencia por espacio y luz entre los corales escleractíneos y organismos bénticos (anemonas, zoantidos y macroalgas), son factores determinantes de la estructura de las comunidades arrecifales, hay poca evidencia experimental directa de la competencia entre estos grupos (McCook *et al.*, 2001).

En lo que compete a la investigación, hasta ahora solo existe un estudio anterior en el Parque donde se evalúan los efectos de la interacción entre colonias de *Palythoa* y otros miembros del arrecife, a pesar de haber sido señalada por varios autores como un fuerte competidor para algunos organismos sésiles. Es por ello que este trabajo se abocará al estudio de las distintas interacciones que *Palythoa* podría tener con el resto de la comunidad bentónica en una plataforma arrecifal de Isla Larga, Parque Nacional San Esteban.

### **Justificación**

Venezuela es uno de los 7 países megadiversos, no sólo en fauna terrestre sino también marina. Sin embargo, el conocimiento que se tiene al respecto es muy bajo. Los arrecifes coralinos son ecosistemas altamente diversos y complejos constituidos tanto por especies coralinas como por una gran variedad de otros grupos asociados, considerados como bancos de diversidad. Estos ecosistemas pueden alcanzar tasas muy altas de productividad, poseen además una alta heterogeneidad espacial y temporal, tanto de factores físicos como

biológicos, que a su vez interactúan sosteniendo las comunidades más complejas del medio marino (Ramírez-Villaroel, 2001; Glynn , 1976). Algunos de los ecosistemas marinos más importantes del país se encuentran en el área marino-costera del Parque Nacional San Esteban (Parkswatch, 2004). Asimismo, se ha reportado para el Parque, al igual que a lo largo de las zonas de arrecifes y áreas rocosas del resto de nuestras costas venezolanas, una amplia distribución de zoantarios, más específicamente del género *Palythoa*, el cual es reconocido por su tolerancia a la alta variabilidad del medio ambiente (Cooke, 1976; Sebens, 1982; Sorokin, 1991; Kempet *et al.*, 2006; citados por Bastidas y Bone, 1996). Esto le ha permitido destacarse como competidor por los recursos vitales y el espacio contra sus vecinos (Suchanek y Green, 1982, Sorokin, 1995; Lang, 1973, Baket *et al.*, 1982; citados por Bernal, 2005).

La presencia del género *Palythoa* en el Parque Nacional San Esteban, estado Carabobo, genera oportunidades para su estudio en condiciones naturales, con niveles de intervención humana variable. La ya señalada escasez de trabajos de investigación en este género, indica una fuente de conocimientos que, además de poco explotada, se hace necesaria para la generación de registros fidedignos de la biota del Parque. Tal información es base para la formación de herramientas acertadas para la toma de decisiones en cuanto a la administración y el dictado de planes de conservación en esta Área Bajo Régimen de Administración Especial. EL género *Palythoa* es reconocido por su competitividad en la búsqueda de espacio para su fijación, por lo cual es lógico pensar que las especies de este género pueden estar interactuando con todos sus cohabitantes bentónicos dependientes de sustratos duros en los ecosistemas coralinos del Parque Nacional.

## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar las zonas de contacto entre colonias de las especies de *Palythoa* y sus cohabitantes sésiles dependientes de sustratos duros, presentes en una plataforma arrecifal en Isla Larga, Parque Nacional San Esteban, estado Carabobo.

### **Objetivos específicos**

- 1) Identificar las especies del género *Palythoa* presentes en la plataforma en estudio.
- 2) Describir macroscópicamente la zona de contacto entre las colonias de *Palythoa* y sus cohabitantes sésiles dependientes de sustratos duros presentes en la plataforma en estudio.
- 3) Caracterizar la configuración ultraestructural de cada una de las áreas de contacto entre *Palythoa* y el resto de las especies en contacto.

## ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional San Esteban (PNSE) tiene una superficie de 44050Ha y está ubicado en la región central de la Cordillera de la Costa, tramo Occidental de la Serranía del Litoral, del Estado Carabobo de Venezuela, elevándose 1.830 msnm, se encuentra a 2,3Km de la costa de Quizandal al Este de Puerto Cabello, estado Carabobo, en áreas pertenecientes a la plataforma de Golfo Triste (Figura 4). Fue creado el 14 de enero de 1987 con la finalidad de conservar muestras relevantes y representativas de los ecosistemas y paisajes de la porción central de la Cordillera de la Costa y de las áreas marinas e insulares ubicadas frente a la costa Noreste de Puerto Cabello (Parkswatch, 2004). Isla larga ( $10^{\circ}29'22.18''$  N;  $67^{\circ}56'59.34''$  O) es la isla de mayor extensión dentro del Parque Nacional San Esteban (Figura 5), dicha isla presenta una curvatura central estrecha con engrosamientos hacia los extremos, al sur de menor longitud y al norte de mayor amplitud, resultando en una amplia zona de Barlovento bordeada por terrazas de tormenta (Mariño, 2011). La temperatura ambiental es relativamente constante durante todo el año en esta zona costera, con un promedio de 25°C anual. La precipitación tiene un periodo extendido desde mayo hasta noviembre, con valores de precipitación anual promedio de 700mm (Novo *et al.*, 1997).



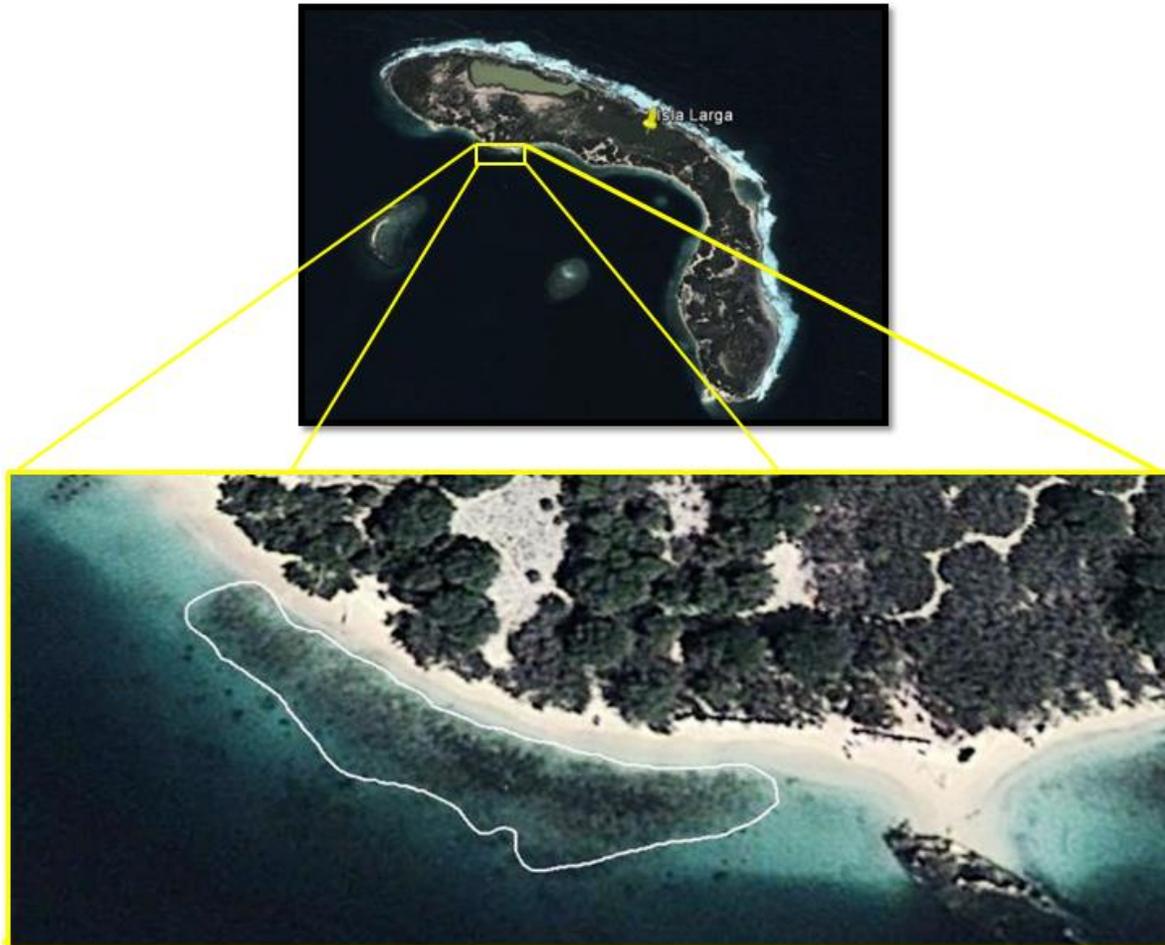
Figura 4. Ubicación y límite del Parque Nacional San Esteban (Parkswatch, 2004).



Figura 5. Imagen satelital de Isla Larga (tomado de Google Earth).

Dicha isla se encuentra rodeada de arrecifes costeros en el lado Norte y por pequeños parches de arrecife en el lado Sur. Los muestreos se llevaron a cabo en su costa Sur en un arrecife de franja interrumpido por dos naufragios semi-hundidos (Sesostris, hundido en 1941, y Jaco que se cree fue hundido antes que el Sesostris). Como consecuencia del hundimiento de los naufragios, el arrecife quedó dividido en dos sectores (sección Este y

sección Oeste) según (Martín y Losada, 1991; Barreto, 2002; Humanes, 2005). Los muestreos fueron realizados en la sección Oeste del arrecife, el cual posee una profundidad máxima de 15 metros extendiéndose hasta la orilla (Palacios, 2009), dicha porción del arrecife se puede observar en la Figura 6.



**Figura 6. Imagen satelital de Isla Larga y la plataforma arrecifal muestreada (tomado de Google Earth).**

## MARCO LEGAL

El Parque Nacional San Esteban (PNSE), se encuentra ubicado en la región norte costera-central del estado Carabobo, Venezuela. Fue decretada como área protegida el 14 de enero de 1987, luego de un proceso de evaluación por parte del Instituto Nacional de Parques (INPARQUES) mediante el decreto N° 1430 de la República Bolivariana de Venezuela y posteriormente modificado por los Decretos N° 1217 y 1714. Esta área protegida y cuenta con una superficie de 445000ha (445Km<sup>2</sup>) (República de Venezuela, 1987). Con un área marina de 36,25 km<sup>2</sup>, una superficie insular de 0,88 km<sup>2</sup>, y con una longitud de costa dentro del área del PNSE de 22 Km. De acuerdo a la zonificación establecida en el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Usos (P.O.R.U.) y mediante el Decreto N° 1368, el sector Isla Larga está definido como zona de servicios (S) lo cual indica que es una zona con instalaciones destinadas a la prestación de servicios públicos como hoteles, cabañas, restaurantes, cafeterías, centros de recreo, campamentos, estacionamientos, así como instalaciones administrativas y de protección del área. Dentro de las actividades permitidas en esta zona se encuentran investigación científica, educación y guardería ambiental, así como recreativas con una densidad máxima de 30m<sup>2</sup> por persona. Entre las actividades prohibidas se encuentran: la alteración o destrucción de corales y cualquier otro animal o planta que habite en el fondo marino. Los criterios para definir la prioridad en el parque usualmente se encaminan a resolver proyectos de gestión y manejo, al igual que los proyectos que no puedan realizarse fuera del mismo o requieran de condiciones ambientales difícilmente repetibles fuera del mismo. Así, se consideran prioritarios los temas de investigación que involucren el inventario de recursos biológicos, estudios de especies

faunísticas consideradas raras, biodiversidad y determinación del impacto humano sobre los ecosistemas de alta fragilidad entre otros (República de Venezuela, 1999).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 5 muestreos, 2 muestreos pilotos realizados en el mes de junio del año 2012 y 3 salidas consecutivas, durante la última semana del mes de julio y la primera semana del mes de agosto del año 2013, específicamente del 30/07/ al 01/08.

### Diseño de muestreo

**Trabajo de campo:** Se colocaron transectas perpendiculares a la costa y a lo largo de toda la plataforma, separadas 16 metros entre sí, desde la zona más baja de marea baja hasta el extremo de la plataforma, de acuerdo a lo descrito por Henríquez y Palacios (2007). En la primera fase del estudio, se muestreó a lo largo de cada transecta en busca de colonias de *Palythoa* en contacto con cualquier otro organismo sésil asociado a fondos duros. Para cada colonia encontrada se tomó nota de la distancia que ocupaba, desde la zona supralitoral hasta su centroide (definido operativamente como el punto aproximado más central identificable en la colonia); además, se tomó nota de todas las interacciones que tenía el zoantido, contando en sentido horario alrededor de la colonia. En cada punto de contacto se realizaron fotografías para llevar un registro macroscópico de la interacción, tomando en cuenta, como punto de contacto, toda la zona de la colonia cuyos pólipos se encontraran en contacto directo con algún tipo de organismo próximo a ella. Posteriormente, se tomaron muestras de una parte de la colonia de *Palythoa* que estuviese en contacto con otros organismos; al mismo tiempo, se tomó una muestra de la zona central y un intermedio entre

estas dos. Terminada la evaluación por transectas, se realizaron recorridos aleatorios a lo largo de la plataforma con la finalidad de detectar la ocurrencia de áreas de contacto que resultaran interesantes y no estuviesen incluidas en el muestreo por transectas.

Las muestras de tejido fueron colocadas en una solución de  $MgSO_4$  al 5% en agua de mar, por 30 minutos o hasta que se observara su relajación (esto es, sin respuesta táctil). Se colocaron en una cava a una temperatura de  $7^{\circ}C$  y posteriormente se colocaron en recipientes de vidrio debidamente identificados y rotulados, para su transporte al laboratorio.

### **Registro de Cambios Etológicos**

Una vez en el laboratorio, a las muestras se les agregó formalina, hasta alcanzar una concentración aproximada de 5%; por último, se realizaron cortes transversales, como se muestra en la Figura 7, tanto de las zonas más externas o puntos de interacción (zonas E), como de la zona más interna (zona Central), la cual abarca los pólipos más el centroide de la colonia.

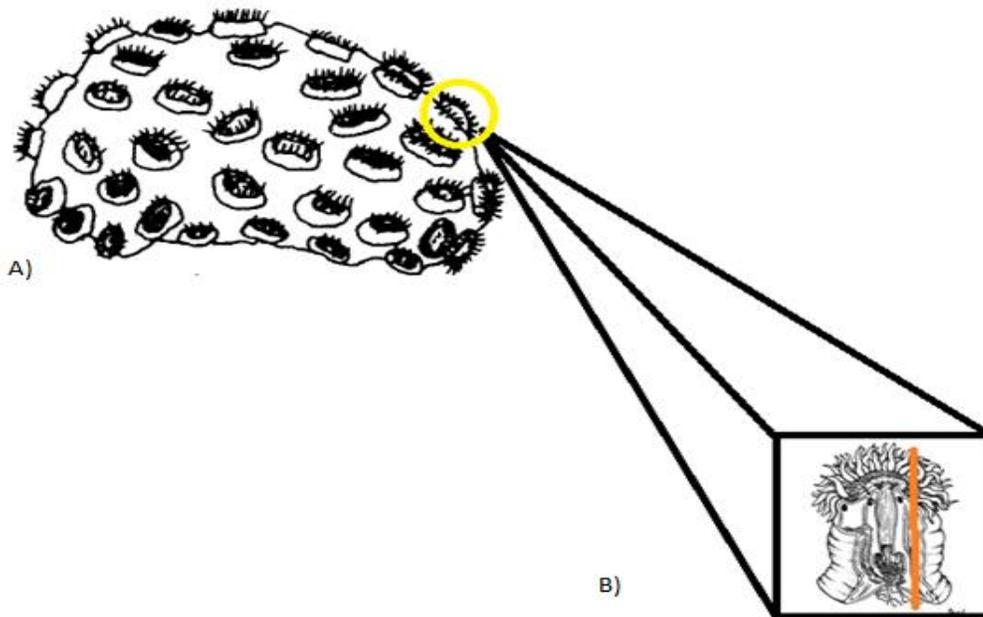
Una vez obtenido el registro fotográfico, se procedió a analizar los cambios que pudieran ocurrir en los mismos a lo largo de los puntos de interacción, en contraste con las zonas centrales de la colonia, utilizando para ello el software ImageJ, un programa de procesamiento de imagen digital de dominio público. Las variables medidas fueron: ancho, largo, perímetro y área, al menos de 10 y máximo de 30 pólipos, de cada uno de los puntos de interacción; lo mismo se aplicó en las zonas media y en las más interna. A continuación, se definen las zonas de la colonia de donde se extrajeron las muestras:

**Áreas sin contacto, zona interna o centroide de la colonia (Zona Central):** comprendió aquellas zonas de la colonia que estaban ubicadas en la parte central de la misma. Esencialmente esta zona no mostraba signos de estar afectada por las interacciones, al contrario de lo que ocurría en los márgenes de la colonia. Las fotografías tomadas en este sector se dividieron en 4 cuadrantes, y se analizó uno al azar.

**Área en contacto o puntos de interacción de la colonia, pólipos externos (Zona Externa):** Se contaron y analizaron pólipos que se encontraban en el punto de contacto, escogidos al azar usualmente entre las dos primeras filas de pólipos, según el tamaño de la colonia, así como también aquellos pólipos en tercera o cuarta fila que visualmente se notaban afectados por el efecto de la misma. Se determinó que un pólipo se encontraba “afectado” cuando se observaba fuertemente contraído, condición que usualmente era acompañada por una decoloración de los mismo o pérdida de zooxantelas.

**Áreas Intermedias o pólipos medios (Zona Media):** Se denominaron pólipos medios aquellos que limitaban con las zonas externas de las colonias en contacto. Visualmente no se notaban afectados pero las dimensiones de los pólipos parecían en muchos casos menores que las observadas en la zona Central de la colonia.

Posteriormente, se tomaron muestras histológicas en las zonas de contacto fotografiadas y en la región central de la colonia, considerada con poca o ningún impacto por contacto con otros organismos del arrecife, de acuerdo al esquema en la Figura 7.



**Figura 7. Representación de una colonia de *Palythoa caribaeorum* (extraída de Varela *et al*, 2002); B: esquema del corte aplicado a un pólipo (línea anaranjada) para su uso en el análisis ultraestructural.**

## **Trabajo de Laboratorio**

Una vez obtenidas las muestras de tejido seleccionadas, se realizó un lavado con agua corriente, con la finalidad de remover el exceso del fijador, previo a su inclusión en parafina. La metodología aplicada para la inclusión en parafina se obtuvo aplicando modificaciones a los protocolos estándar señalados por autores como (Boscolo y Silveira, 2005; Mythili y Gophane, 2013; Omer *et al.*, 2011, Hirose *et al.*, 2011).

**Deshidratación:** para que la parafina pudiera penetrar correctamente en los tejidos, estos fueron previamente deshidratados pasando las muestras a través de una batería de alcoholes.

**Aclaración de los tejidos:**

Estos procedimientos se realizaron de acuerdo a los siguientes pasos y tiempos (tren de deshidratación):

- 1) Alcohol al 20 % (30 minutos)
- 2) Alcohol al 30 % (30 minutos)
- 3) Alcohol al 40 % (30 minutos)
- 4) Alcohol al 50 % (30 minutos)
- 5) Alcohol al 70 % (30 minutos)
- 6) Alcohol al 80 % (30 minutos)
- 7) Alcohol al 90 % (30 minutos)
- 8) Alcohol al 96 % (30 minutos)
- 9) Alcohol absoluto (30 minutos)
- 10) Xilol I (30 minutos)
- 11) Xilol II (30 minutos)

**Inclusión de las muestras en parafina:** los tejidos se introdujeron en moldes para histología. Posteriormente se vertió parafina fundida hasta los bordes del casete. Este procedimiento de inclusión correspondió a los pasos subsiguientes, de acuerdo al esquema:

12) Parafina I (30 minutos)

13) Parafina II (30 minutos)

**Refrigeración:** una vez montadas las muestras, se introdujeron en el refrigerador durante un mínimo de 2 horas.

**Cortes histológicos:** una vez endurecida la parafina de las muestras, los moldes se colocaron cuidadosamente en el microtomo y se procedió a realizar los cortes, con un grosor entre 5 a 7 $\mu$ m.

Una vez realizados todos los cortes y colocar las muestras sobre los portaobjetos, éstos se introdujeron en la estufa a 67°C durante 4 horas aproximadamente.

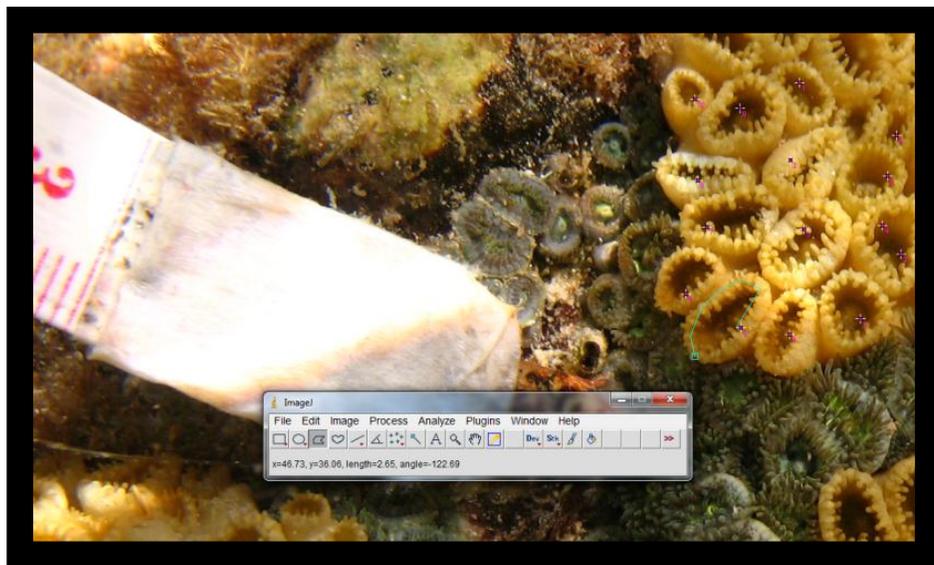
**Desparafinación, hidratación y tinción de las preparaciones:** para teñir los cortes se retiró la parafina del tejido y después se hidrató el mismo, para lo cual se pasó a través de xilol y luego por sucesivos cambios de alcohol en concentración decrecientes.

Estos procedimientos y la tinción con hematoxilina-eosina de las muestras se realizaron de acuerdo a los siguientes pasos y tiempos (tren de tinción):

1. Xilol I (5 min)
2. Xilol II (5 min)
3. Alcohol absoluto (2 min)
4. Alcohol 96 % (2 min)

5. Alcohol al 70% (2 min)
6. Agua destilada (2 min)
7. Hematoxilina diluida (3 min)
8. Sumergida con agua corriente
9. Eosina diluida (una sumergida)

**Montaje:** para el montaje de las preparaciones se colocó sobre la muestra depositada en el portaobjetos una pequeña gota de glicerina, posteriormente se colocó un cubreobjetos, y se dejaron secar para su posterior observación bajo el microscopio óptico.



**Figura 8.** Ejemplo del método empleado para estimar las variables perímetro, largo, ancho y área por medio del programa ImagenJ.

### **Análisis de las muestras**

Se realizaron análisis descriptivos de cada caso observado, evaluando el porcentaje de cobertura y presencia de las diferentes especies de *Palythoa*, así como también las

características externas de los pólipos, haciendo énfasis en la coloración y la forma de los mismos. También se describió el nivel microestructural, comparando la zona no afectada de la colonia (Zona interna) con la zona en contacto para cada uno de los casos. Adicionalmente, se analizó el número de interacciones encontradas a lo largo de las transectas, así como cada uno de los casos con los que fue reportada. Por último, se realizaron Análisis de Componente Principales (ACP), basados en la matriz de correlación, análisis de Clúster usando como criterio de agrupamiento la formación de grupos pareados y como criterio de cercanía la distancia euclídea. Finalmente se aplicó un Análisis Factorial para comparar las características macroscópicas, basado en análisis de componentes principales y con rotación oblicua PROMAX (HAIR,1998). Para los análisis se usaron los software estadísticos IBM SPSS Statistic 20 y Past.

## RESULTADOS

El desarrollo del estudio incluyó 5 muestreos, 2 realizados en el año 2012 y los siguientes 3 en el año 2013, de manera consecutiva del 30 de julio al de agosto. Los muestreos piloto fueron realizados con la finalidad de establecer los puntos de las transectas en la costa y de realizar recorridos para visualizar la configuración de relajamiento y contracción más frecuente en los pólipos,

Se encontraron dificultades dentro del muestreo, las cuales debieron ser subsanadas a medida que fueron apareciendo. Cabe citar:

1. Cuando el nivel del agua se encontraba bajo, exponiendo parte de la plataforma, con frecuencia algunas colonias se encontraban muy cerca de la película de agua, y además dada la acción de las corrientes, dificultó fotografiarlas de forma exitosa.
2. Cerca del medio día solía presentarse un aumento de la turbidez en muchas fotografías, lo que algunas veces dificultó el conteo de los pólipos.
3. Cuando la colonia presentaba una forma irregular (mayormente curva) se generaba una diferencia de aumento entre los pólipos, causando un error de estimación en algunas de las fotografías.

Sin embargo, se pudo continuar con la investigación.

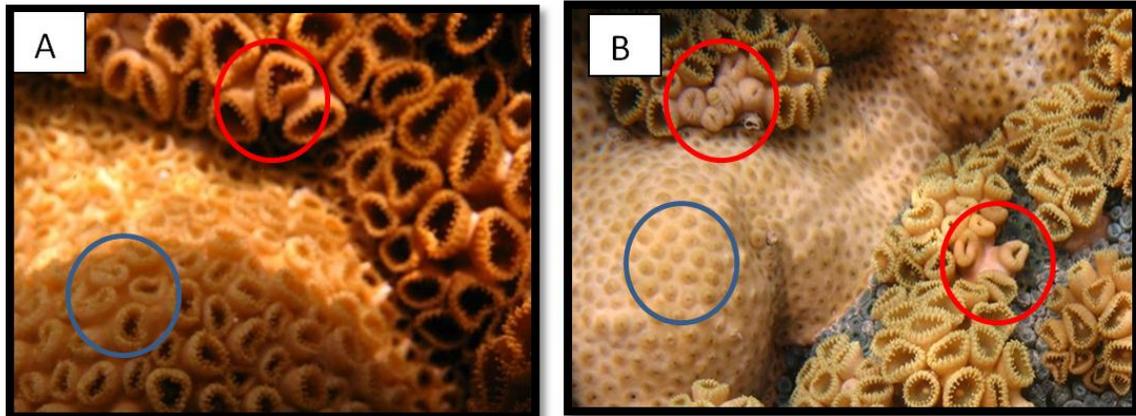
Se observaron únicamente dos morfotipos de *Palythoa caribaeorum*. El primero con pólipos de columnas bajas en coenenquima expansivo, formando extensas alfombras sobre el sustrato duro. A este se le denominó *Palythoa* morfotipo 1(*mfl*) y resulto ser el más

común del arrecife, mientras que al segundo se le llamó *Palythoa* morfotipo 2 (*mf2*), el cual poseía pólipos de columnas más alargadas y el coenenquima más estrecho, de modo que asemejaba a estolones en general más grandes. Cuando los pólipos se observaban completamente expandidos, los estolones no se tocaban entre sí, a diferencia del primer morfotipo. Según Agudo (1987) a este morfotipo se le debería denominar *Palythoa mammillosa*.

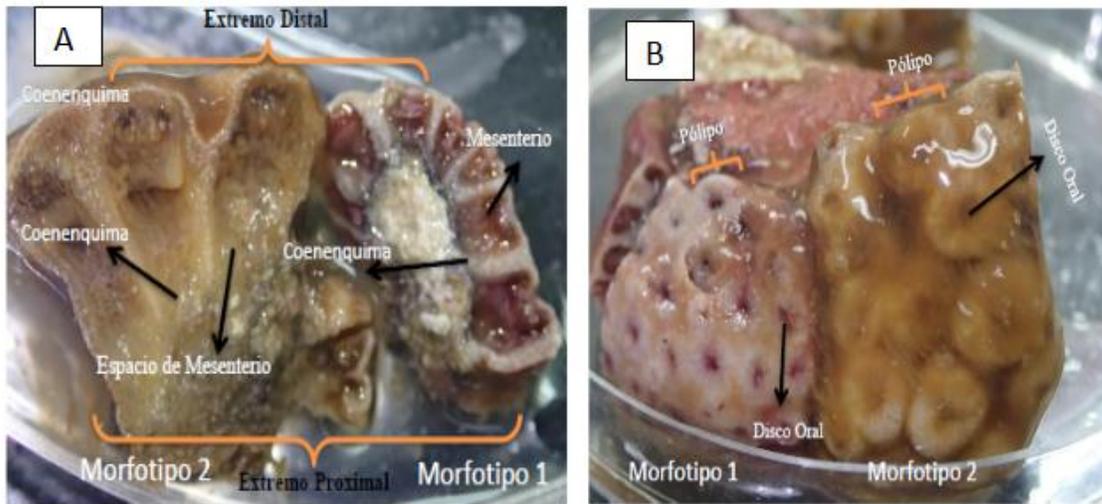
En las Figuras 9.A y 9.B podemos observar que la diferencia principal entre los morfotipos 1 y 2 está relacionada con el tamaño, donde *mf2* (círculos rojos) aparece un poco más grande. Sin embargo, al momento de la retracción se observó que los pólipos de *mf1* (círculos azules) se encontraban emergidos en el coenenquima mientras que en los otros se observaron como una serie de estructuras alargadas similares a estolones. Aunque la coloración *in vivo* parecía ser la misma para ambas, cambió al introducir las en formalina. Las colonias más parecidas a *P. mammillosa* permanecieron de un color ocre, mientras *P. caribaeorum* se tornó rojiza, tal como reportó Agudo (1987).

En la Figura 10 se pueden observar las diferencias en la coloración de los pólipos, tanto internas (A) como externas (B), luego de haber sido introducidos en formalina. La longitud de los pólipos fue mayor en el morfotipo 2; las columnas de los pólipos también lucían más alargadas que en el primero, notándose además que en el morfotipo 1 los pólipos se encontraban mucho más cercanos (casi unidos). El coenenquima se observó más engrosado en el morfotipo 1, mientras que para el 2 se observaron grandes espacios mesentéricos, lo cual concuerda con la bibliografía (Agudo, 1987; Bastidas y Bones, 1996). En el campo resultó extremadamente engorroso determinar cuándo se trataba de una especie y cuando de la otra, debido a que podía observarse una gradación clara en las características

morfológicas, incluso en colonias de poca talla. Es por ello que se decidió como más práctico, la aplicación del criterio de autores como Bastidas y Bone (1996), el cual sugiere considerar la presencia únicamente de *P. caribaeorum* en el Parque, reportando 2 morfotipos, para así poder visualizar su abundancia.



**Figura 9.** Morfotipos 1 y 2 de *P. caribaeorum* observados en la plataforma en estudio. La Figura “A” muestra los pólipos de ambas colonias en contacto y abiertos, mientras la Figura “B” muestra como es la contracción en ambos morfotipos.



**Figura 10.** Cortes longitudinales de los morfotipos de *P. caribaeorum* observados en la plataforma. A: muestra la estructura interna. B: Apariencia externas de los morfotipos.

Las características de los pólipos centrales fueron estudiadas en todas las colonias de *P. caribaeorum*, morfotipo 1, muestreadas a lo largo de las 8 transectas, y su análisis con la prueba de Kruskal-Wallis, permitió definir características morfométricas estándar. Así, para los pólipos sin contracción se obtuvo un promedio de largo de 3,5 mm, ancho 1,7 mm, perímetro 10,3 mm y área de 6,9 mm<sup>2</sup>.

Se fotografió un total de 54 colonias del género *Palythoa* morfotipo 1, distribuidas a lo largo de las 8 transectas, las cuales posteriormente fueron analizadas. Se realizaron cortes longitudinales a pólipos de 12 colonias diferentes para su análisis posterior, registrando las características morfológicas de las mismas, su especie, número de interacciones y grado de afectación de los pólipos en caso de que lo hubiera, producto del contacto con los diferentes grupos.

La distribución de las colonias del zoantido no fue homogénea, encontrándose en una mayor frecuencia en las transectas 2 y 6 y en menor medida en la 3, 7 y 8 (Figura 11). En todas las colonias se observaron interacciones con varios grupos de organismos a la vez (Figura 12). Se contabilizaron 180 puntos de contacto, siendo más frecuente la relación entre colonias del morfotipo 1 (mf1), es decir entre conespecíficos, la cual se reportó en un 29%. En segundo lugar, con 34 interacciones encontramos a las macroalgas, entre ellas *Caulerpa racemosa*, *Laurencia* sp., *Halimeda opuntia*, *Dictyota* sp., *Ceramium* sp., *Jania* sp., *Hypnea* sp. y *Anotrichium* sp. La tercera interacción más representativa fue con *Stichodactyla helianthus*, con un total de 25 puntos de interacción, seguido por el género *Millepora* con 19 puntos, *Zoanthus* sp. con 16, la esponja *Amphimedon erina* con 12 y con un 4% el segundo morfotipo (mf2) de *P. caribaeorum* y *Erythropodium caribaeorum*.

Grupos como *Ircinia félix*, *Diploria strigosa*, *tuberastrea aurea*, ascidias, hidrozoarios y otras esponjas, mostraron una importancia mucho menor en el estudio, aunque *I. felix* cobró mayor importancia.

En cuanto a los porcentaje de interacción de *P. caribaeorum* en contacto con los grupos más representativos (*P. caribaerum*, *S. helianthus* y macroalgas) a lo largo de las 8 transectas evaluadas (Figura 13), se observó una tendencia de encuentro hacia la zona Este de la plataforma de estudio, tanto para interacciones de *P. caribaeorum* con miembros de su misma especie como con la anémona *S. heliatnthus*. Los porcentajes de interacción con *P. caribaeorum* fueron los más altos entre las transectas 2 y 4, con porcentajes desde 46,7% hasta 63,3%. Por otro lado, *S. helianthus* tuvo un mayor porcentaje de interacción para la primera transecta con un 33,3%. En contraste con los 2 primeros grupos fue más frecuente la interacción de *P. caribaeorum* con macroalgas hacia la zona Oeste de la plataforma, llegando ser la única interacción con zoantidos en la transecta 8.

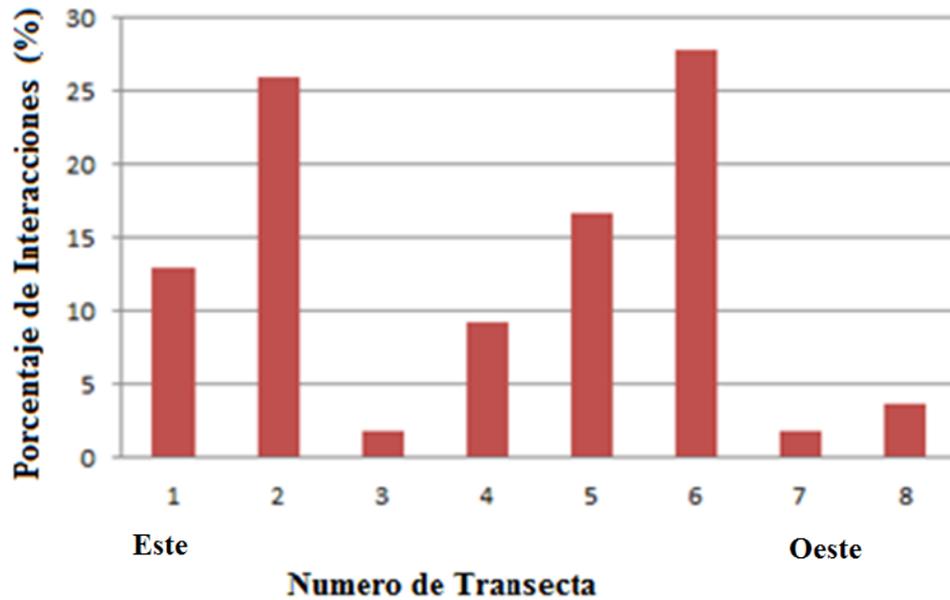


Figura 11 . Representación del porcentaje de *P. caribaeorum* a lo largo de las transectas.

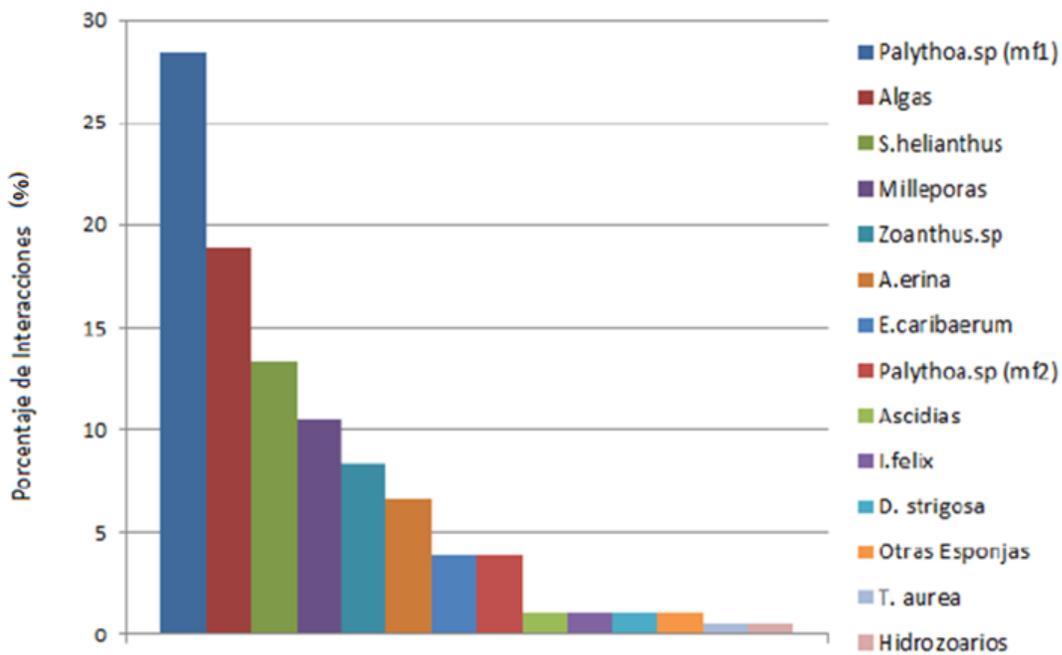


Figura 12. Representación del porcentaje de especies con las cuales se encontraron interactuando las colonias de *P. caribaeorum* a lo largo de las transectas.

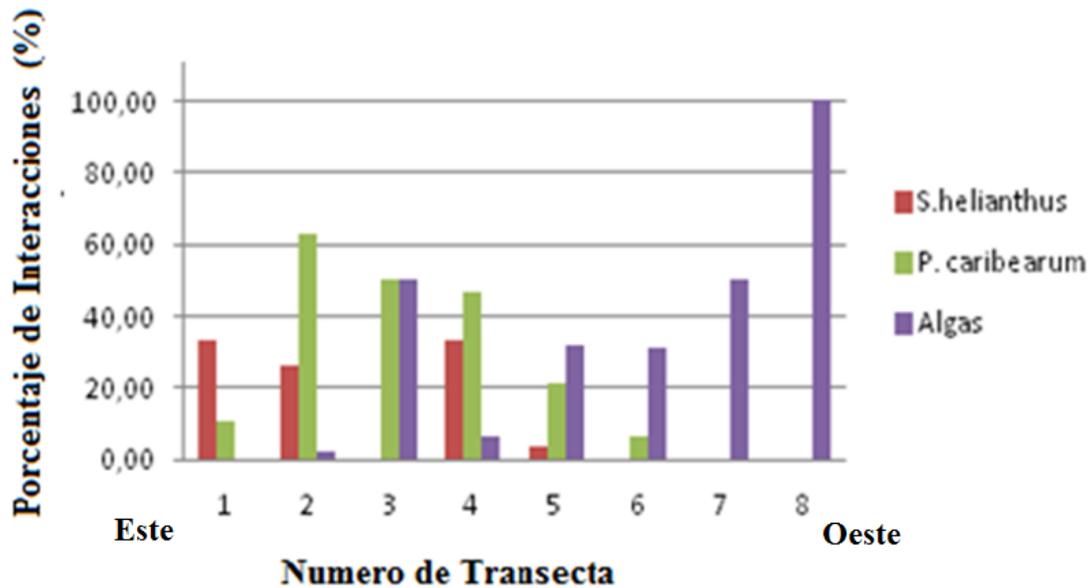


Figura 13. Porcentaje de interacciones más representativas para cada una de las transectas.

En cuanto a la distribución de los organismos ya mencionados en la plataforma arrecifal, (Figura 14), la menor diversidad y abundancia se observó entre los 1 y 5 metros de distancia de la zona supralitoral. En cambio, la mayor diversidad de interacción se encontró aproximadamente entre los 6 y 10 metros de esa zona, siendo un poco más elevada la presencia de las algas, y en segundo plano los hidrozoarios del tipo *Millepora*, la anemona *S. helianthus* y los zoanthideos. Sin embargo, a partir de los 11 metros de distancia de la línea supralitoral, los puntos de contacto con la misma especie cobraron mayor importancia.

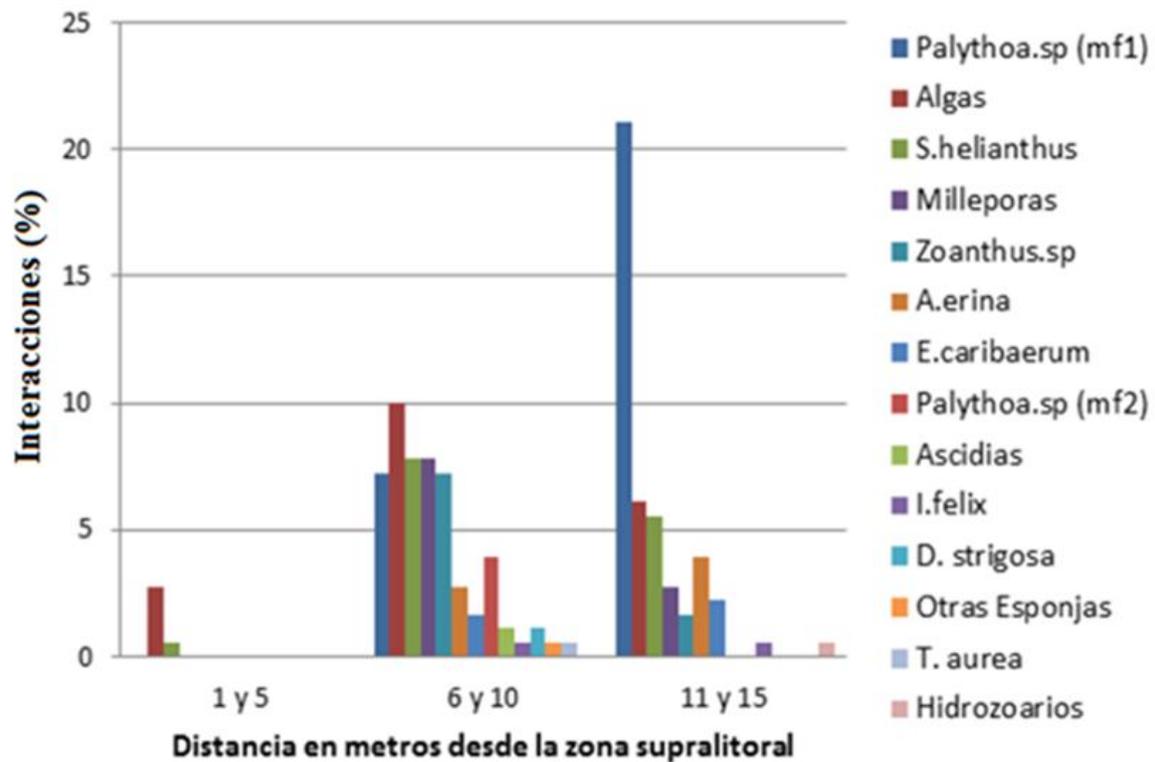


Figura 14. Número de individuos de las distintas especies que entraron en contacto con *P. caribaerum* respecto a la distancia desde la zona supralitoral hasta donde fue encontrado el punto de interacción

### Comparación de las zonas de Interacción

Como ya se dijo, los pólipos de una colonia suelen tener diferencias cualitativas y cuantitativas a lo largo de la misma. Los pólipos centrales se destacaron por ser redondos, teniendo un mayor diámetro y área que aquellos ubicados en los márgenes de la colonia. Esta diferencia en el diámetro de los pólipos responde tanto a la morfometría del organismo como a consecuencia de la interacción con algunos de los otros grupos antes mencionados.

Como se planteó anteriormente, se lograron definir características morfométricas estándar en el centro de cualquier colonia, haciendo posible entonces comparar las características de

sus bordes con su zona Central, independientemente de su ubicación en la plataforma arrecifal.

A continuación se detalla cada una de las interacciones estudiadas:

### **Interacción *P. caribaeorum* - *P. caribaeorum***

Los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con colonias de su misma especie mostraron características morfométricas que permitieron el reconocimiento de tres grupos con una amplia zona de solapamiento. En la Figura 15 se observan dos cortes longitudinales de una colonia en contacto con otra colonia de su misma especie. La Figura 15-A muestra el corte realizado en la parte más externa de la colonia y la Figura 15-B corresponde a la parte más interna, a los que llamamos pólipos centrales.

El Análisis de Componentes Principales (Anexos, tabla D-1), señaló que un 94% de la varianza total del sistema estaba contenida en los primeros dos componentes principales. es decir que la mayor parte del fenómeno observado se puede explicar solo con estos dos componentes.

En las Figura 16 A y B se pueden observar los componentes principales 1 y 2 respectivamente. La varianza explicada por el componente principal 1 es casi equitativa para todas las variables, por tanto podemos decir que todas las variables aportan una gran cantidad de información y poseen una gran varianza, todas explican muy bien el fenómeno, algo que es bastante lógico ya que cada una de estos componentes tiene un valor que es

dependiente del comportamiento de los otros, por ejemplo: el ancho medido (amplitud mínima del pólipo) dependerá de que tanto se estiro el pólipo (largo), así como también del área del mismo que dependerá del perímetro del pólipo. Dicha dependencia se puede observar en la Figura 22 (componente principal 2) en donde se ve que a menor largo existe un mayor ancho, es decir que son vectores linealmente dependientes. En cuanto a las variables perímetro y área se observa una misma tendencia, y en este caso estas aportaron la mayor parte de la información del fenómeno, asociándose fuertemente todas las variables al primer componente principal, y apenas el largo en una medida intermedia al segundo componente (Figura, 16 A y B, Tabla A-1., Anexo A). Más en detalle, el biplot que se muestra en la Figura 17 señala la disposición de las variables y los casos respecto a los dos primeros componentes principales. Pudo observarse como las variables perímetro y área se encontraban más relacionadas entre sí, mientras que largo y ancho resultaron linealmente dependientes, señalado por el amplio ángulo entre ambas variables.

Los pólipos centrales mostraron la mayor varianza de los tres grupo, asimismo La mayor parte de estos se observaron en los cuadrantes I y IV. Lo que indica que son pólipos de grandes longitudes para todas las variables con tendencia a ser redondos, en cuanto a los pólipos medios y Externos, mostraron una gran zona de sobreposición en todos los cuadrantes, expresando un comportamiento muy similar entre sí. De igual forma la distribución de los casos para ambas características en los cuatro cuadrantes fue muy equilibrada con una tendencia hacia longitudes más cortas que los Centrales.

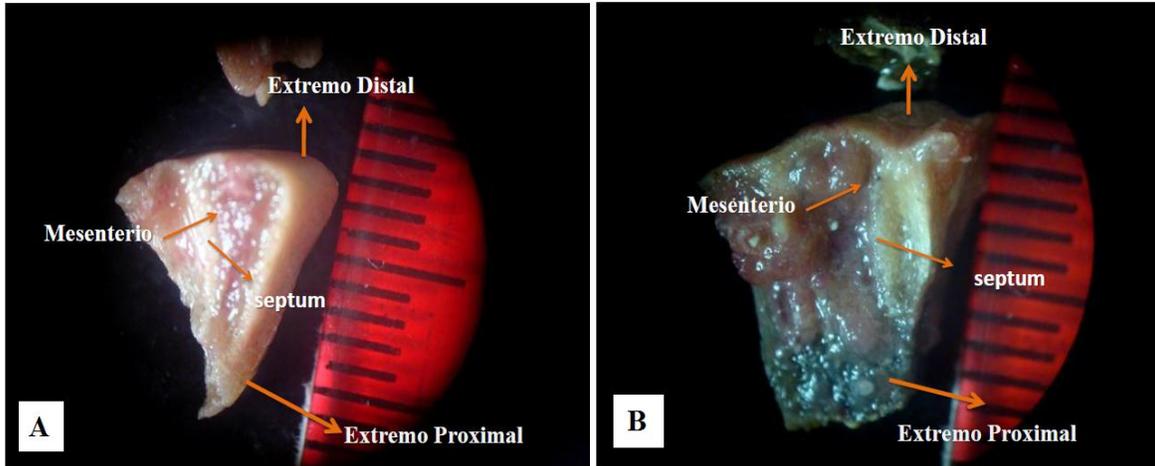


Figura 15. Punto de contacto entre *P. caribaeorum* y *P. caribaeorum*. A: Corte longitudinal de la parte más externa de la colonia que entró en contacto con la otra colonia. B: Corte longitudinal de la parte Central.

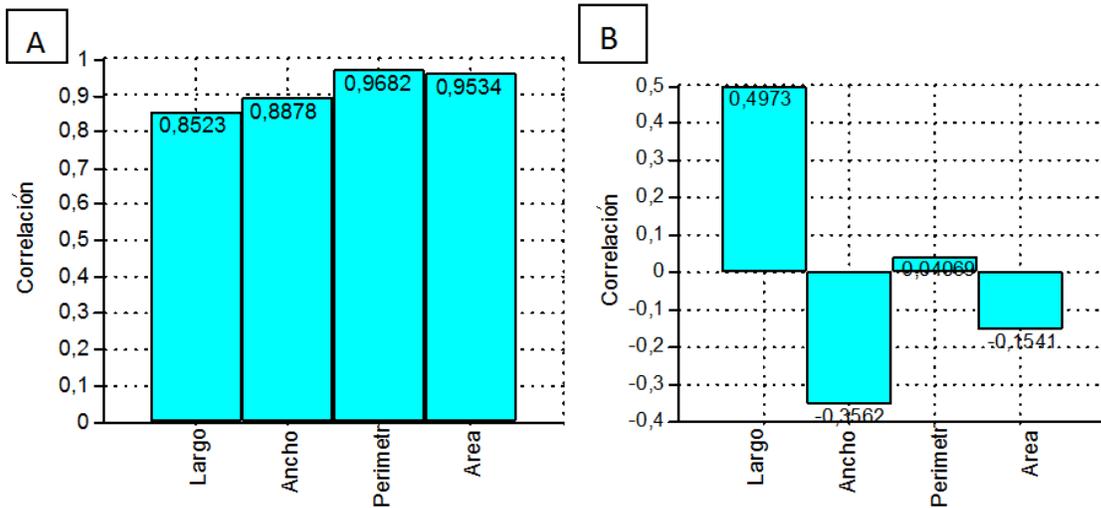
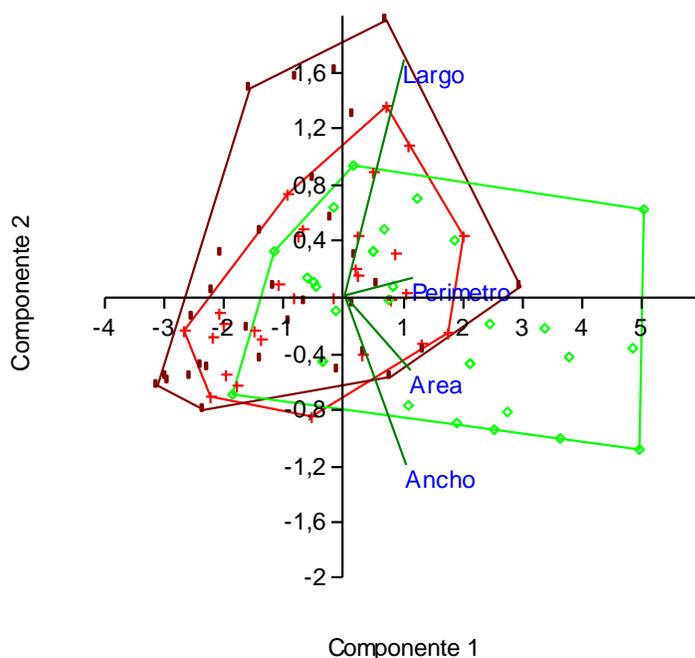


Figura 16. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2.

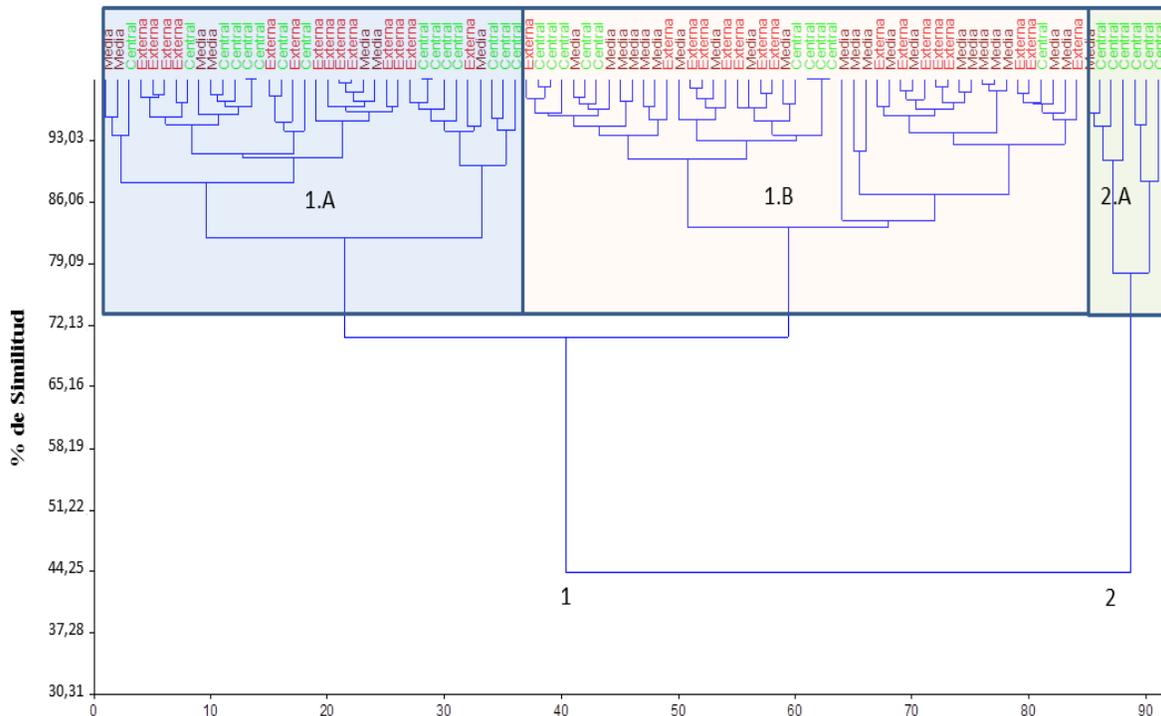


**Figura 17. Biplot del Análisis Componentes Principales en pólipos de *P. caribaeorum* que entraron en contacto con su misma especie (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), y pólipos del centro de las colonias (Central: ○).**

La evaluación de diferencias en las dimensiones de los pólipos ubicados en la área central de la colonia respecto a los de la zona de contacto con *P. caribaeorum*, no resultó estadísticamente significativa ( $P \gg 0,05$ ).

En la Figura 18 se presenta un dendrograma producto del análisis de agrupamiento (Cluster) aplicado a los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con su misma especie. Se formaron 3 grupos con homogeneidad variable entre 78,05 y 83,32% para cada agrupamiento de elementos. Más en detalle, se observa la misma tendencia del biplot, con una gran zona de superposición. El grupo 2A estuvo integrado principalmente por 86% aproximadamente de pólipos centrales y el resto Medios. Los otros dos grupos resultaron más diversos, el 1B compuesto por un 21% de pólipos centrales, 29% de Externos y un

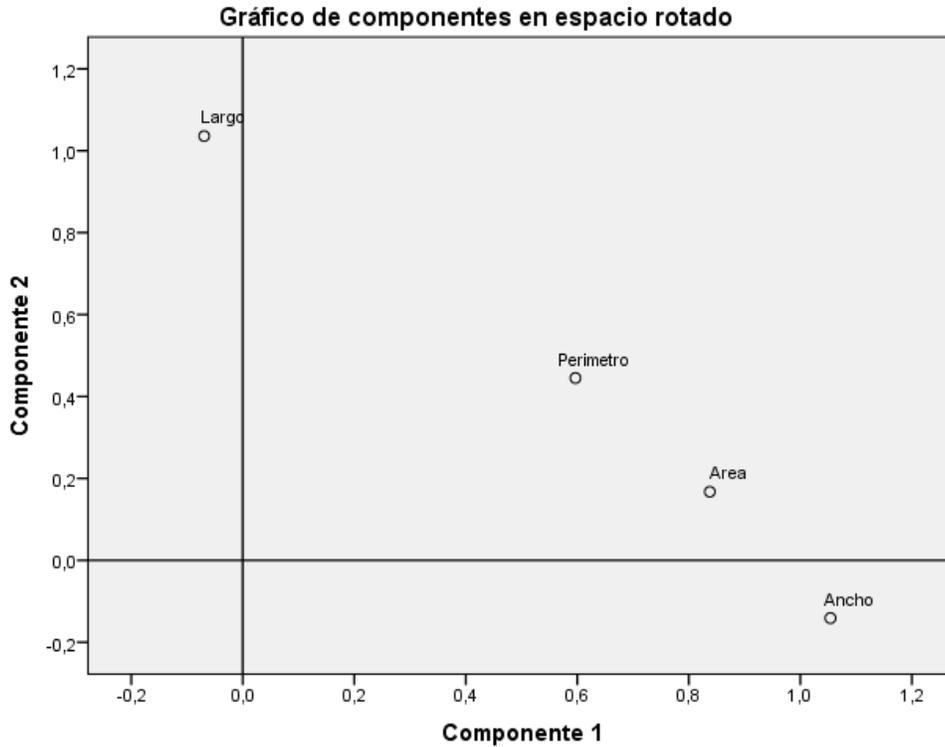
50% de Medios. El último grupo estuvo compuesto por un 19% de pólipos medios, un 31% de Centrales y un 61% de Externos.



**Figura 18. Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* que mantenían contacto con su misma especie. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central).**

Finalmente, el análisis de factores (Figura 19) representa el comportamiento general de los pólipos de una colonia en contacto con su misma especie, es decir, su apariencia general en contacto conespecífico. Una gran proporción de los pólipos tiende a ser redondeados, con perímetro, área y ancho 1,15 veces más representativos que el largo (Tabla D-1, anexos). Sin embargo, la longitud se incrementa lo suficiente para que esta superioridad del primer factor no sea tan marcada. Producto de la rotación no ortogonal, puede establecerse que los

factores obtenidos en el análisis mostraron una relación de magnitud  $r=0,725$ , lo cual representa una variación conjunta del 72,5%.

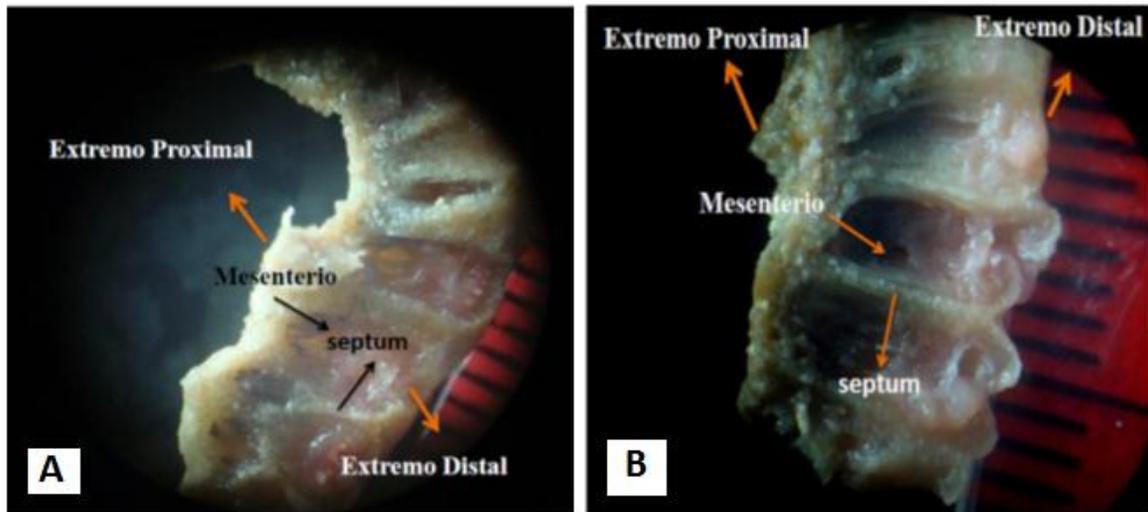


**Figura 19. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado.**

### **Interacción con macroalgas**

Con respecto a la interacción con macroalgas, no se pudo definir si los pólipos de *P. caribaeorum* eran afectados por un tipo de alga específica, debido a que se encontraron hasta 5 especies que tocaban al mismo tiempo la misma zona. Entre esas algas se lograron identificar los siguientes organismos: *Caulerpa racemosa*, *Laurencia* sp. *Halimeda opuntia*, *Dictyota* sp., *Ceramium* sp., *Jania* sp., *Hypnea* sp. y *Anotrichium* sp.

En la Figura 20 se pueden observar cortes de *P. caribaeorum*, específicamente de la zona que se encontró en contacto con algún tipo de macroalga, de la zona más externa (A) y de la zona más interna (B).



**Figura 20. Punto de contacto entre *P. caribaeorum* y macroalgas. A: Corte longitudinal de la parte más externa de la colonia que entró en contacto con macroalgas. B: Corte longitudinal de la parte central de la colonia.**

El análisis de componentes principales aplicado a los diferentes pólipos de *P. caribaeorum* en contacto directo con macroalgas señaló que un 94,8 % de la varianza total del sistema está contenida en los primeros dos componentes principales. Las variables perímetro y área aportan la mayor parte de la información del fenómeno asociándose todas las variables fuertemente al primer componente principal, en cambio, al segundo componente se asociaron medianamente el ancho y el largo (Figura, 21 A y B, Tabla A-2, anexos). Puede observarse como las variables perímetro y área se encuentran más relacionadas entre sí, mientras que largo y ancho son linealmente dependientes, lo que es señalado por el amplio ángulo entre ambas variables.

Estas mismas zonas de contacto se observan representadas en la Figura 22, donde se muestra un biplot del Análisis de Componentes Principales. Para los primeros dos grupos la mayor parte de los puntos se encuentran entre los valores negativos para cada una de las variables (lo que indica una longitud muy pequeña), sin embargo, hay algunos casos con perímetro y largo elevados. Con respecto a los Medios, su comportamiento resultó ser más similar a los Externos que a los Centrales, con la diferencia de que su varianza es un poco menor. Por otra parte, los pólipos centrales poseen una mayor área y son muy pocos los pólipos que se encontraron en el III cuadrante en donde tanto  $x$  como  $y$  son menores que 0.

Cuando los pólipos de *P. caribaeorum* se encontraron en contacto con colonias de macroalgas mostraron una forma más alargada, así como también reducción de su ancho (Figura 22). Se generaron, al igual que en el caso anterior, características morfométricas que permitieron el reconocimiento de tres grupos con una amplia zona de solapamiento (Externos, Medios, Centrales), nuevamente los Centrales mostraron la mayor varianza de los tres grupos, seguidos por los Medios.

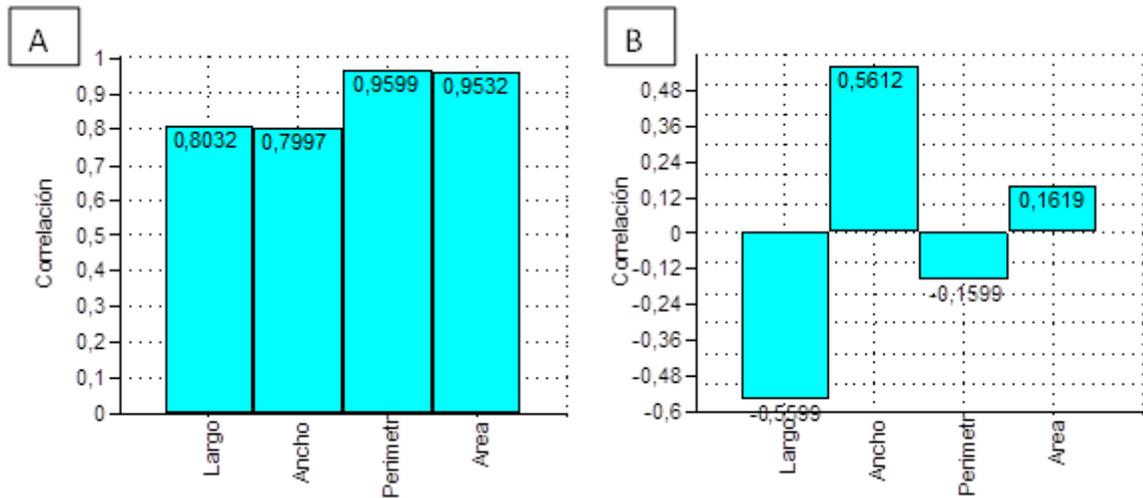


Figura 21. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2.

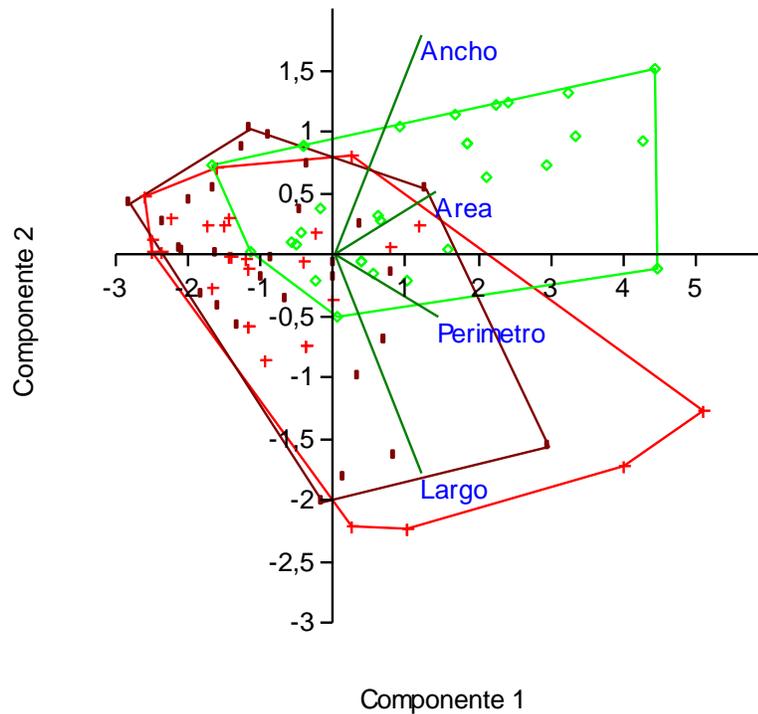
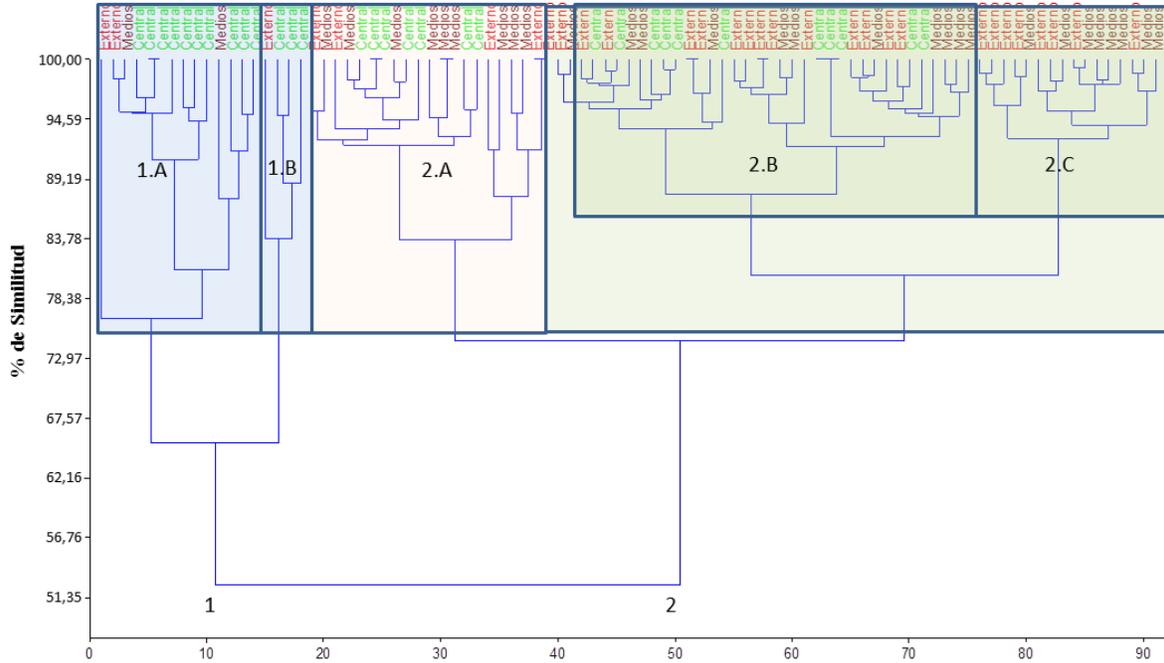


Figura 22 . Biplot del Análisis de Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con grupos de macroalgas (**Externa: +**), pólipos adyacentes a la zona de contacto (**Media: ■**) en contraste con pólipos del centro de las colonias (**Central: ○**).

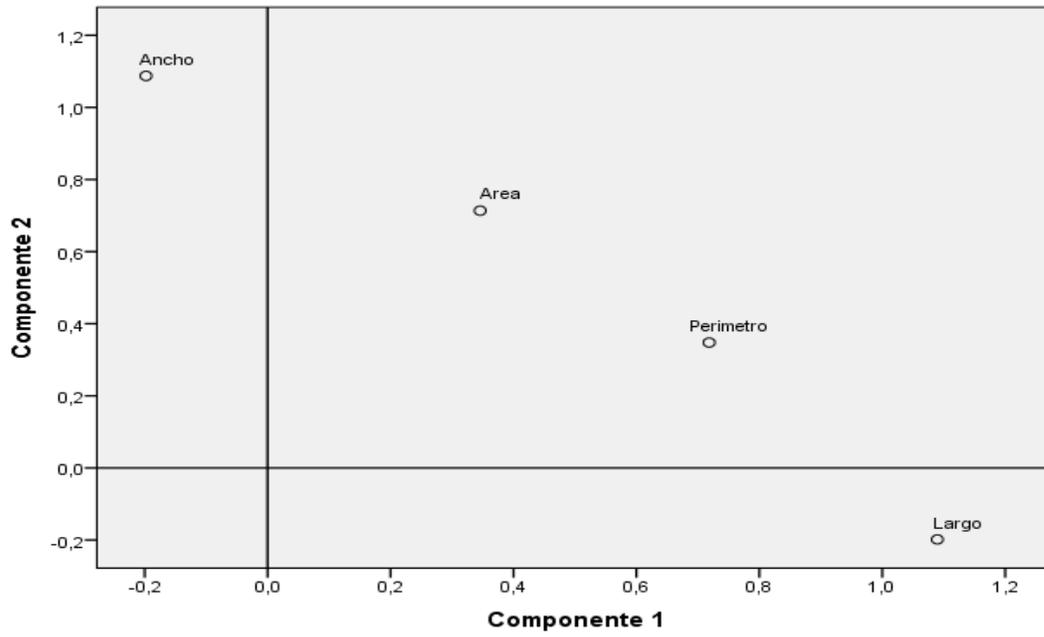
La evaluación de diferencias en la dimensiones de los pólipos ubicados en la área central de la colonia respecto a los de la zona de contacto con macroalgas no resultó estadísticamente significativa ( $P \gg 0.05$ ).

En la Figura 23 se presenta un dendrograma producto del análisis de agrupamiento aplicado a los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con macroalgas. Se formaron 4 grupos con homogeneidad variable entre 77,16 y 84,95% para cada agrupamiento de elementos, más en detalle se observa la misma tendencia del biplot en donde hay una zona grande de sobreposición. El primero (grupo 1-A), compuesto por un 14% de pólipos Externos, 14% pólipos medios y un 71% de pólipos centrales; el grupo 1-B compuesto por un 25% de pólipos externos y el otro 75% de pólipos centrales. El grupo 2 se encuentra dividido en dos grandes grupos: 2- A y 2-B; el 2-A compuesto en un 24% por pólipos Externos, un 29% por pólipos medios y un 47% por pólipos centrales. El grupo 2-B en cambio está compuesto por un 43% de pólipos Externos, un 21% de pólipos centrales y un 36% de pólipos medios., Este Grupo 2B se divide marcadamente en dos zonas casi al 90% de similitud, una zona 2C representada en un 47 % de por Pólipos medios y el resto es Externos, y una zona 2B representada casi de manera equilibrada por los 3 grupos.



**Figura 23. Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* en contacto con agrupaciones de macroalgas. Puntos de interacción (**Externos**), pólipos adyacentes (**Media**), pólipos de la parte central de la colonia (**Central**)**

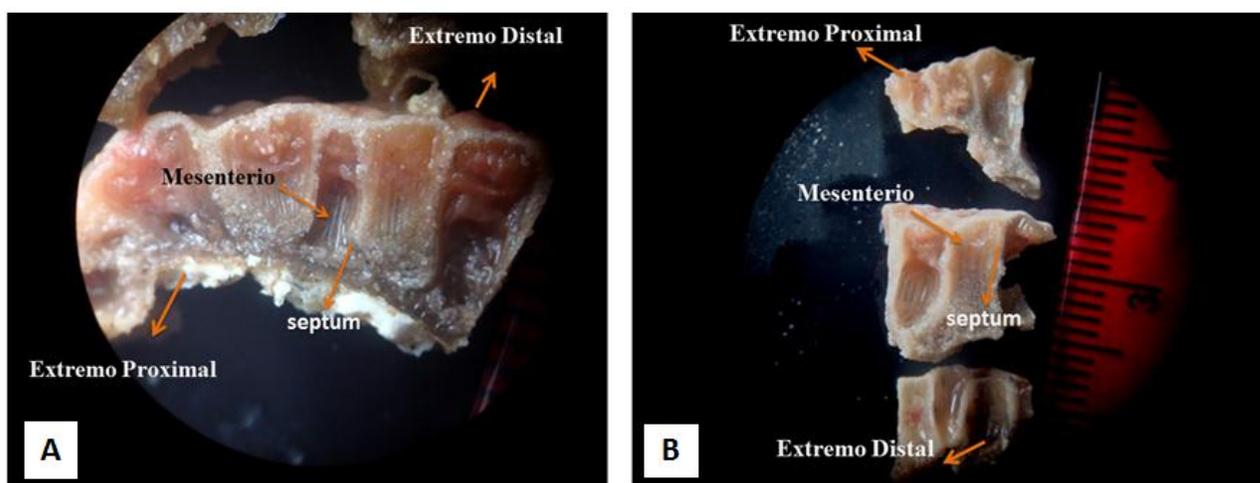
Finalmente, el análisis de factores (Figura 24) representa el comportamiento general de todos los pólipos de una colonia en contacto con macroalgas. Los pólipos muestran longitudes grandes (ancho y largo), aquellos con longitudes anchas grandes parecen estar asociados a un área mayor; por el contrario, aquellos pólipos con mayor largo parecen indicar un perímetro menor. La relación largo y ancho resultó ser 1,002 veces mayor (Tabla D-2, anexos).



**Figura 24. Gráfico de dispersiones factoriales, método extracción componentes principales en un espacio rotado.**

## Interacción con *Millepora.sp*

En cuanto a la ultraestructura (Figura 25) no se observó pérdida de mesoglea pero sí una diferencia en el tamaño de los pólipos, siendo los pólipos de las zonas más externas (A) de menor diámetro y largo; y mayores en las zonas más internas (B).



**Figura 25. Punto de contacto entre *P.caribaeorum* y *Millepora.sp*. A: corte Longitudinal de la parte más externa de la colonia que entro en contacto el género *Millepora.sp*. B: corte longitudinal de la parte central de la colonia.**

En la Figura 26 se observa que el porcentaje de varianza explicada sólo por el primer componente es de 89,087%, y junto al segundo explica el 96,29% del fenómeno.

En la Figura 27 se puede observar el comportamiento de los pólipos que permanecieron en contacto directo con *Millepora complanata*, los pólipos medios y pólipos centrales, estos últimos de colonias aparentemente sin interacción. Existió una gran sobreposición para cada una de las áreas sin, embargo, la misma presentó una mayor varianza respecto al

perímetro y largo para los pólipos medios, no obstante, esta varianza es ocasionada sólo por dos pólipos, que muy probablemente constituyen valores extremos.

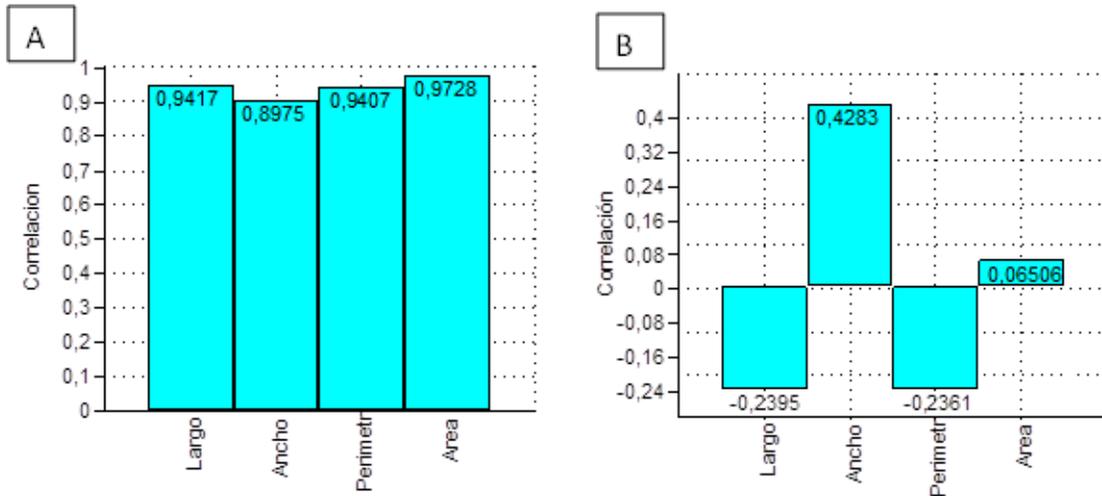


Figura 26. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2.

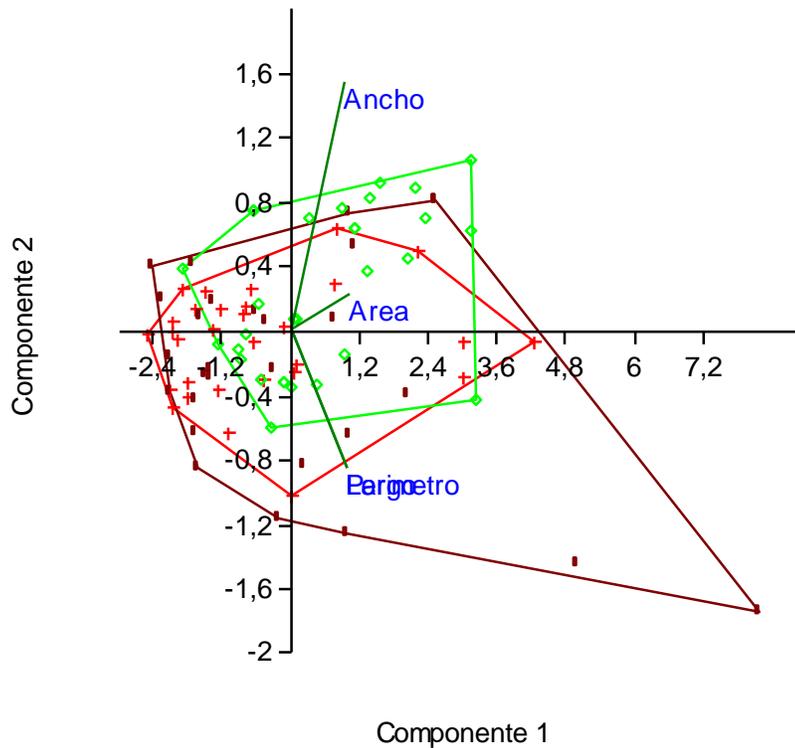
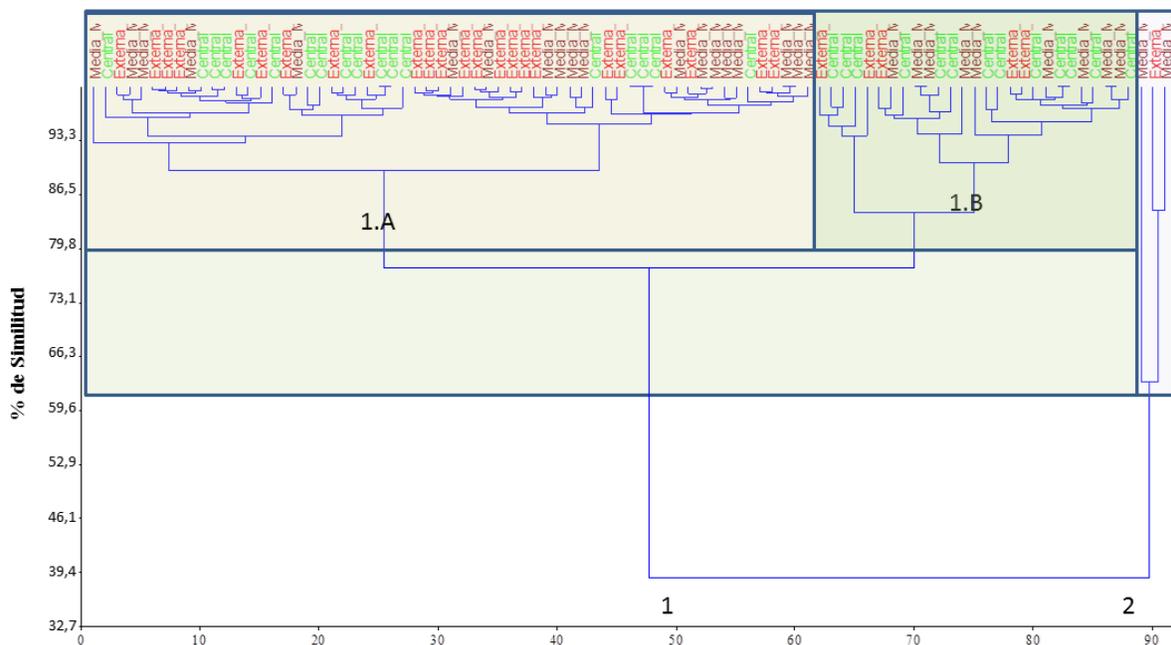


Figura 27. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *Millepora complanata* (**Externa: +**), pólipos adyacentes a la zona de contacto (**Media: ■**), en contraste con pólipos del centro de las colonias (**Central: ○**).

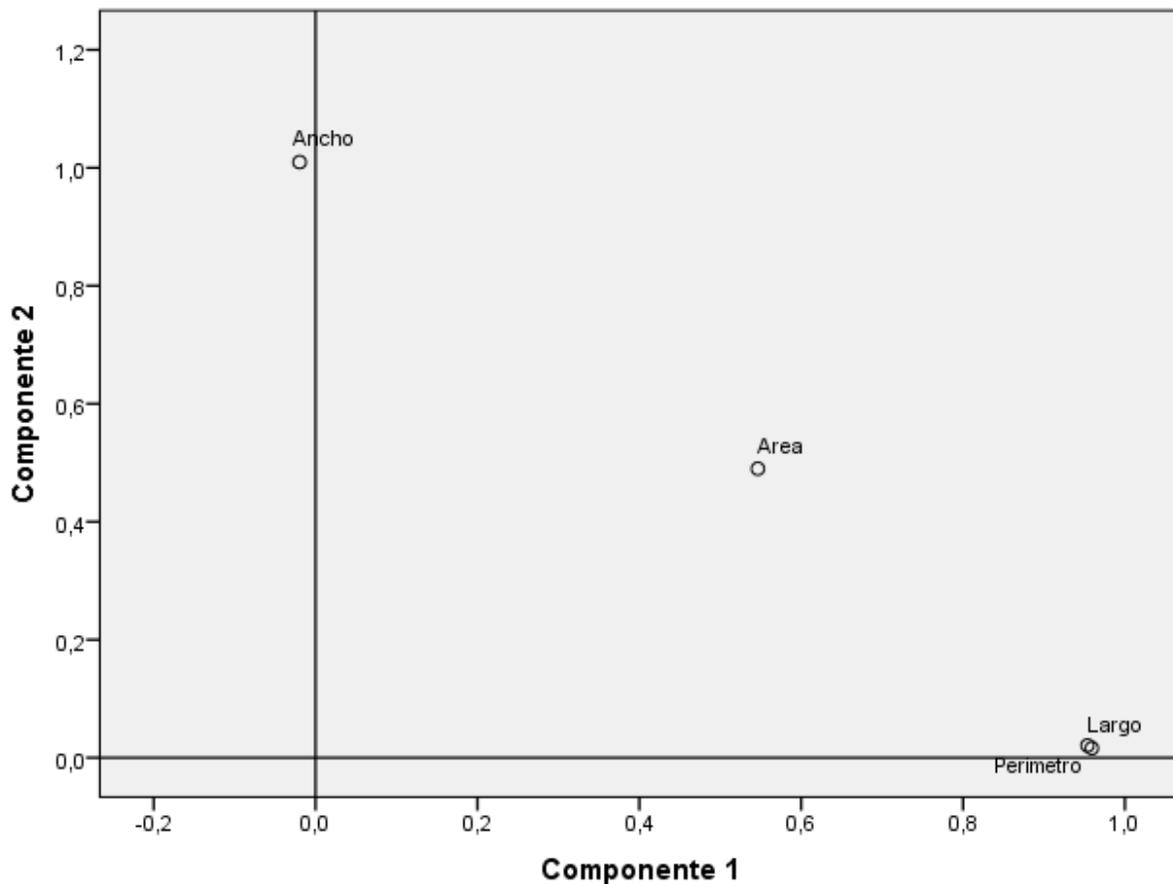
La evaluación de diferencias en las dimensiones de los pólipos ubicados en la área central de la colonia, respecto a los de la zona de contacto con milleporinos, no resultó estadísticamente significativa ( $P \gg 0,05$ ).

Dentro de este marco, en la Figura 28 tenemos el análisis de Cluster para la especie antes mencionada, en donde se pueden diferenciar 2 grandes grupos muy heterogéneos y uno más pequeño. El más pequeño está conformado en un 67% por pólipos medios, y en un 33% por pólipos Externos; el grupo 1.B está compuesto por 19% de pólipos Externos, 33% de pólipos medios y un 52% de pólipos centrales. El grupo 1.A. está compuesto por un 12% de pólipos centrales, 41% de pólipos medios y un 46% de pólipos Externos. Por último, el grupo 4 posee un mayor número de pólipos centrales, con un 47%, seguido de los pólipos Externos, con un 33%, y por último, pólipos medios en un 19%.



**Figura 28.** Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* que mantenían contacto con *M. complanata*. Puntos de interacción (**Externos**), pólipos adyacentes (**Media**), pólipos de la parte central de la colonia (**Central**).

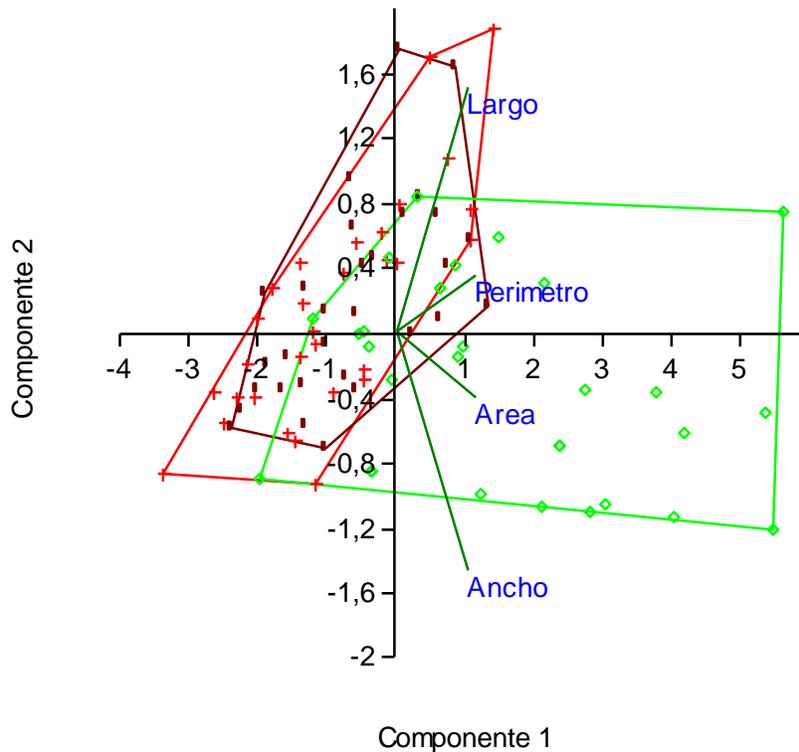
En cuanto al análisis de factores de las colonias en contacto con *M. Complanata* Figura 29, se observaron unos cuantos pólipos muy alargados y el perímetro se mantuvo a una longitud similar. La reducción de ancho y área resulto ser 1.12 veces mayor (Tabla D-3, anexos).



**Figura 29. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado.**

En la Figura 30 se puede observar un biplot que muestra el comportamiento de los pólipos en contacto con *Millepora alcicornis* (línea roja), los pólipos medios de esta interacción

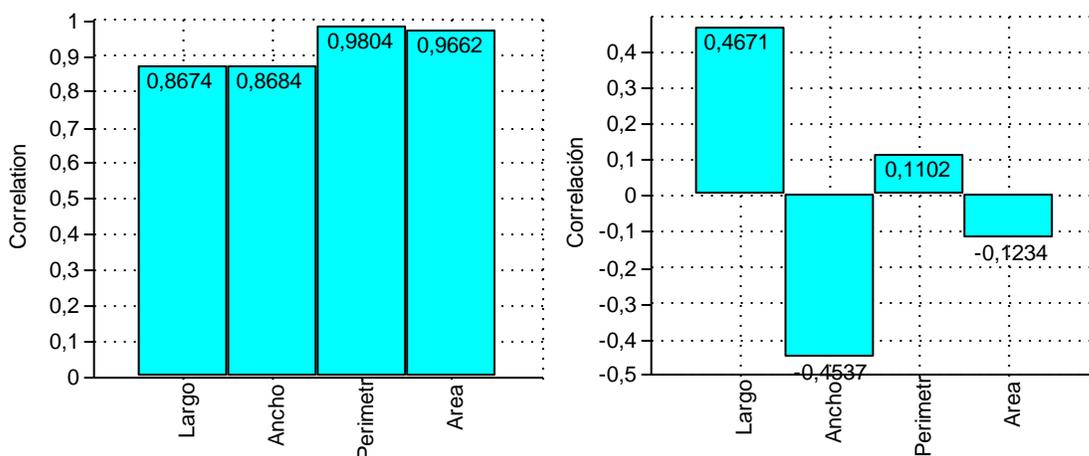
(línea marrón) y aquellos analizados de la parte central de colonias sanas (línea verde). El comportamiento de los pólipos afectados e intermedios es bastante similar, sin embargo, hay una reducción en el área y ancho de aquellos pólipos en contacto directo con *Millepora*.



**Figura 30. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *M. alcicornis* (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○).**

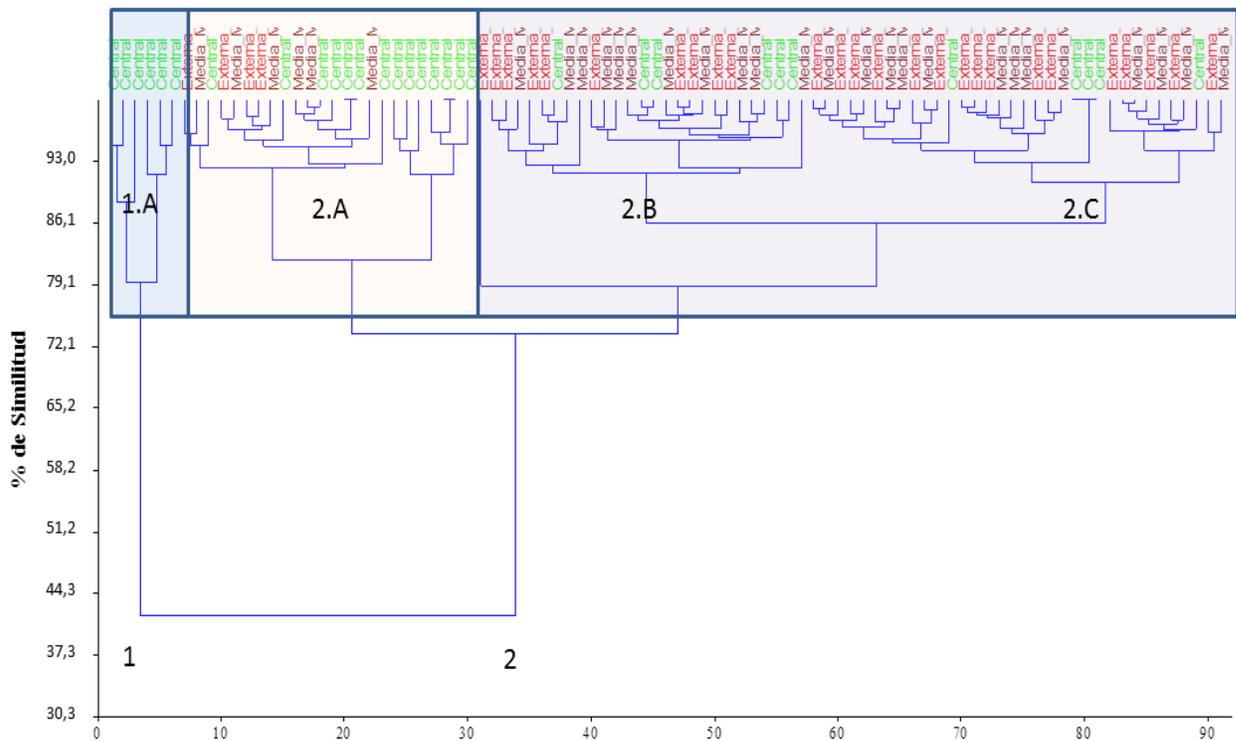
En cuanto a la Figura 31, podemos observar que para el componente principal 1 tenemos una participación equilibrada de cada una de las variables, es decir que cualquiera de las mismas es capaz de explicar muy bien el fenómeno. Mientras en el componente principal 2 observamos la dependencia de cada una de estas variables respecto a la otra, así mismo se

puede notar que las variables largo y ancho son inversamente proporcionales entre sí, al igual que los variables perímetro y área.



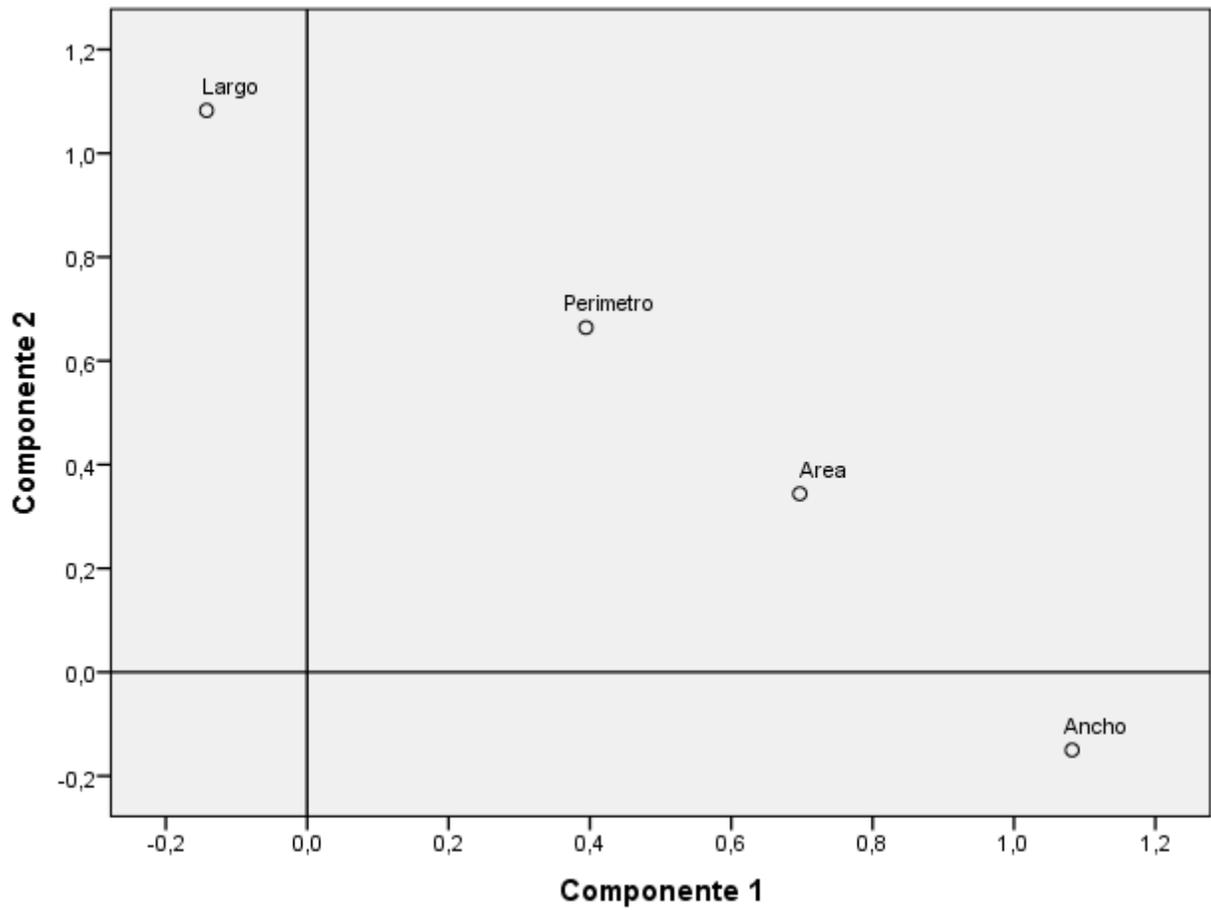
**Figura 31. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2.**

Dentro de ese marco, en la Figura 32 tenemos el análisis de Cluster para la especie antes mencionada, en donde se pueden observar dos grupos, el primero de ellos muy bien definido al cual llamaremos grupo 1 y está compuesto en un 100% por pólipos centrales; el segundo grupo está dividido en al menos 3 grandes grupos, del cual distinguiremos el 2A, 2B y 2C, en primer grupo 2A presenta: 16,7% de pólipos Externos, 25% de pólipos medios y un 41,7% de pólipos centrales. En el grupo 2B se observan: 22,2% de pólipos centrales, 37% de pólipos medios y 40,7% de pólipos Externos. Por último en el grupo 2C observamos un 15% de pólipos centrales, 42,4% de pólipos medios y un 42,5% de pólipos Externos.



**Figura 32** Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* en contacto con *M. alcicornis*. Puntos de interacción (**Externos**), pólipos adyacentes (**Media**), pólipos de la parte central de la colonia (**Central**).

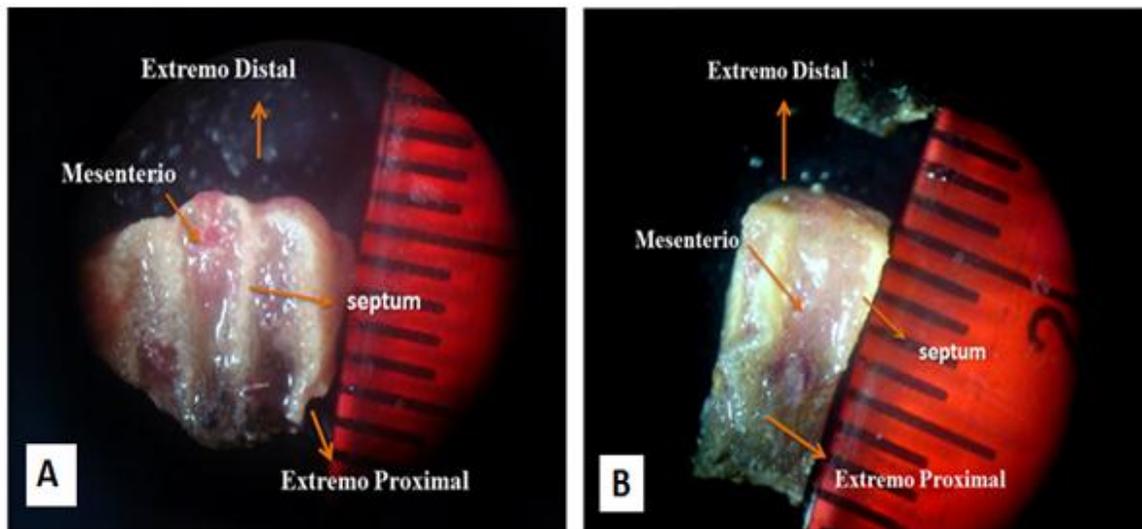
En cuanto al análisis de factores de las colonias en contacto con *Millepora alcicornis*, los pólipos parecen tener una apariencia ovalada, dado que en la Figura 33 se observa una reducción del largo y por consiguiente aumento del ancho, el perímetro y área están asociados a ambos componentes, tampoco parece haber una reducción importante en comparación con los pólipos centrales. La reducción de ancho y área resultó ser 1,12 veces mayor (Tabla D-4, anexos).



**Figura 33. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado.**

## Interacción con *Zoanthus.sp*

Con respecto a *Zoanthus*, al examinar los cortes longitudinales de colonias de *P. caribaeorum* (Figura 34) en presencia de dicho género no se observó diferencia notable en el conénquima en ambas secciones. Respecto al mesénquima, se observó de un color saludable en todas las muestras.

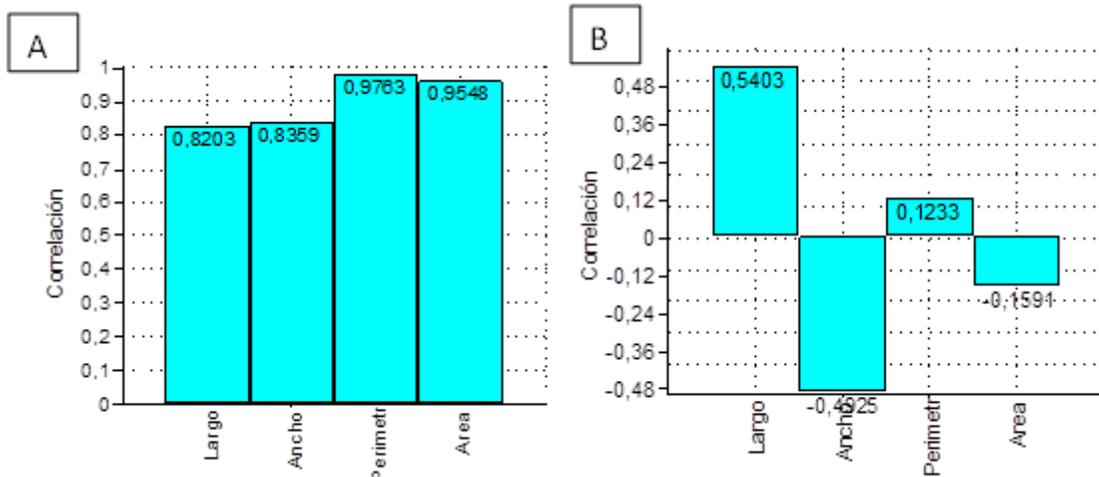


**Figura 34.** Punto de contacto entre *P. caribaeorum* y *Zoanthus sp.* **A:** corte Longitudinal de la parte más externa de la colonia que entro en contacto el género *Zoanthus sp.* **B:** corte longitudinal de la parte central de la colonia.

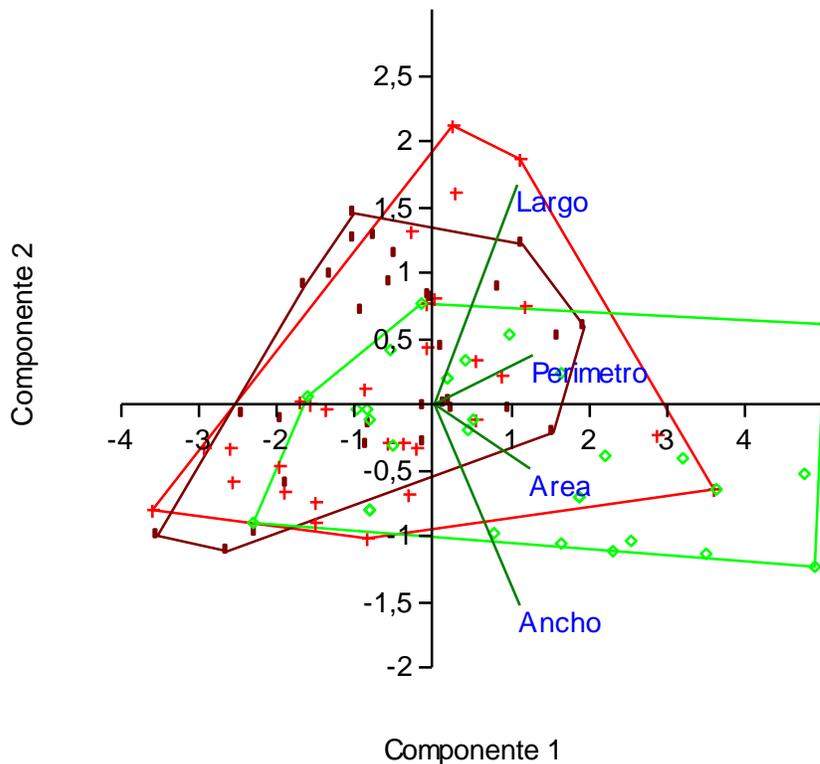
La evaluación de diferencias de dimensiones de los pólipos ubicados en la área central de la colonia respecto a los de la zona de contacto con *Zoanthus sp.* no resultó estadísticamente significativa ( $P \gg 0.05$ ).

El análisis de componentes principales aplicado a los diferentes pólipos de *P. caribaeorum* en contacto directo con colonias de *Zoanthus.sp* señaló que un 95% de la varianza total del sistema está contenida en los dos primeros componentes principales. En el primer componente tenemos una participación equilibrada de cada una de las variables, es decir que cualquiera de las mismas es capaz de explicar muy bien el fenómeno, de estas son perímetro y área las que aportan la mayor parte de la información. Para el segundo componente observamos la dependencia de cada una de estas variables respecto a la otra, siendo la variable largo la que tuvo más participación en este componente (Figura 35 A y B, Tabla A-4, anexos).

Respecto al biplot obtenido del análisis de componentes principales Figura 35, se obtuvo nuevamente una relación muy estrecha entre el perímetro y el área, así como cierta dependencia entre las variables largo y ancho.



**Figura 35. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2.**

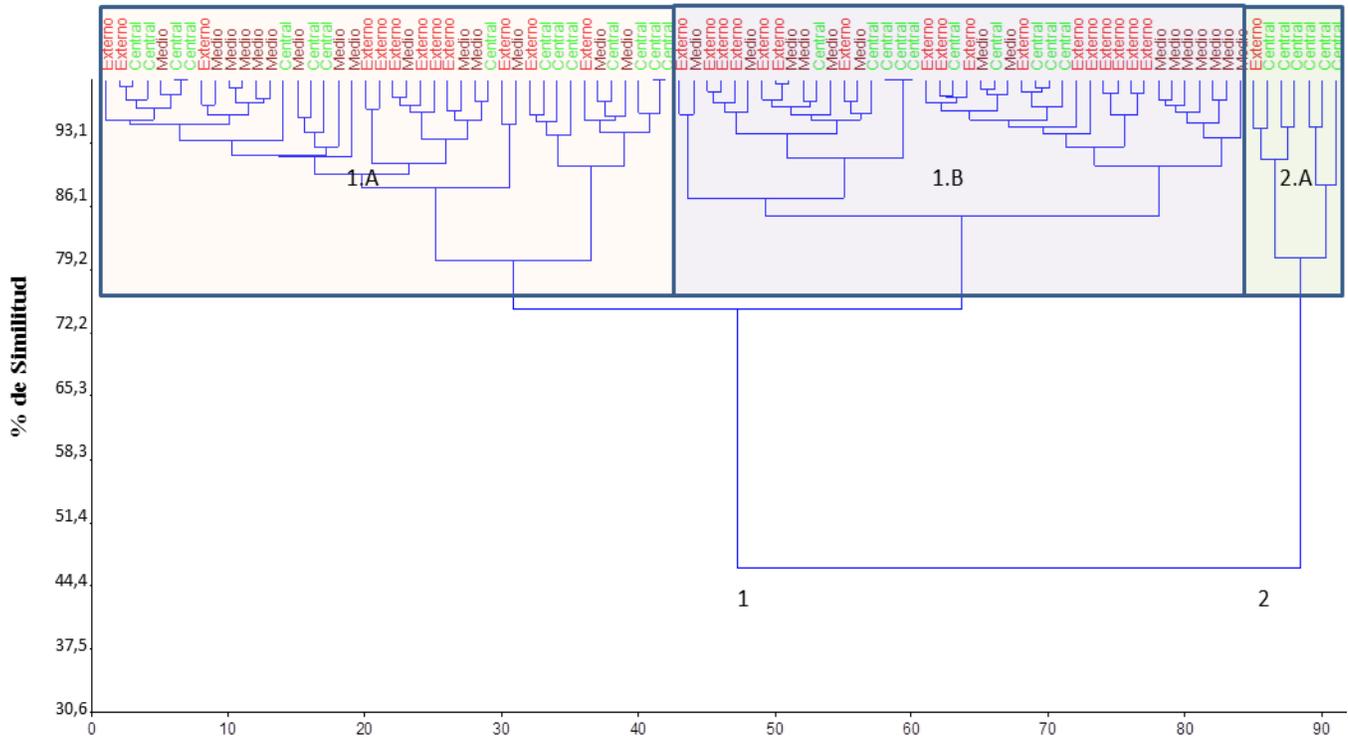


**Figura 36. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto *Zoanthus* sp (**Externa: +**), pólipos adyacentes a la zona de contacto (**Media: ■**), en contraste con pólipos del centro de las colonias (**Central: ◇**).**

La evaluación de diferencias en la dimensión de los pólipos ubicados en la área central de la colonia respecto a los de la zona de contacto con *Zoanthus* no resultó estadísticamente significativa ( $P \gg 0.05$ ).

En la Figura 37 se observa el análisis de Cluster aplicado a las colonias de *Palythoa caribaeorum* que entraron en contacto con el género *Zoanthus*, del cual se pueden distinguir 3 grupos: en el primero pueden distinguirse al menos 3 (1.A, 1B y 2.A) y en el segundo un solo grupo. El grupo 1 es muy heterogéneo, el 1.A está conformado por un 29% de pólipos Externos, un 33% de pólipos medios y un 38% de pólipos centrales. El grupo 1B presentó

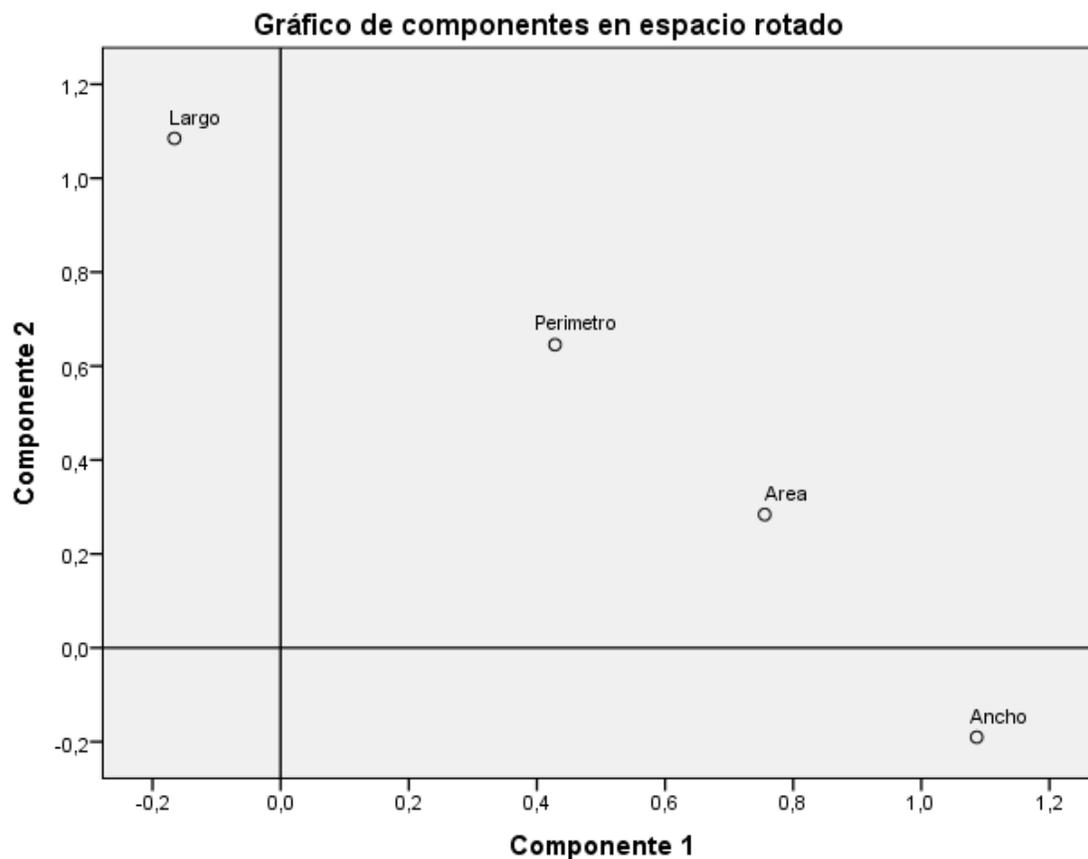
un 28% de pólipos medios, 22% de pólipos con características centrales y un 50% de pólipos Externos. El grupo 1C presentó un 22% de pólipos centrales, un 35% de pólipos medios y un 43% de pólipos Externos. El grupo 2 fue bastante homogéneo y se encontró constituido en un 88% por pólipos centrales y un 12% por pólipos Externos.



**Figura 37** Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* que mantenían contacto con *Zoanthus* sp. Puntos de interacción (**Externos**), pólipos adyacentes (**Media**), pólipos de la parte central de la colonia (**Central**)

En cuanto al análisis de factores de las colonias en contacto con *Zoanthus* sp., los pólipos parecen tener una apariencia ovalada, dado que en la Figura 38 se observa una reducción

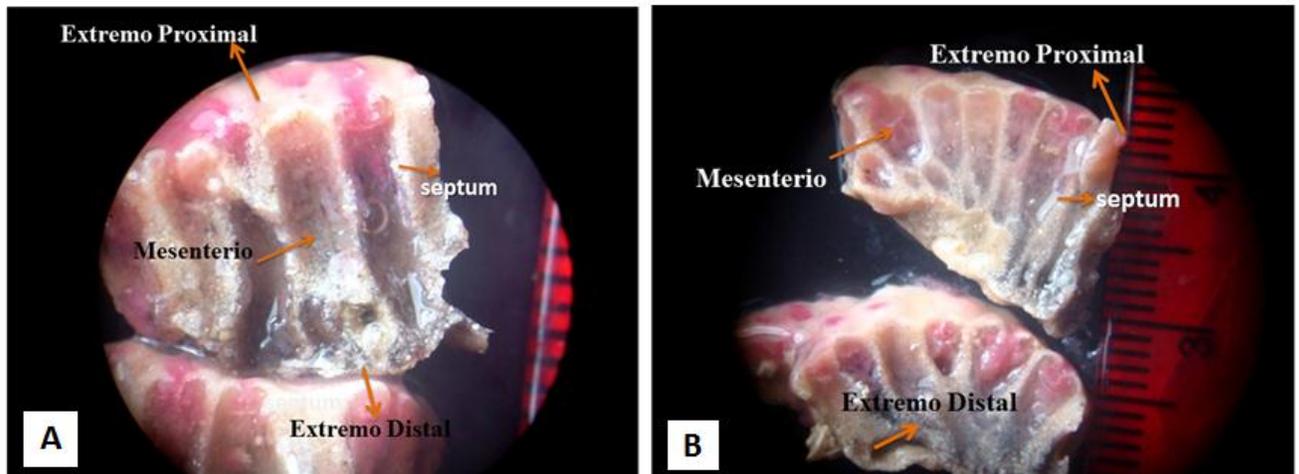
del largo y por consiguiente un aumento del ancho. Las variables perímetro y área están asociadas a ambos componentes, pero tampoco parece haber una reducción importante en comparación con los polípos centrales. La reducción del ancho y área resulto ser 1.05 veces mayor.



**Figura 38. Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado.**

## Interacción con *Amphimedon erina*

Al examinar cortes transversales de las colonias de *P. caribaeorum* (Figura 39), tanto de los puntos en contacto con la esponja *A. erina* como de los pólipos centrales de la colonia, no se observaron diferencias entre los puntos de contacto y la Zona Central.



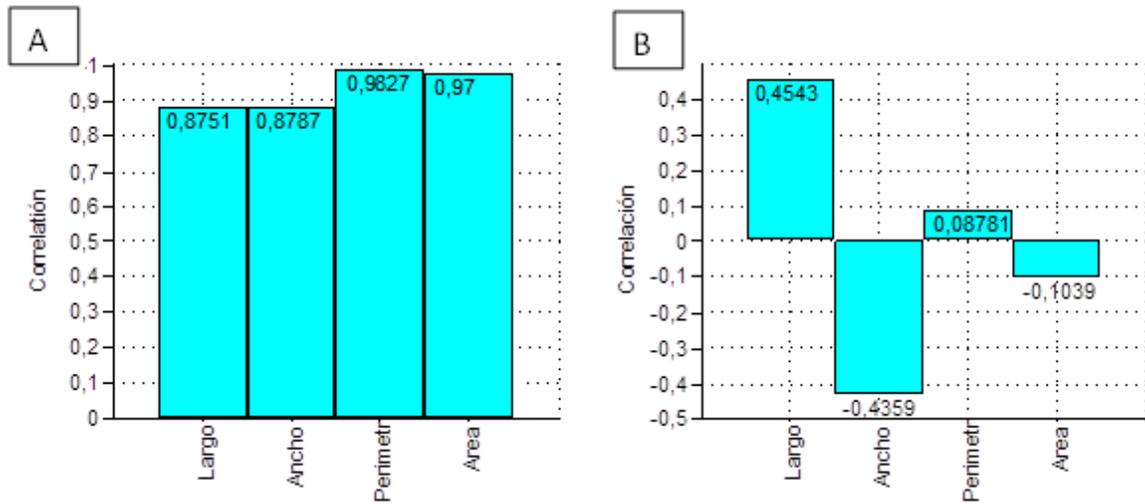
**Figura 39. Punto de contacto entre *P. caribaeorum* y *A. erina*. A: corte Longitudinal de la parte más externa de la colonia que entro en contacto el género *A. erina* B: corte longitudinal de la parte central de la colonia.**

La evaluación de diferencias en la dimensión de los pólipos ubicados en la área central de la colonia respecto a los de la zona de contacto con *A. erina* no resultó estadísticamente significativa ( $P >> 0.05$ ).

El análisis de componentes principales resultante de los datos de contacto directo de *P. caribaeorum* con la esponja *A. erina* señalo que un 96,49% de la varianza total del sistema está contenida en los primeros dos componentes principales. Las variables perímetro y área aportan la mayor parte de la información del fenómeno, asociándose todas las variables fuertemente al primer componente principal, y nuevamente el largo y el ancho en una medida intermedia al segundo componente (Figura, 40 A y B, Tabla A-5, anexos). Más en

detalle, el biplot que se muestra en la Figura 41 señala la disposición de las variables y los casos respecto a los dos primeros componentes principales. Puede observarse como las variables perímetro y área se encuentran más relacionadas entre sí, mientras que largo y ancho son linealmente dependientes.

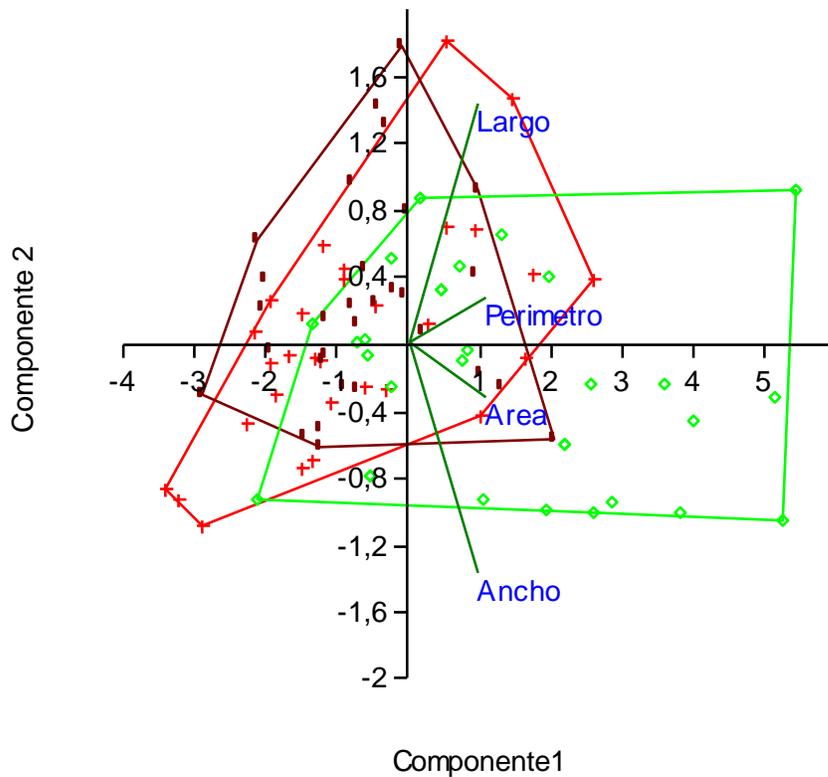
En la Figura 40 se puede observar la diferencia entre el perímetro, área, largo y ancho que existen para todas las categorías evaluadas para *A. erina*. Los pólipos encontrados en la zona de contacto y aquellos con una condición media mostraron un comportamiento muy similar, sin embargo los pólipos centrales, al igual que en todos los casos anteriores, son los que poseen la mayor varianza.



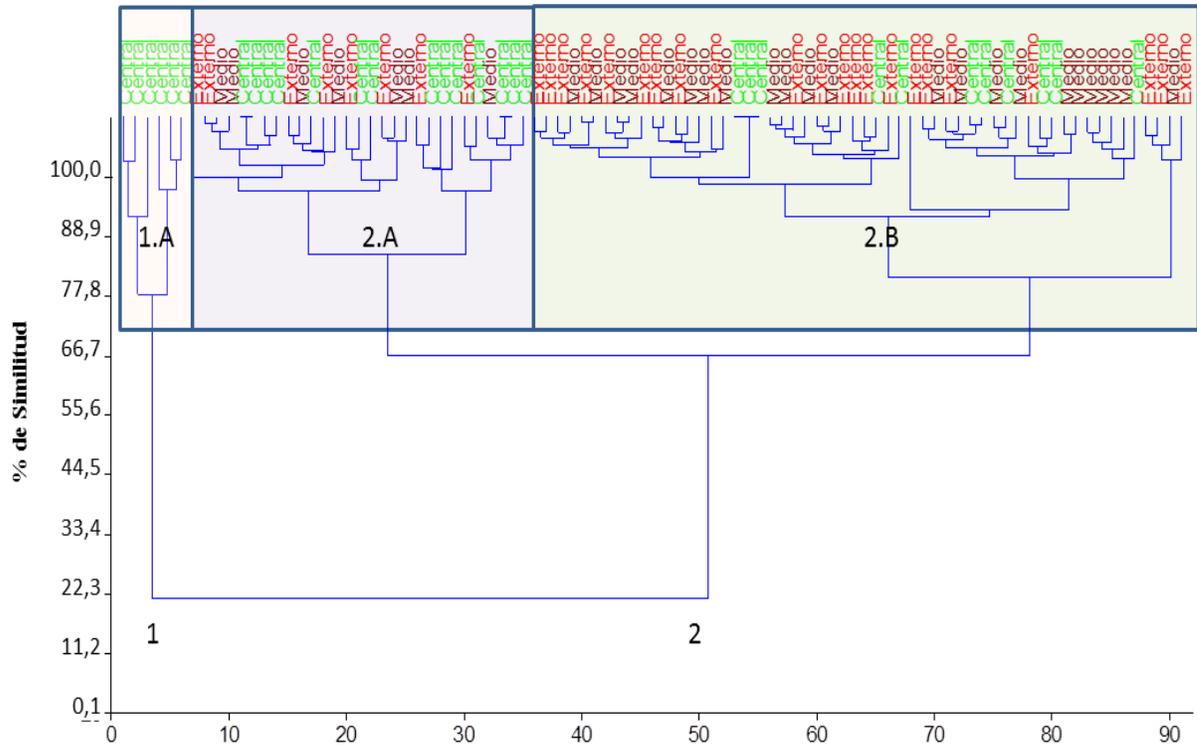
**Figura 40 . A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2.**

La evaluación de diferencias en la dimensión de los pólipos ubicados en la área central de la colonia respecto a los de la zona de contacto con *A. erina*, no resultó estadísticamente significativa ( $P \gg 0,05$ ).

En la Figura 42 tenemos el análisis de cluster para la especie antes mencionada, en donde se pueden diferenciar principalmente 3 grupos con homogeneidad variable entre 78 y 82%. El primero de ellos (1A) es muy homogéneo, con un 100% de pólipos centrales; en el segundo grupo (2A) se observa un 31% de pólipos Externos, 27% de pólipos medios y un 42% de pólipos centrales; en el tercer grupo (3A) tenemos 20% de pólipos centrales, 42% de pólipos medios y 38% de pólipos Externos.

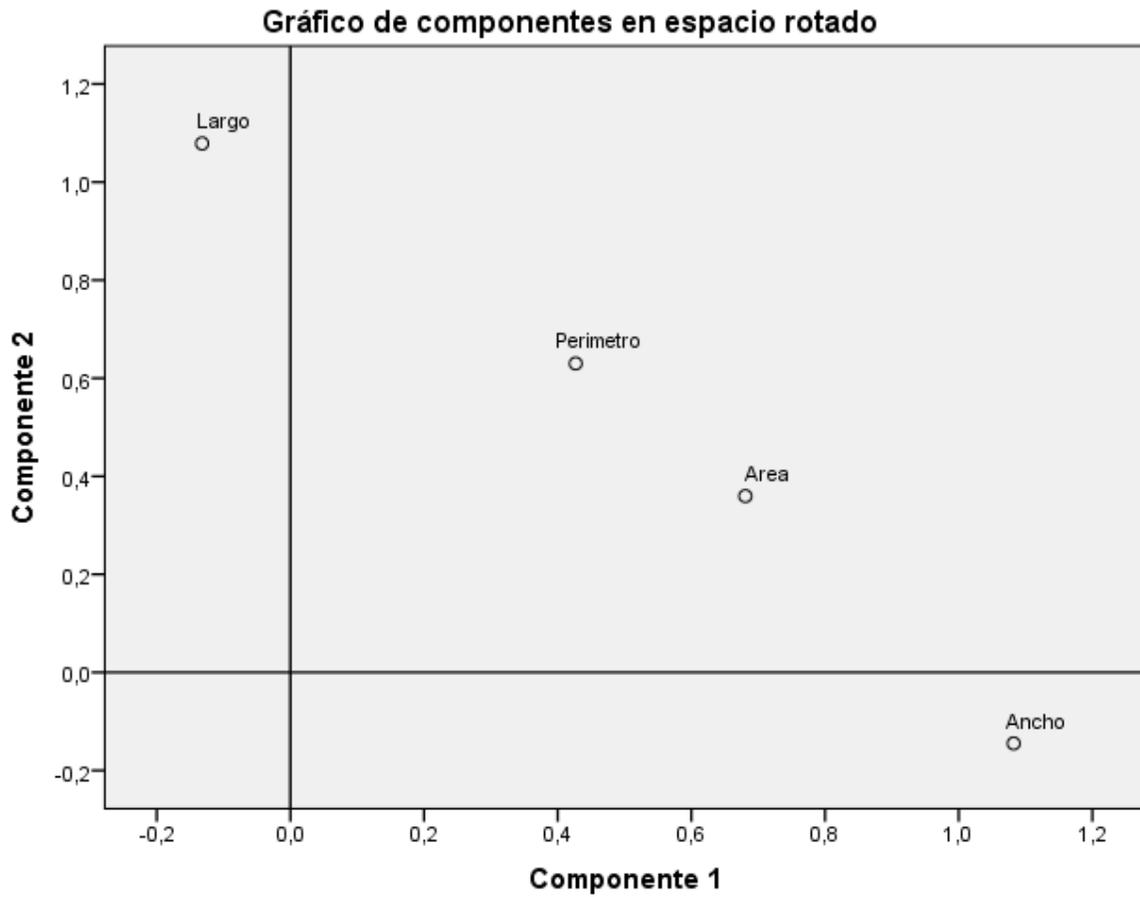


**Figura 41** Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *A. erina* (**Externa: +**), pólipos adyacentes a la zona de contacto (**Media: ■**), en contraste con pólipos del centro de las colonias (**Central: ○**).



**Figura 42** Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* en contacto con *A. erina*. Puntos de interacción (**Externos**), pólipos adyacentes (**Medios**), pólipos de la parte central de la colonia (**Central**)

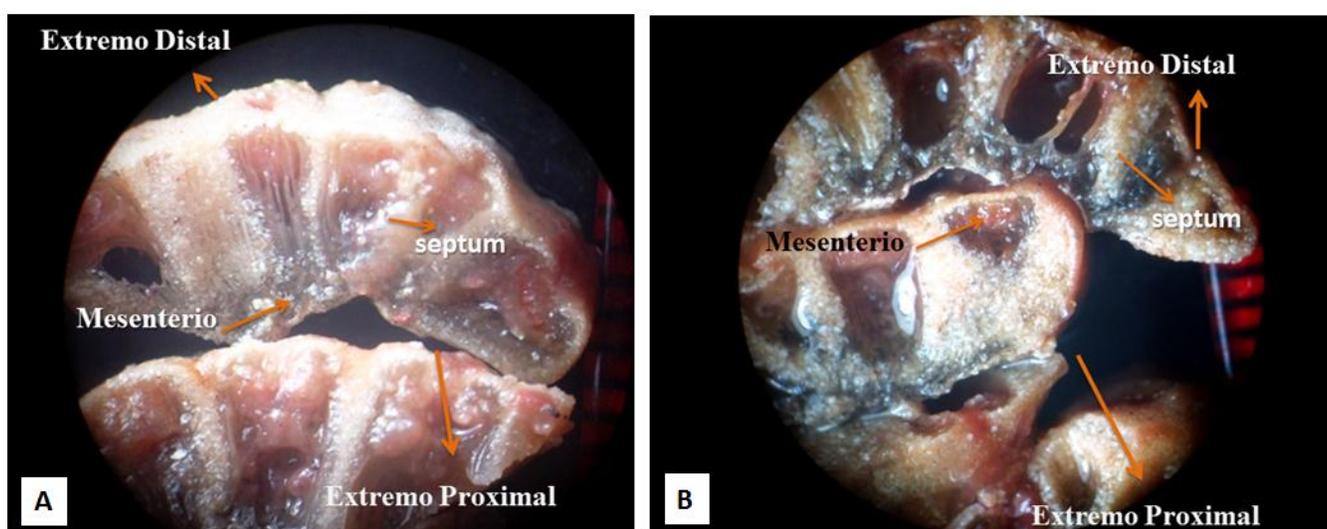
Los pólipos parecen tener una apariencia ovalada, dado que en la Figura 43 se observa una reducción del largo y por consiguiente un aumento del ancho. El perímetro y área están asociados a ambos componentes, pero tampoco parece haber una reducción importante en comparación con los pólipos centrales.



**Figura 43.** Gráfico de dispersiones factoriales, usando el método de extracción de componentes principales en un espacio rotado.

## Interacción con *Erythropodium caribaeorum*

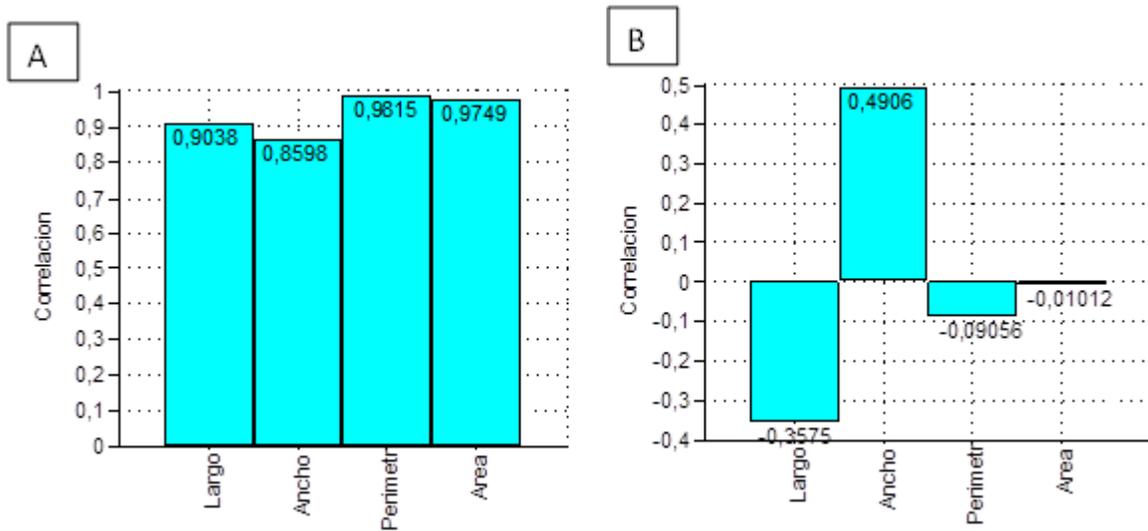
En la Figura 44 se observa la morfología interna de 3 cortes de *Palythoa caribaeorum*, el primero (A) corresponde a pólipos que mantenía contacto con colonias de *Erythropodium caribaeorum*, y el segundo (B) es un corte del disco central de la misma colonia (parte más interna de la colonia).



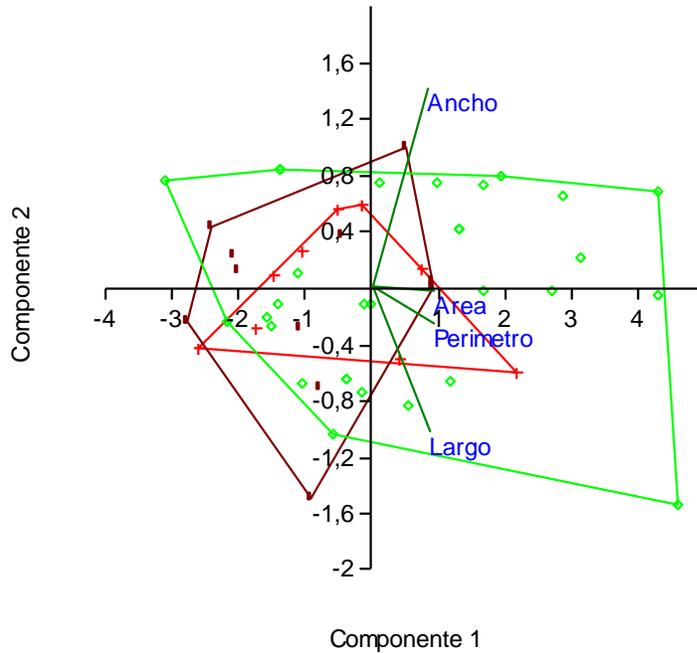
**Figura 44. Punto de contacto entre *P. caribaeorum* y *E. caribaeorum*. A: corte longitudinal de la parte más externa de la colonia en contacto con *E. caribaeorum*. B: corte longitudinal de la parte central de la colonia.**

El análisis de componentes principales aplicado a los diferentes pólipos de *P. caribaeorum* en contacto directo con colonias de *E. caribaeorum* señaló que un 96% de la varianza total del sistema está contenida en los primeros dos componentes principales. Las variables perímetro y área aportan la mayor parte de la información del fenómeno, asociándose todas las variables fuertemente al primer componente principal, pero esta vez es el ancho el que aporta mayor información al componente principal 2 (Figura 45, A y B, Tabla A-6, Anexo A). Más en detalle, el biplot que se muestra en la Figura 46 señala la disposición de las

variables y los casos respecto a los dos primeros componentes principales. Las variables perímetro y área se observaron estrechamente relacionadas entre sí, por su parte largo y ancho presentaron una dependencia cercanamente lineal.



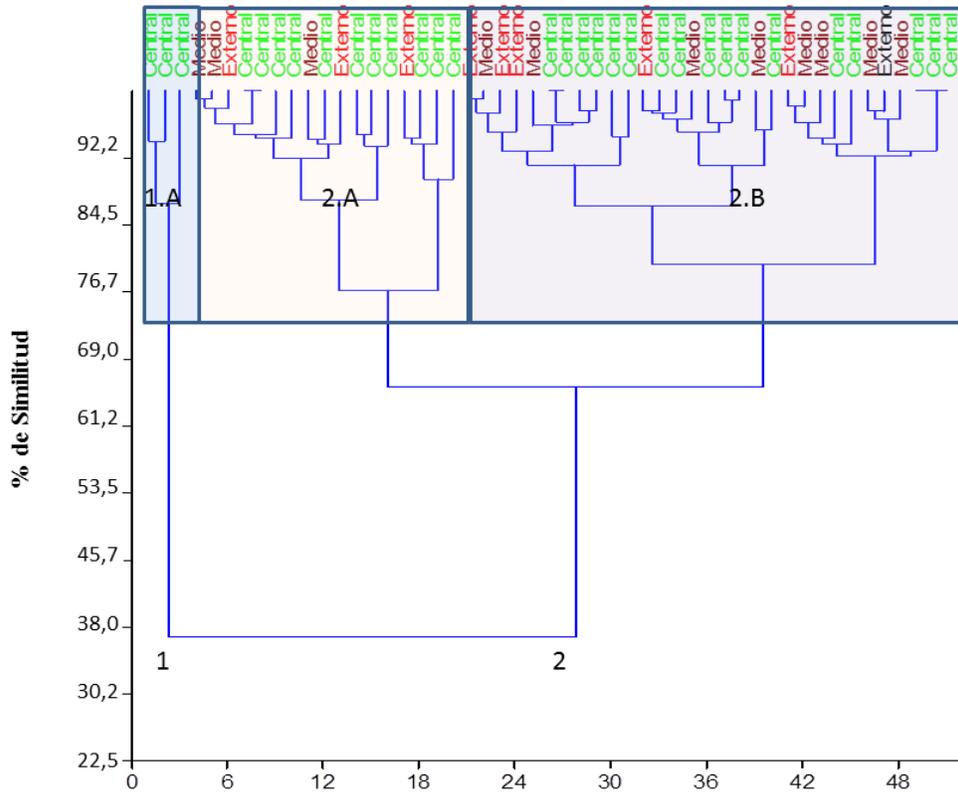
**Figura 45. A: Componente Principal 1, B: Componente Principal 2.**



**Figura 46. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *E. caribaeorum* (Externa: +), Pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○).**

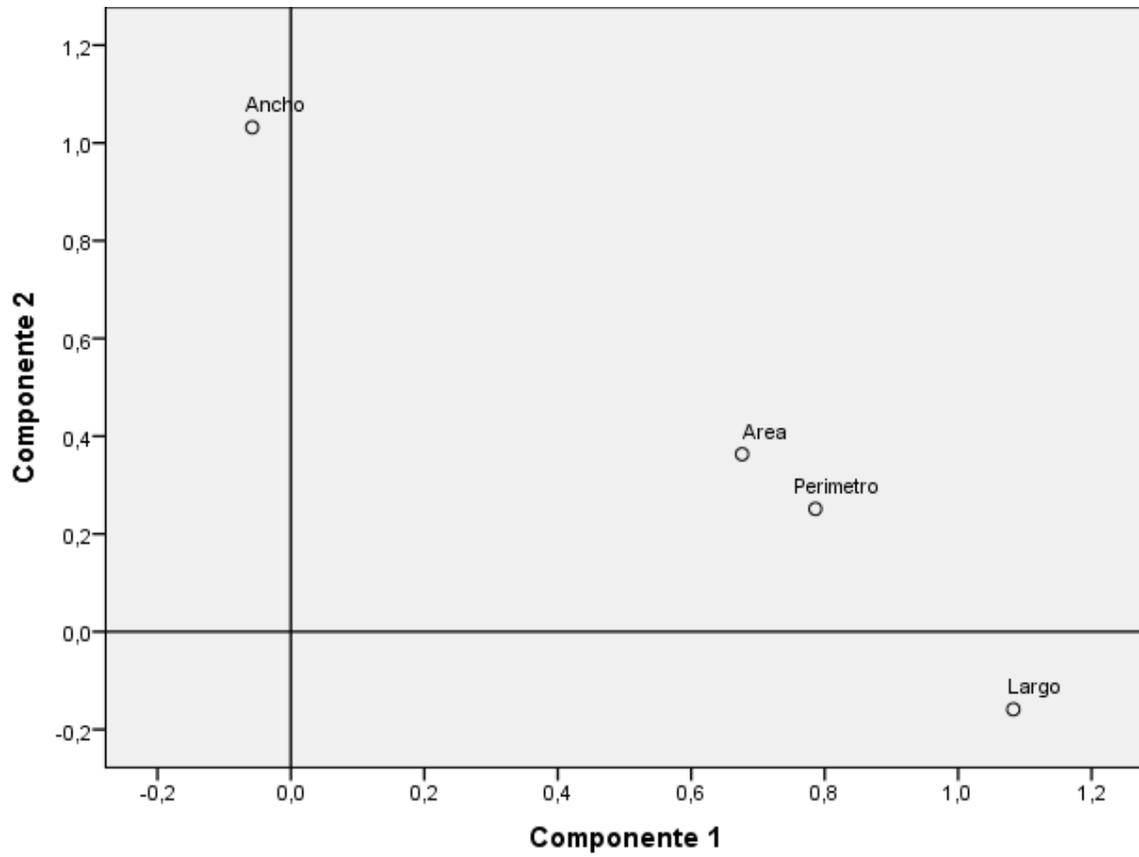
La evaluación de diferencias en la dimensión de los pólipos ubicados en la área central de la colonia respecto a los de la zona de contacto con *E. caribaeorum* no resultó estadísticamente significativa ( $P \gg 0,05$ ).

En la Figura 47 se pueden distinguir al menos 3 grupos con homogeneidad variable entre 77% y 85%. El grupo 1.A con un 100% de homogeneidad en pólipos centrales, un grupo 2.A compuesto en un 15,8% tanto de pólipos medios como Externos y el otro 68% compuesto por pólipos centrales y un grupo 2.B compuesto por un 26% de pólipos medios, un 16% de pólipos externos y un 58% de pólipos centrales.



**Figura 47. Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* que mantenían contacto con *E. caribaeorum*. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central)**

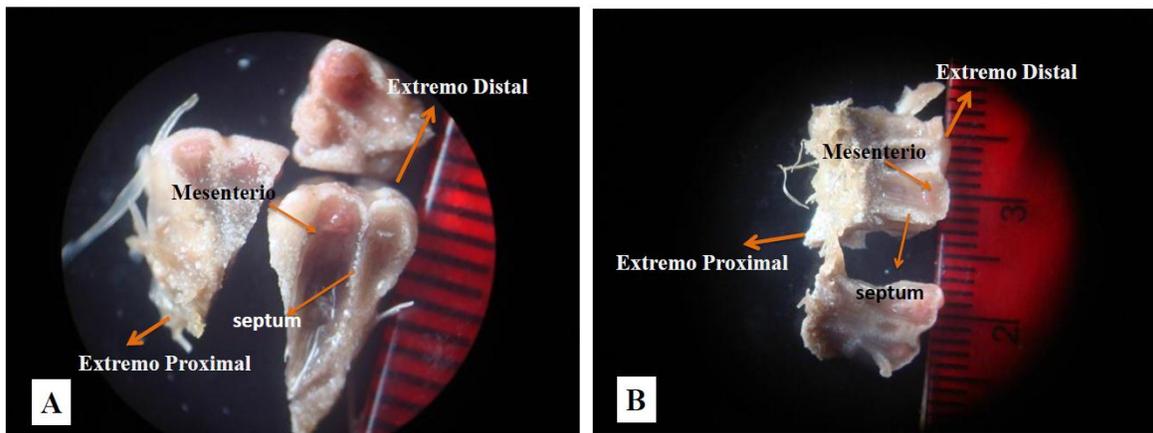
En cuanto al análisis de factores, los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con pólipos de *E. caribaeorum* mostraron una apariencia redondeada (Figura 48), en donde se observó una reducción del ancho y por consiguiente aumento del largo y además del perímetro y del área, lo que da como resultado unos pólipos redondeados. No parece haber una reducción importante en comparación con los pólipos centrales.



**Figura 48. Gráfico de dispersiones factoriales, usando método extracción componentes principales en un espacio rotado.**

## Interacción con *Ircinia felix*

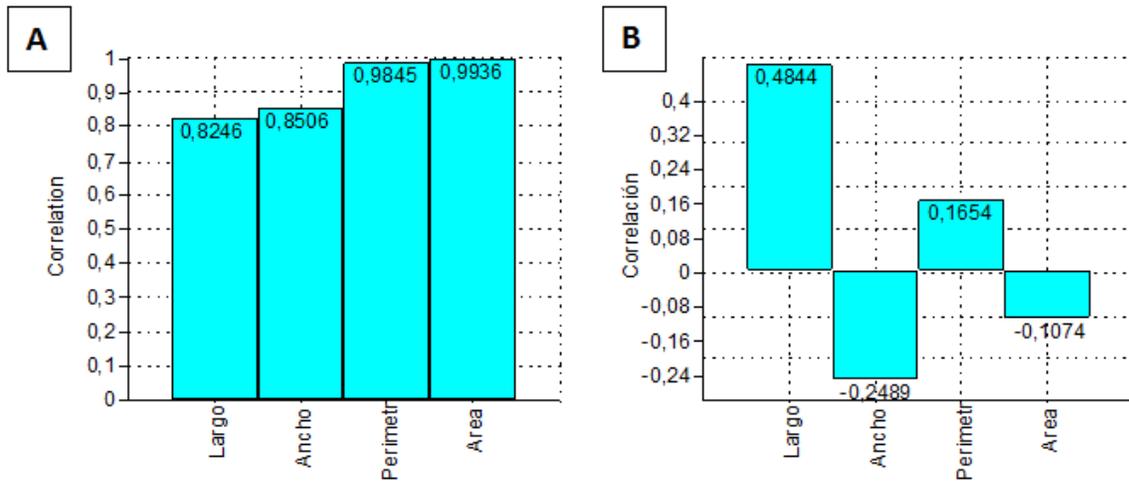
Un caso particular lo constituye *I. felix*, la cual mostró una frecuencia en las transectas cercana al 1%, junto con los grupos menos significativos. Sin embargo, *I. felix* tuvo una gran importancia en el muestreo aleatorio, por lo cual se estudió de la misma forma que a las especies más significativas. En la Figura 49 se observan los cortes longitudinales de colonias de *P. caribaeorum* en contacto con *I. felix* (A) y del área central de la colonia (B).



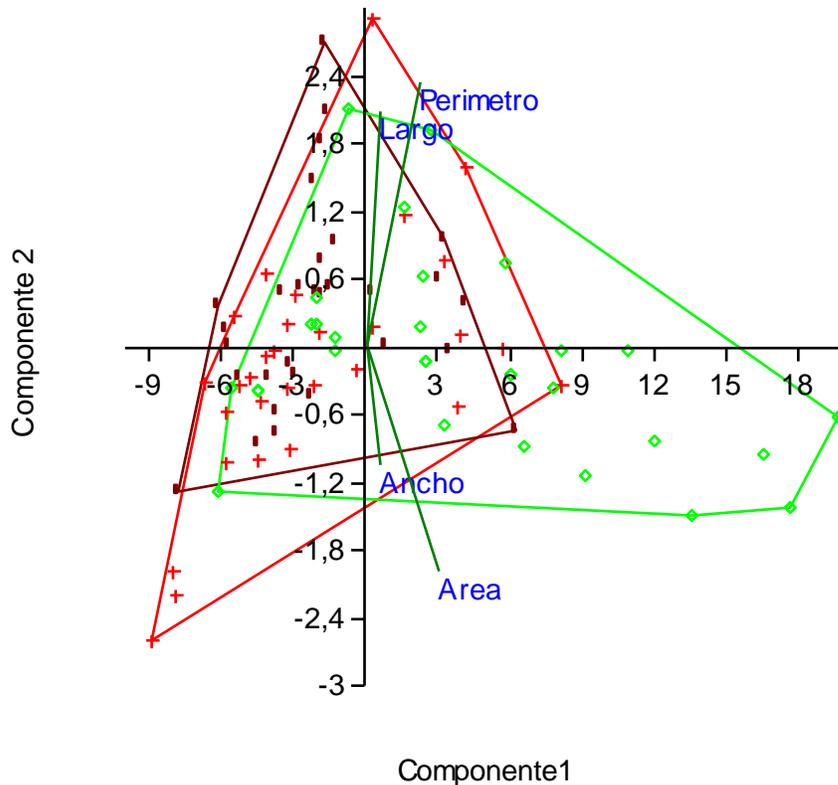
**Figura 49. Punto de contacto entre *P. caribaeorum* e *I. felix* s. A: corte longitudinal de la parte más externa de la colonia. B: corte longitudinal de la parte central de la colonia.**

El análisis de componentes principales aplicado a puntos de contacto de *P. caribaeorum* con la especie *I. felix* indicó que un 96,4% de la varianza total del sistema está contenida en los primeros dos componentes principales. Las variables perímetro y área aportan la mayor parte de la información del fenómeno, asociándose todas las variables fuertemente al primer componente principal, y apenas el largo en una medida intermedia al segundo componente (Figura, 50 A y B, Tabla A-7, anexos). Más en detalle, en el biplot que se

muestra en la Figura 51 se muestran las variables largo y ancho casi linealmente dependientes, entre perímetro y área se observó también cierta dependencia pero con un ángulo más amplio entre ellas.



**Figura 50. Figura A: Componente Principal 1, Figura B: Componente Principal 2.**



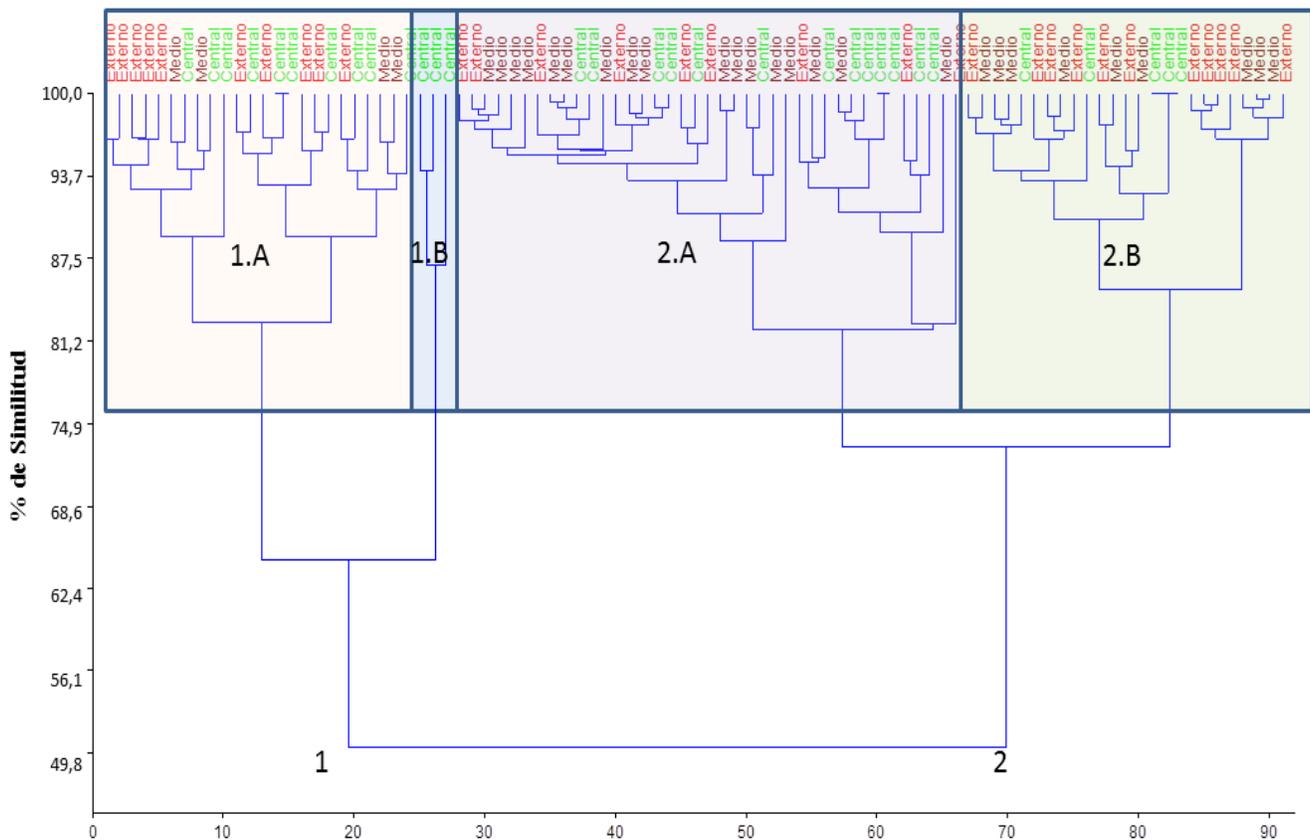
**Figura 51. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *I. felix* (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○).**

La evaluación de diferencias en la dimensión de los pólipos ubicados en la área central de la colonia respecto a los de la zona de contacto con *I. felix* no resultó estadísticamente significativa ( $P \gg 0,05$ ).

Al evaluar diferencias morfológicas entre las zonas de contacto con *I. felix* y el área central de la colonia se evidenció una fuerte tendencia a tales cambios en la zona de contacto. Sin embargo, tales tendencias no pudieron ser estadísticamente comprobadas ( $P = 0,05413$ ).

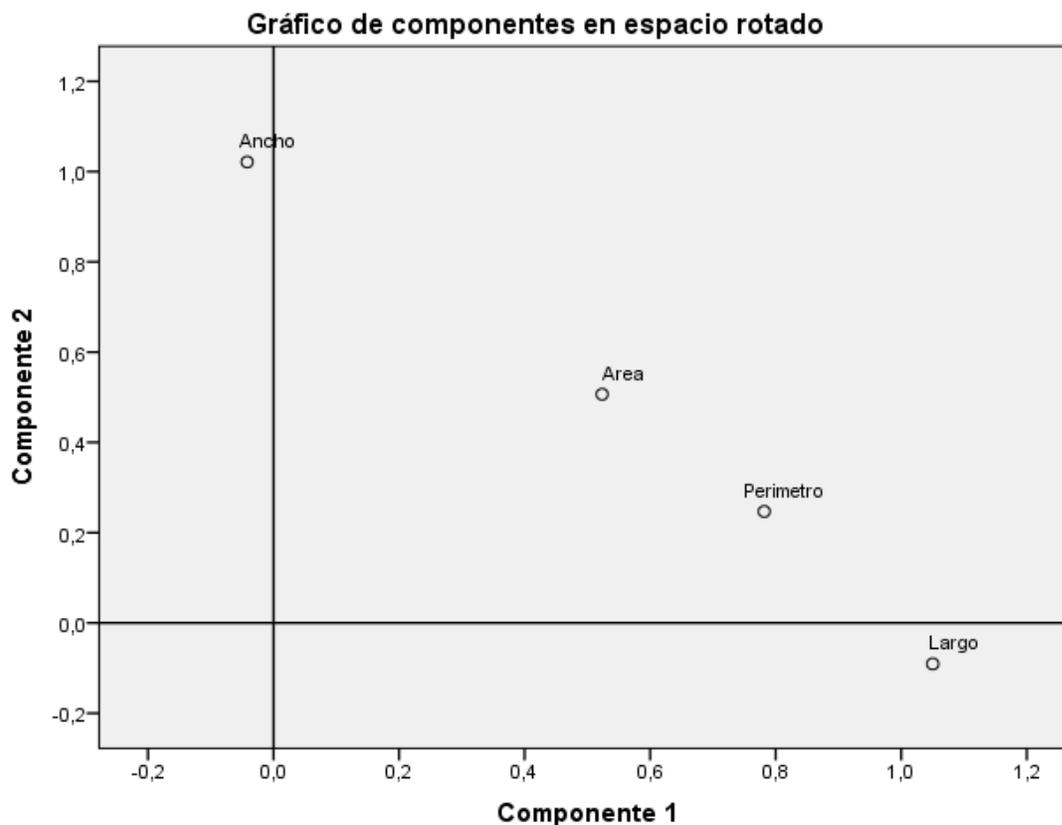
En la Figura 52 se presenta un dendrograma producto del análisis de agrupamiento aplicado a los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *I. felix*. Se formaron 4 grupos con homogeneidad variable entre 81,17 y 87% para cada agrupamiento. Más en detalle, se

observa la misma tendencia del biplot en donde hay una zona grande de sobreposición. El primero (grupo 1-A), compuesto por un 44% de pólipos Externos, 17% pólipos medios y un 39% de pólipos centrales; el grupo 1-B compuesto por un 100% de pólipos centrales. El grupo 2 se encuentra dividido en dos grandes grupos; el 2-A compuesto en un 21% por pólipos Externos, un 45% por pólipos medios y un 34% por pólipos centrales. El grupo 2-B en cambio está compuesto por un 44% de pólipos Externos, un 20% de pólipos centrales y un 36% de pólipos medios.



**Figura 52. Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaeorum* en contacto con *I. felix*. Puntos de interacción (**Externos**), pólipos adyacentes (**Media**), pólipos de la parte central de la colonia (**Central**)**

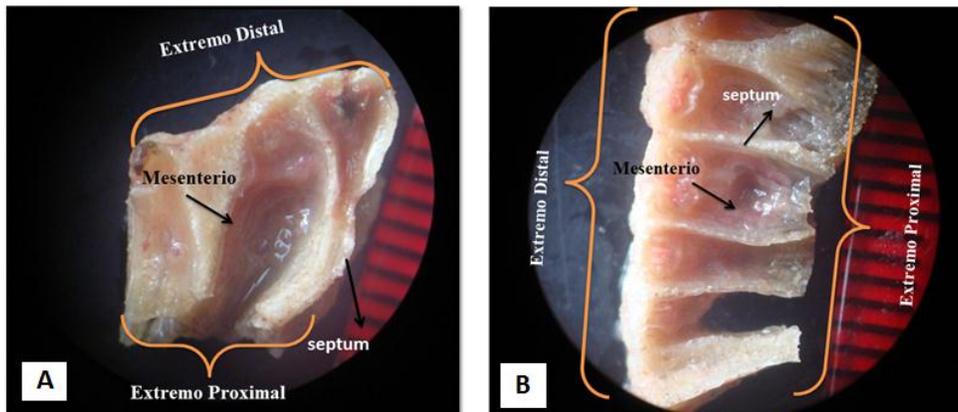
Finalmente, el análisis de factores en la Figura 53 representa el comportamiento general de todos los pólipos de una colonia en contacto con *I. felix*. Se observa una reducción del ancho y por consiguiente aumento del largo y además del perímetro y área, lo que da como resultado unos pólipos ovalados, tampoco parece haber una reducción importante en comparación con los pólipos centrales con un perímetro y área 1,08 veces más representativos. (Tabla D-7, anexos A).



**Figura 53. Gráfico de dispersiones factoriales, método extracción componentes principales en un espacio rotado.**

## Interacción con *Stichodactyla helianthus*

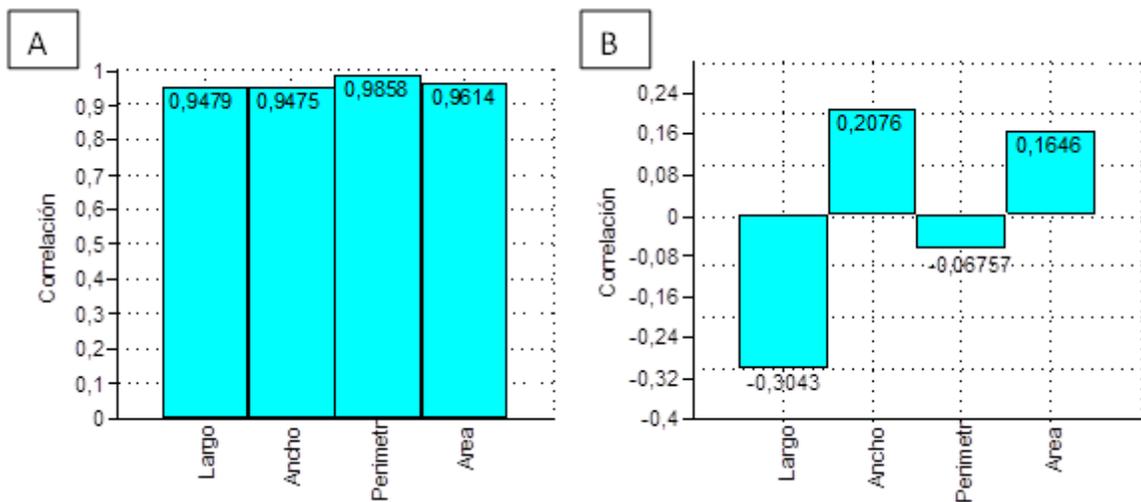
En la Figura 54 se observan dos cortes de una misma colonia en contacto con la anemona *S. helianthus*. La Figura 54-A representa al corte realizado a la parte más externa de la colonia y la Figura 54-B corresponde a la parte más interna, a los que llamamos pólipos centrales.



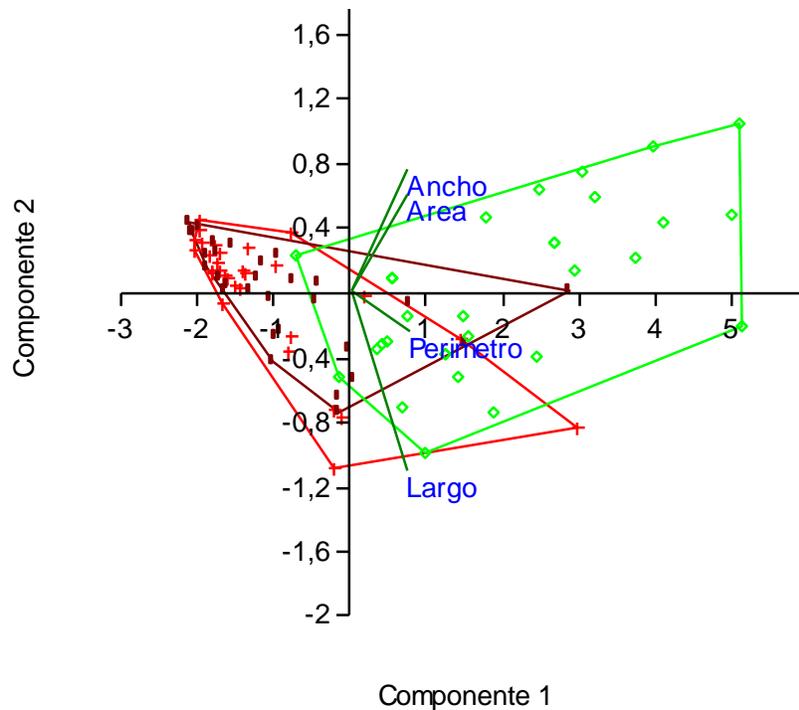
**Figura 54. Punto de contacto entre *P. caribaeorum* y *I. Felix*. A: Longitudinal de la parte más externa de la colonia que entro en contacto con *S. helianthus*. B: longitudinal de la parte central de la colonia.**

Al aplicar el método de **Componente Principales** (Anexos, D-8), se puede decir que el 96,1% de los autovalores se encuentran en los primeros dos componentes principales. Siendo la varianza explicada por el componente principal 1 casi equitativa para todas las variables apenas resaltando perímetro y área (Figura 55 A y B), largo y ancho resultaron variables linealmente dependientes de igual manera perímetro y área pero en menor medida.

En la Figura 56 se puede observar una separación entre aquellos pólipos que pueden considerarse como centrales y los Externos ya que la mayor parte de los mismos se encuentran en el cuadrante II y en el III. Esto indica que son pólipos de una longitud pequeña para todas las variables y con un ancho muy homogéneo. Por otra parte también se observa una pequeña zona de sobreposición causada por unos pocos puntos que presentaron características similares a los individuos afectados, sin embargo se observó mucho menos marcada que en los otros casos, en otro orden de ideas los pólipos centrales mostraron una longitud en general mayor para todas las variables evaluadas.



**Figura 55. Figura A: Componente Principal 1, Figura B: Componente Principal 2.**



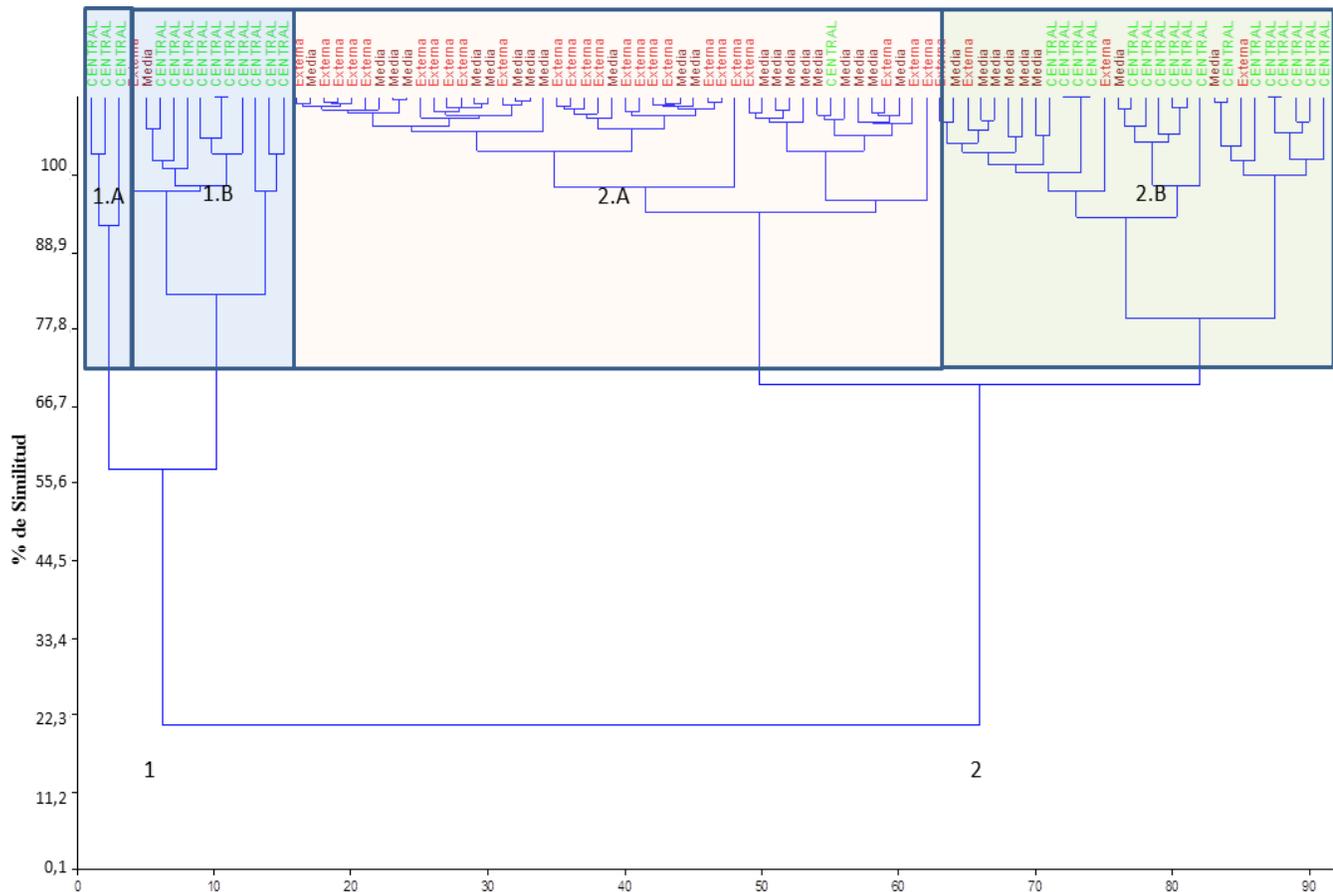
**Figura 56. Biplot del Análisis Componentes principales en pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *S. helianthus* (Externa: +), pólipos adyacentes a la zona de contacto (Media: ■), en contraste con pólipos del centro de las colonias (Central: ○).**

A diferencia de las evaluaciones previas, al comparar las dimensiones de los pólipos de la zona central con los pertenecientes a la zona de contacto con *S. helianthus* se observó una reducción altamente significativa ( $p=5,04*10^{-6}$ ).

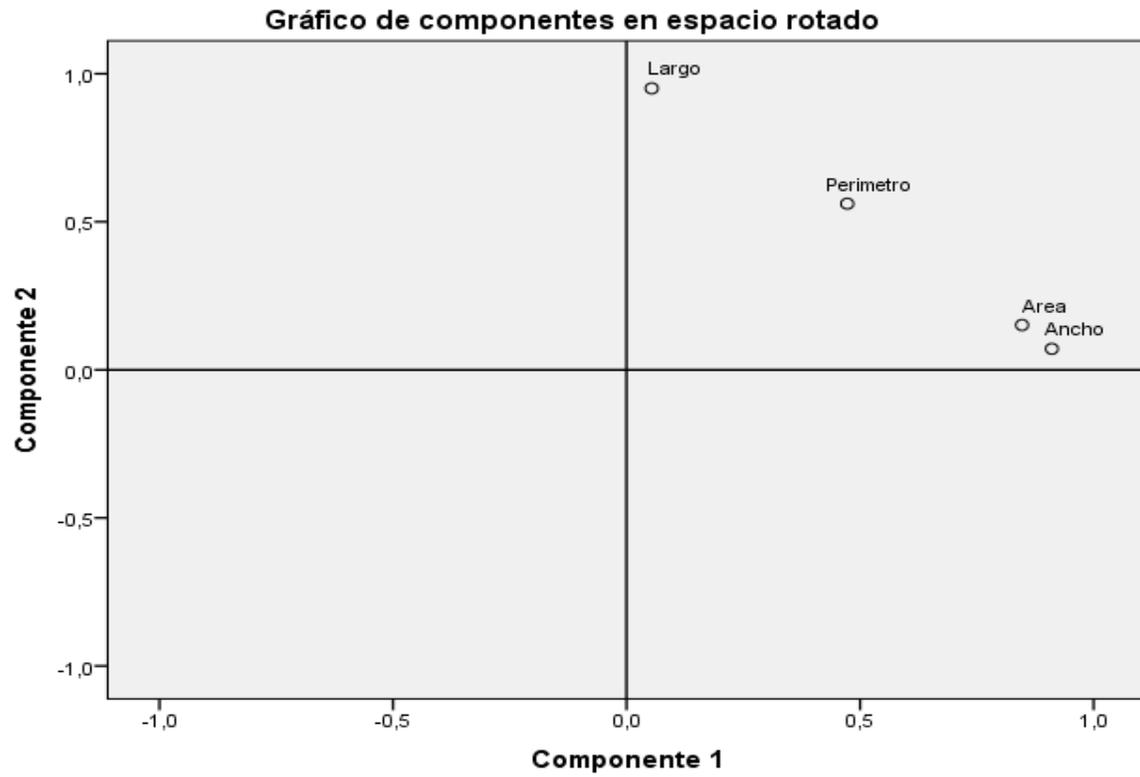
En la Figura 57 se presenta un dendrograma producto del análisis de agrupamiento aplicado a los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con grupos de *S. helianthus*. Se formaron 4 grupos con homogeneidad variable entre 78,05 y 83,316% para cada agrupamiento de elementos, más en detalle se observa la misma tendencia del biplot en donde hay una zona grande de superposición. El grupo 1A está integrado en un 100% de polipos centrales, 1B compuesto en un 82%, 2A. Compuesto por un 44% pólipos medios, Externos 53% y 2%

centrales y un grupo 2 B compuesto en un 14% de Externos, 28% Medios y 59% Centrales.

Finalmente, el análisis de factores de la Figura 58 representa el comportamiento general de todos los pólipos de una colonia en contacto con *S. helianthus*, donde se observa que el área y el ancho se están reduciendo al mismo tiempo y de forma mayor que en los otros casos. Así mismo se observan otras dos tendencias: los pólipos se vuelvan alargados y el perímetro aumenta pero con un ancho y área menor. La reducción de ancho y área resulto ser 1,05 veces mayor (Tabla D-8, anexos).



**Figura 57. Análisis de Cluster aplicado a colonias de *P. caribaerum* en contacto con *S. helianthus*. Puntos de interacción (Externos), pólipos adyacentes (Media), pólipos de la parte central de la colonia (Central)**



**Figura 58. Gráfico de dispersiones factoriales, método extracción componentes principales en un espacio rotado.**

## Ultraestructura

En el análisis de ultraestructura fue posible cuantificar el ancho del septum tanto en los cortes con micróscopo teñidos en hematoxilina-eosina (Figura 59 A y B), y los cortes sin tinción realizados a mano alzada. En la Figura 59C puede observarse en las 3 Figuras el septum (línea amarilla), claramente identificable y cuantificable.

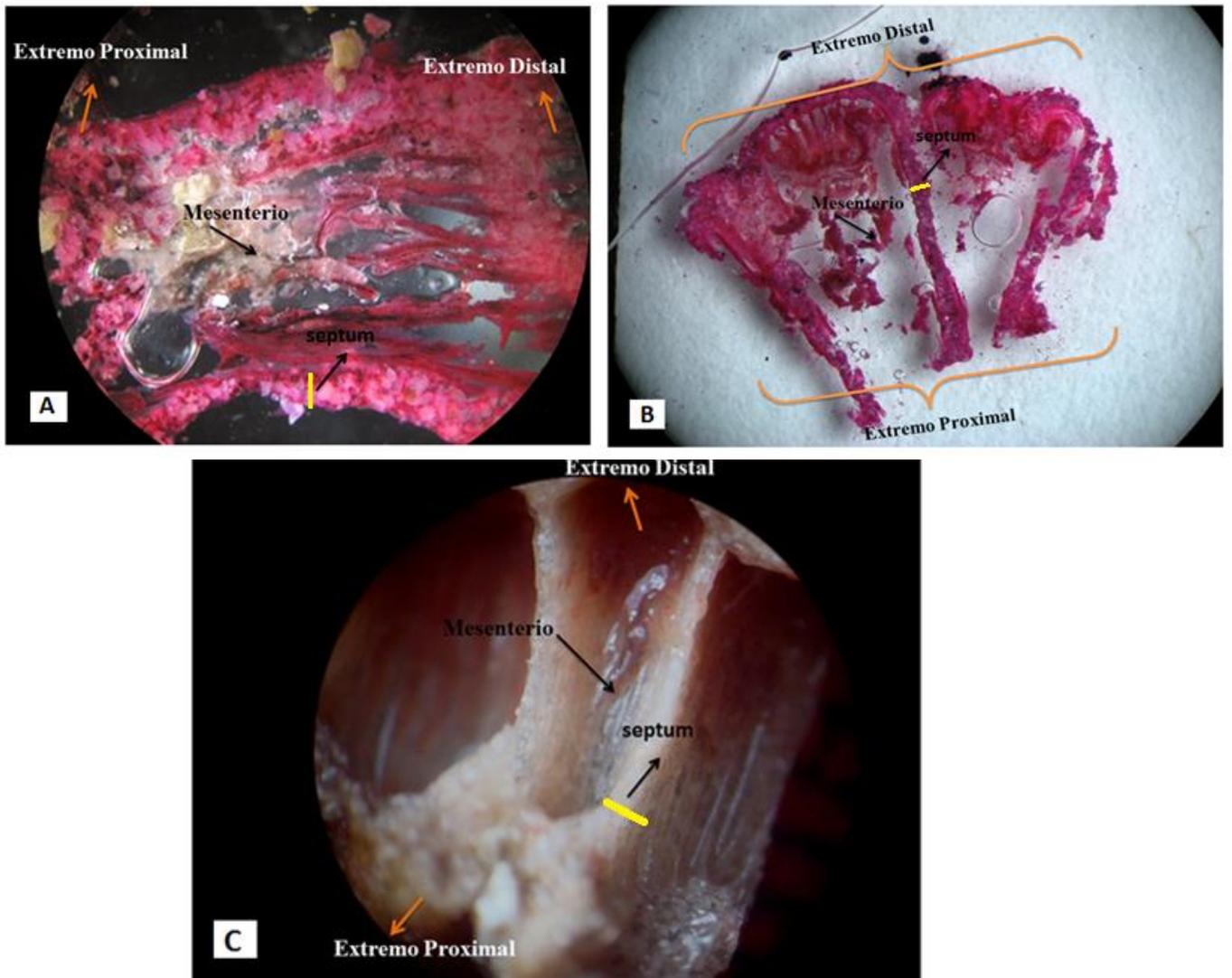


Figura 59. Corte longitudinal completo de colonias de *P. caribaeorum*. A: 20x. B: 6x.

C: muestra sin tinción, 25x.

El análisis ultraestructural mostró la misma tendencia que el análisis morfométrico, una vez medido el ancho del septum en la mitad para las áreas en contacto y comparadas con la zona central. Al evaluar la forma relativa de las distribuciones se observó una marcada ausencia de la homogeneidad de varianza, la cual queda clara en la Figura 60.

Más en detalle, y tomando como referencia la mediana de los datos pertenecientes a la zona central de las colonias, se observó que en las zonas de contacto de *P. caribaeorum* con su propia especie hay una tendencia hacia pólipos de mayores dimensiones. En contacto con macroalgas la mediana permanece casi sin cambios, aun cuando se observa un sesgo hacia dimensiones mayores, siendo más frecuentes tallas de pólipos parecidas a las centrales. En contacto con *Millepora* el ancho del septum mostró una mediana apenas superior, pero el área de mayor frecuencia sigue mostrando amplia superposición con la distribución de los pólipos centrales. La interacción con *Zoanthus sp.* exhibió anchos de septum muy parecidos a los característicos centrales de *Palythoa*. El contacto a *A. erina* produjo anchos de septum parecidos a los observados en contacto con macroalgas. El contacto con *E. caribaeorum* produjo longitudes muy parecidas a las centrales, con una mediana levemente mayor. El contacto con *I. felix* y *S. helianthus* causó una reducción marcada del ancho del septum, la cual resultó estadísticamente significativa únicamente en *S. helianthus*.

Al comparar la longitud del septum entre los diferentes puntos de interacción resultaron significativamente diferenciables *A. erina* respecto *P. caribaeorum* y *Millepora*, *I. felix* respecto a todos excepto central y *Zoanthus sp.* y por último *S. helianthus* resultó diferente de todas las demás.

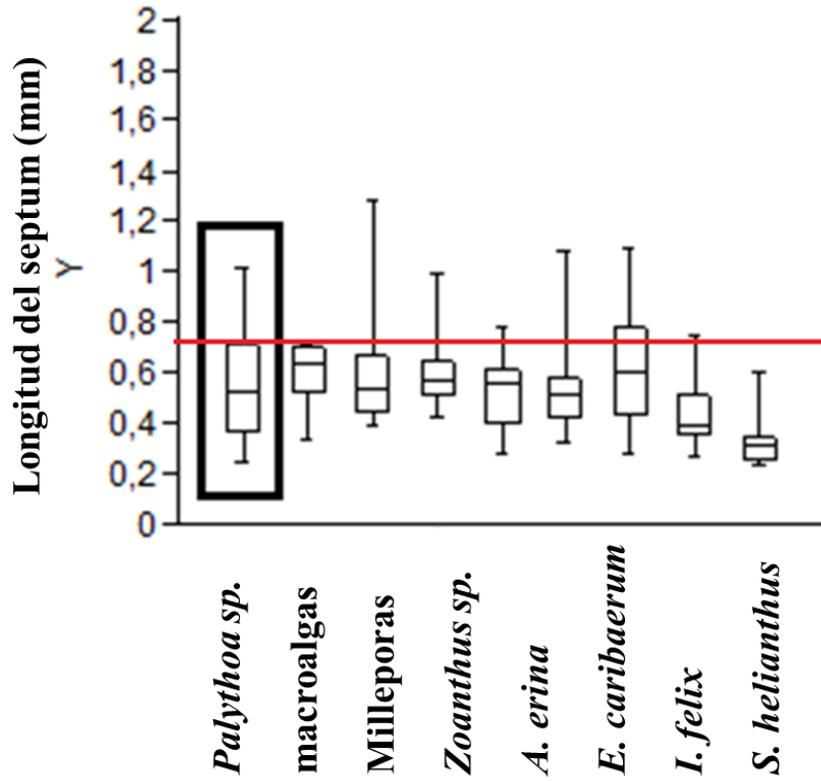


Figura 60. Prueba de Bartlet en gráfico de cajas y bigotes aplicado al análisis del septum de cada uno de los grupos representado.

## DISCUSIÓN

Los arrecifes de coral son considerados como pilares resistentes a las olas construidos por organismos capaces de agregar sedimentos calcáreos. Sin embargo, estos pilares tienen una gran significación ecológica debido a su extensión, biodiversidad extremadamente alta y gran variabilidad en productividad primaria y estructuras tróficas. La estructura básica de este sistema descansa sobre dos tipos de organismos, como son los corales verdaderos (pertenecientes a la clase Anthozoa, orden Scleractinia) y los hidrozoarios rocosos (especialmente *Millepora*). No obstante, otros invertebrados sésiles ocupan de forma sustancial el espacio del arrecife, los cuales incluyen otros cnidarios (como corales blandos, zoantidos, anémonas) así como esponjas, briozoarios y ascidias, los cuales suelen ser abundantes y con frecuencia competitivamente dominantes sobre los corales. Resultados experimentales han señalado que los organismos sésiles del arrecife muestran correlación entre su tamaño poblacional o densidad y el *fitness* individual de las especies (Efecto Allee) (Bertness *et al.*, 2001)

Muchos corales blandos esponjas, ascidias, briozoarios, zoantidos y algas tienen mecanismos de defensa bioquímicos y complejas interacciones aleloquímicas, aun cuando frecuentemente el simple sobrecrecimiento sin mediación química resulta en éxito competitivo (Bertness *et al.*, 2001) Al respecto, la dominación competitiva entre cohabitantes depende de la sensibilidad a aleloquímicos, la tasa relativa de crecimiento, interferencia para la alimentación y la habilidad para producir estructuras defensivas. Sin embargo, aspectos relacionados con la naturaleza de la interacción, tales como el ángulo de

ataque y las condiciones básicas de la superficie de la colonia, también suelen resultar decisivos. La variabilidad en tales condiciones favorece condiciones en las que frecuentemente ninguna especie domina por completo sobre las otras, con patrones de sobrecrecimiento inespecíficos (Bertness *et al.*, 2001).

Basados en los planteamiento de Shoener (1983), resulta claro que el presente trabajo no puede considerarse un estudio sobre competencia, ya que los objetivos incluyen la descripción de los aspectos morfológicos asociados a la interacción entre cohabitantes sésiles y no la modificación de la abundancia de ninguna de las especies participantes. Sin embargo, los resultados obtenidos señalan claras pautas específicas de interacción entre las especies estudiadas y es lógico pensar que tales procesos deben estar relacionados directamente en la definición de las capacidades competitivas de los organismos involucrados, en concordancia con lo planteado en la bibliografía (Castro y Huber 2007, Nybakken 1996, Bertness *et al.* 2001).

Las observaciones realizadas en el área de estudio respecto a los patrones de dispersión de las colonias de *P. caribaeorum* y la forma en la que se presentaban dichas colonias coincidió con lo reportado por Suchanek y Green (1982), quienes también reportaron grandes abundancias de colonias formando láminas continuas, algunas veces de tejido delgado y pólipos bastantes separados en el centro, además de colonias pequeñas y numerosas aisladas, cuyo origen atribuyó al deterioro de grandes colonias parentales o de establecimiento reciente de propágulos.

La alta variabilidad presentada por *Palythoa* en el área de estudio, la cual dificultó su identificación precisa, coincide con lo señalado por Reimer *et al.* (2006), los cuales aseguran que los zoantidos tienen una alta plasticidad morfológica, que conduce a problemas taxonómicos, reconociendo como plasticidad ambiental la capacidad que tienen los genotipos individuales para cambiar la fisiología, desarrollo, morfología o comportamiento de un individuo como respuesta a los cambios ambientales locales. Al respecto, Pineda y Escofet (1989) plantearon que las diferencias específicas de cada especie, en cuanto a vulnerabilidad, están relacionadas con sus características morfológicas y fisiológicas. Es por ello que para este estudio se decidió asumir como morfotipo 2 lo que Agudo (1987) consideró como *Palythoa mammillosa*, siendo esta especie motivo de discusión para muchos autores como Bastidas y Bone (1996) entre otros, ya que es considerada por algunos como una sinonimia de *P. caribaeorum*.

Resulta claro que una mayor abundancia de *P. caribaeorum* en algunas transectas, seguramente está en consonancia con la acción directa de factores locales, tanto ambientales como biológicos, los cuales pueden favorecer o desfavorecer el crecimiento, sobrevivencia y/o reproducción de los individuos pertenecientes a una misma especie bentónica. Esto coincide con los planteamientos de Pinzón (1998) así como con Bertness *et al.*, (2001), los cuales señalan que la distribución de las especies arrecifales está determinada por factores ambientales locales, tanto físicos como biológicos, teniendo una participación particular la topografía, tipo de sustrato, profundidad, exposición al oleaje,

intensidad de la radiación fotosintéticamente activa, la sedimentación y la intensidad de las corrientes. Henríquez (2006) y Palacios (2009), trabajando en la misma área de este estudio, reportaron ausencia de diferencias significativas en la dirección de la corriente, mareas, pH, salinidad y turbidez al comparar las transectas planteadas, aunque sí observaron algunas discrepancias en profundidad, tasa de sedimentación, materia orgánica y estructura física de la plataforma. Estas últimas, si bien son ambientales, están fuertemente relacionadas con la actividad biológica de la plataforma, al incluir intervalos de dispersión de las especies, procesos tróficos e interferencia mecánica, capaces de cambiar la composición y dinámica de los sedimentos. Lo observado en este estudio pone de manifiesto el alto grado de importancia que tienen las interacciones bióticas como factores determinantes de la distribución del zoantidio en el arrecife franjeante y en consecuencia, sobre toda la comunidad allí presente. Al respecto, resulta interesante que los autores antes citados hayan reportado que *S. helianthus* en la misma plataforma presentaba un patrón similar de posición y abundancia respecto a las transectas, lo que permite apoyar la teoría de que el conjunto entre variables bióticas y abióticas podrían estar interactuando de forma compleja para determinar la ubicación y la abundancia de *S. helianthus* y de *P. caribaeorum*.

*P. caribaeorum* es muy común en espacios pocos profundos y parece ser competitivamente superior, impidiendo tanto física como químicamente el crecimiento de sus competidores. De forma física, puede crecer sobre corales y otros invertebrados “asfixiándolos”, ya que posee una de las mayores tasas de crecimiento conocida en la clase Anthozoa (entre 2,5 y 4mm por día). Además posee incrustaciones en la pared de su cuerpo que son poco palatables, contribuyendo a su supervivencia y permanencia en el área, al evitar su

remoción por depredación. Químicamente posee *Palitoxina*, una toxina capaz de unirse a una ATPasa dependiente de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  en la membrana plasmática, unión que inhibe el funcionamiento de la misma y produce la formación de un poro permeable a cationes monovalentes, lo cual desencadenan una serie de señales intracelulares que pueden dar lugar a contracciones del músculo liso y esquelético (Arellan, 2008), se plantea que esta enzima podría participar activamente en la lucha por el espacio (Lang, 1971; Lang, 1973; Suchanek y Green, 1982)

Un aspecto importante destacado en este estudio, es que el contacto entre *P. caribaeorum* y casi la totalidad de sus cohabitantes bentónicos sésiles no representó para la especie diferencias significativas morfométricas, ni macroscópicamente ni de forma ultraestructural. Llama la atención que esto ocurra en interacciones con especies como con *Erytrodium caribaeorum*, la cual presentan un crecimiento tan excesivo como el del propio zoantido, o incluso organismos como *Millepora*, que poseen un sistema de armas bioquímicas altamente complejo y capaz de hacer daños a muchos otros organismos (Álvarez, 2013). El bajo nivel de cambio causado por la interacción pudo evidenciarse sólo al utilizar el análisis multivariado como metodología descriptiva, el cual mostró diferencias en el comportamiento de los puntos afectados, algunas veces con una amplia zona de superposición respecto a las dimensiones de los pólipos centrales (biplots de los ACP).

Considerando tanto los cambios morfológicos macroscópicos observados como los efectos a nivel ultraestructural, las interacciones con efectos significativos fueron con *Amphimedon*

*erina*, *Ircinia felix* y *Stichodactyla helianthus*. En detalle, *A. erina* fue descrita originalmente por Laubenfels en 1936; es una esponja masiva de la clase Demospongiae, Orden Haplosclerida, Sub orden Haplosclerina, Familia Niphatidae. Puede encontrarse en cabezas de coral y rocas de coral muerto, su hábitat es típico de aguas someras, arrecifes de parches, ambientes coralinos, ambientes de bahía, ciénagas y lagunas de manglar, sobre sustratos artificiales, praderas de *Thalassia* y en las raíces del mangleo en ambientes expuestos bajo rocas (Nuñez, 2009, Desqueyroux y Valentine 2002). Nuñez (2010) caracterizó esta especie en el área de estudio, encontrándola entre los 1-18m de profundidad, con prevalencia hacia las zonas someras, en fondos arenosos y con fragmentos de coral muerto. Respecto a sus atributos bioquímicos para la interacción, Pulgarín, (2012) puso en evidencia características de gran eficiencia, al probar que el extracto metanólico de la esponja *Amphimedon compressa* retardaba el ciclo celular en células somáticas y del Irciniidae, muy variable pero con una tendencia esférica. Llega a formar masas de 50 cm de diámetro con una coloración variable que en vida es marrón grisáceo y beige en alcohol. Posee una consistencia compresible muy difícil de rasgar y cortar. Su distribución va desde 1 a 12m de profundidad, con abundancia mayor entre los 6 y los 12 m. Se localiza en fondos arenosos, con fragmentos de coral muerto, entre cabezas de coral y sobre rocas de coral. Al igual que de *A. erina*, de *I. felix* se han tomado extractos con actividad citotóxica, del tipo furanosestertepenos y con actividad analgésica, los cuales se han probado en embriones de erizo de mar, alcanzando porcentajes de inhibición en la mitosis de 69.4% (Zea *et al.*, 1986).

Parra-Velandia y Sven (2003) notaron que el género *Ircinia* puede presentar interacciones agresivas con otras especies, catalogando además a *I. felix* como la especie más abundante del género en el Caribe. Al mismo tiempo Amaro y Liñero-Arana (2002) señalaron que este género presenta defensas químicas, aun cuando en su estudio no se detectaron casos claros de competencia por espacio. sistema inmutarlo. Esto muy probablemente está relacionado con la verificación de efectos a nivel del grosor de septum observado en los ejemplares de *Palythoa* en contacto con *A. erina*, aun cuando dicho efecto no logra percibirse a nivel macro.

Por otra parte, *Ircinia felix* descrita por Duchassaing y Michelotti (1864) es una esponja masiva de la familia

Sin embargo, sí observaron que éstas esponjas podían recubrir parcialmente estructuras coralinas. Si bien en el presente trabajo no se logró demostrar un efecto macroscópico significativo, llama la atención la cercanía del estadístico calculado en la prueba hacia la zona de rechazo de la hipótesis nula, implicándose cierta tendencia que pudiera bajo ciertas circunstancias generar un efecto evidenciable, lo que se traduce en cierto nivel de cambio en la morfología del zoántido en contacto con la esponja. Valdría la pena considerar también que la presencia de la esponja en la plataforma estudiada se considera cercana al límite inferior de la profundidad señalada como su rango de distribución optima, lo que podría estar actuando como un factor de disminución en la frecuencia de interacciones entre la esponja y el zoantido.

*Stichodactyla*, por su parte, resultó la especie de mayor influencia, lo cual era de esperarse dado su alto nivel de agresividad y su armamento bioquímico. Como se dijo anteriormente, la plataforma arrecifal en estudio incluye un agrupamiento de *S. helianthus* reportado por Henríquez (2007), Henríquez y Palacios (2008), Palacios (2009) y Mariño (2011). De acuerdo a Mebs (2009), *S. helianthus* se caracteriza por la producción de toxinas capaces de causar dolor y pérdida de coordinación en el individuo afectado, y podrían llegar a ser muy peligrosas. Tales péptidos y proteínas son capaces de producir incluso lisis celular, por desbalance osmótico al ser liberadas a través de la descarga de nematocistos y también por secreciones mucosas. En principio tales sustancias serían usadas tanto para disuadir a depredadores como para capturar presas y de acuerdo a los resultados de este estudio, también en los procesos de interacción relacionados con la ocupación del sustrato.

Henríquez y Palacios (2008) y Palacios (2009) en la misma área de estudio, determinaron que la anemona *Stichodactyla helianthus*, se localiza en un área muy específica, teniendo una distribución concentrada en 252m<sup>2</sup> de la plataforma, con densidad máxima de 82ind/m<sup>2</sup>, acumulado hacia el Sureste de la misma con 90% a 100% de cobertura hasta su desaparición a menos de 1 m del borde del área de máxima densidad.

La bibliografía sugiere que los zoantidos conforman un grupo, junto a gorgonios y esponjas, que usualmente se encuentra en baja abundancia en los arrecifes coralinos, aun cuando en ocasiones tienden a incrementar su abundancia hasta casi dominar la comunidad

( $\leq$  85% de cobertura), principalmente en zonas de poca profundidad (Birkeland y Neudecker 1981) citados por Suchanek y Green (1982).

Es importante resaltar que aun cuando Suchanek y Green (1982) reportan patrones específicos de interacción entre *P. caribaeorum* con corales escleractíneos, incluyendo descripciones específicas para ciertas especies como *Meandrina* y *Montastrea*, tales interacciones no aparecieron en las colonias seleccionadas por las transectas ni en los recorridos aleatorios. Algunas de las especies de corales escleractinios nombrados por Suchanek y Green (1982) en su trabajo fueron observadas por Barreto en el área de estudio, aun cuando en sus resultados, las especies que fueron realmente más frecuentes fueron *Millepora alcicornis* y *Diploria strigosa*. Es posible que factores como baja cobertura (relacionada quizás con la salud general de los corales hermatípicos en la plataforma) o incluso alguna variable ambiental no cuantificada, limiten la frecuencia de ocurrencia de tales interacciones.

La teoría evolutiva postula que las especies que están sujetas a evolución orgánica, dada principalmente por selección natural, son llevadas al desarrollo de adaptaciones en función de su ambiente. Gause (1934) reconoce como factor fundamental de la estructuración de las comunidades a la competencia interespecífica y propone el principio de exclusión competitiva, según el cual dos especies que utilizan recursos en exactamente la misma forma no pueden coexistir en un mismo espacio geográfico. En consecuencia, la selección natural tenderá a forzar a las especies a adaptarse a diferentes nichos ecológicos para reducir al mínimo la competencia entre ellas (Kocher, 2004).

De acuerdo a los planteamientos de Shoener en 1983, es lógico pensar que al menos 4 tipos de interacciones entre especies pueden estar ocurriendo en el área de estudio:

**Interacción por consumo.** Se da la inhibición de otra especie mediante el consumo de recursos compartidos. Los Anthozoa en general y más particularmente los zoantidos requieren de los mismos recursos, por lo cual podemos suponer que este tipo de interacción ocurre en la plataforma, sin embargo una amplia superposición de los nichos puede indicar una interacción no competitiva como resultado de la abundancia en los recursos.

**Interacción preventiva.** Se da cuando los organismos ocupan un territorio y como consecuencia otros no pueden establecerse en el mismo. Este tipo de interacción juega un rol importante en organismos sésiles y se aplica a todos los organismos evaluados en el estudio.

**Por superposición.** Un organismo crece sobre otro inhibiendo el acceso a algún recurso esencial. *P. caribaeorum* suele crecer sobre superficies inocuas como coral muerto, pero también sobre el coral vivo, causando una especie de “sofocamiento” sobre las especies a las que se superpone. En este estudio se observaron colonias ubicadas sobre *Zoanthus* y *Millepora*, sin arrojar ningún cambio significativo.

**Interacción química.** Toxinas liberadas por el individuo o de alguna forma puestas en contacto, inhiben o matan a otras especies. Son claras las armas químicas que posee *Palythoa* (cnidocitos, *Palitoxina*). Sin embargo, no se ha verificado la ocurrencia de cambios debidos a tales compuestos en las especies que se encontraron en contacto con

*P.caribarum*. Bastidas y Bone (1996) señalaron que la ventaja competitiva de *P. caribaeorum* era atribuida a su rápido crecimiento.

En base a estos planteamientos, es lógico pensar que las interacciones antes mencionadas actuando en la plataforma podrían estar generando condiciones para la ocurrencia de procesos de exclusión competitiva. De acuerdo a Griffin y West (2002) y Kocher (2004), la adaptación es el proceso evolutivo por medio del cual un organismo se vuelve más capaz de vivir en su hábitat, mientras que la adaptabilidad en cambio es la capacidad de estar adaptado, el grado en que un organismo es capaz de vivir y reproducirse en un determinado conjunto de hábitats. Un carácter adaptativo es uno de los aspectos del patrón de desarrollo de un organismo, el cual le permite o le incrementa la probabilidad de sobrevivir y reproducirse. De acuerdo a los resultados del presente estudio, es lógico pensar que *P. caribaeorum* es capaz de interactuar con casi cualquier otro invertebrado sésil del arrecife sin casi ningún efecto perceptible, colocándola en un lugar especial como un excelente competidor del arrecife, siendo vulnerado sólo por especies cuyas frecuencia de encuentro muy probablemente no ha sido lo suficientemente larga en tiempo evolutivo para lograr su adaptación final.

## CONCLUSIONES

Se observó una alta variabilidad morfológica de *Palythoa* en el área de estudio, la cual dificultó su identificación precisa, asumiéndose dos morfotipos de *Palythoa caribaeorum*, los cuales tienden a diferenciarse levemente en el tamaño y la forma de los pólipos.

*P. caribaeorum* mantuvo una mayor abundancia hacia la zona Este de la plataforma, con colonias formando láminas continuas, algunas veces de tejido delgado y pólipos bastantes separados en el centro y numerosas pequeñas colonias aisladas.

Aun cuando el presente trabajo no puede considerarse un estudio sobre competencia, los resultados obtenidos señalan pautas claras y específicas de interacción entre las especies estudiadas, por lo que es lógico pensar que tales procesos deben estar relacionados con las capacidades competitivas de los organismos involucrados.

En este estudio se destacó que el contacto entre *P. caribaeorum* y casi la totalidad de sus cohabitantes bentónicos sésiles no representó para la especie diferencias significativas, ni macroscópicamente ni de forma ultraestructural. El bajo nivel de cambio causado por la interacción pudo evidenciarse sólo al utilizar el análisis multivariado como metodología descriptiva.

Considerando tanto los cambios morfológicos macroscópicos observados como los efectos a nivel ultraestructural, las interacciones con efectos significativos fueron con *Amphimedon erina*, *Ircinia felix* y *Stichodactyla helianthus*.

Aun cuando están reportados en la literatura, virtualmente no se observaron interacciones entre *P. caribaeorum* y colonias de corales escleractinios.

De acuerdo a las observaciones, en la plataforma en estudio podrían estar ocurriendo al menos 4 tipos de interacciones entre especies: interacción por consumo, interacción preventiva, interacción por superposición e interacción química. No se descarta, además, la ocurrencia de procesos de exclusión competitiva.

De acuerdo a los resultados del presente estudio *P. caribaeorum* interactúa con casi cualquier otro invertebrado sésil del arrecife sin virtualmente ningún efecto perceptible, señalándola como un posible competidor óptimo del arrecife, siendo vulnerado sólo por especies cuyas frecuencia de encuentro muy probablemente no ha sido suficientemente larga en tiempo evolutivo para lograr su adaptación.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de competencia con *P. caribaeorum*, que permitan medir la competitividad de *P. caribaeorum* con los diferentes organismos bentónicos presentes en el estudio.
- Mantener una monitorización constante de la comunidad bentónica en la plataforma arrecifal estudiada, ya que todos los arrecifes de la Isla están sometidos a constante uso turístico, lo que posiblemente está impactando de forma desconocida pero negativa a su biota.
- Evaluar el efecto de la *Palitoxina* como defensa y arma química del zoantido, tanto en condiciones de laboratorio como en ensayos en el ambiente natural.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez M. (2013). Purificación y caracterización farmacológica de toxinas termoestables producidas por el hidrocoral *Millepora complanata*. (Tesis de Pregrado) Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, p. 69
2. Amaro M. y Liñero-Arana I. (2002). Demospongiae (Porifera) de Isla Larga, Bahía De Mochima, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela., Univ. Oriente 41* (1&2): pp. 45-53.
3. Agudo, I. (1987). Proyecto taxonomía, ecología y toxicología de la Actinofauna de Venezuela. I. Contribución al conocimiento de la Actinofauna de Venezuela (Anthozoa: Cerianthipatharia y Zoantharia). Univ. Oriente. Caracas. Venezuela, pp. 307
4. Acosta, A. y Gonzalez, M. (2007). Fission in the zoantharia *Palythoa caribaeorum* (duchassaing and michelotii, 1860) populations: a latitudinal comparison. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 36 pp. 151-165.
5. Alvarez, C., Tejuca, M., Morera, V., Besada, V., Pazos, F., Veitia, R., Luzardo, M., Acevedo, A., Padron, G., y Lanio, M. (1995). Algunas características de sticholysina, una nueva citolisina de *Stichodactyla helianthus*. *Biotecnología Aplicada* 12(3): pp. 168-169.

6. Arellan, C., Carrichi, S y Miranda, F. (2008). Palitoxina. 18/05/2012 Palitoxina. Sitio web: <http://palitoxina-ssf.blogspot.com/>
7. Barreto, Y. (2002). Caracterización y comparación de la estructura comunitaria de un arrecife coralino natural y un arrecife artificial de Isla Larga, P.N. San Esteban. Tesis de Grado. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
8. Bastidas, C. y Bone, D. (1996) Competitive strategies between *Palythoa caribaeorum* and *Zoanthus sociatus* (Cnidaria: Anthozoa) at a reef flat environment in Venezuela. *Bulletin of Marine Science*, 59: pp.543-555.
9. Bernal, J. (2005). Relación entre condiciones físicas y biológicas del microhábitat y la presencia de juveniles de corales hermatípicos en ambientes oceánicos y de la plataforma continental del Caribe colombiano. Trabajo de grado Carrera De Biología, Facultad De Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C. P.116
10. Bertness, M.D., Gaines, S.D. y Hay, M.E. 2001. Marine Community Ecology. Sinauer Associates, Inc. USA. p. 550

11. Bonet, M., Fields, A. y Rodríguez, E. (2001). Actiniaria (Phylum Cnidaria): *Condylactis gigantea* and *Stichodactyla helianthus*. 10/06/2012, plantbio. Sitio web: <http://labs.plantbio.cornell.edu/cbl/Pubs/Emanations3.html>
12. Boscolo, h. K. y silveira, F. L. (2005). Reproductive biology of *Palythoa caribaeorum* and *Protopalythoa variabilis* (Cnidaria, Anthozoa, Zoanthidea) from the Southeastern coast of Brazil. *Braz. J. Biol.*, 65(1), 29-41.
13. Brusca, R. y Brusca, G. (2005). *Invertebrados*. 2<sup>da</sup> ed. MacGraw Hill Interamericana, Madrid. p. 1005
14. Cisneros, E. (1998). Estudio Integrado en Ambientes Superficiales Hipersalinos-Evaporíticos de Isla Larga, estado Carabobo. Trabajo de Grado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas. Pp 3-4
15. Delgado R., (2013). Influencia del blanqueamiento sobre los efectos farmacológicos y toxicológicos del extracto acuoso del coral de fuego *Millepora alcicornis*. Tesis de Grado. Facultad De Química, Universidad Autónoma De Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro. 108 pp.
16. Desqueyroux-Faúndez R, Valentine C (2002). Family Niphatidae. In: Hooper JNA, van Soest RWM (eds). *Systema Porifera: a guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic, New York. pp. 874-889

17. Fogh, R.H., Kemll, W.R. y Norton, R.S. (1990). Solution Structure of Neurotoxin I from the Sea Anemone *Stichodactyla helianthus*. A Nuclear Magnetic resonance, Distance Geometry, And Restrained Molecular Dynamics Study. *The Journal of Biological Chemistry*, 265:13016-13028.
18. Galindo,C. (1987). Teoria de la competencia y la estructura de las revoluciones científicas. *Acta Zoologica*, 19: pp.3-18.
19. Glynn, P. (1976). Some physical and biological determinants of coral community structure in the eastern Pacific. *Ecol. Monograph*. 46: pp.431-456.
20. González, G. (2003). Caracterización de los usos que la población de Patanemo hace del área marino-costera del Parque Nacional San Esteban. Trabajo dirigido. Maestría en Desarrollo y Ambiente. Facultad de Ciencia, Universidad Simón Bolívar.
21. Humanes, A. (2005). Análisis Morfológico De Tres Especies De Coral En Isla Larga, Parque Nacional San Esteban. Tesis de Grado. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. p.84
22. Kimura, S. y Hashimoto Y. (1973): Purification of the toxin in a zoanthid . *2nd Inter. Symp. Cnidaria Memorial of the 50th. Aniv. Of the Seto Marine Lab*: 713-718.

23. Kimura, S; Hashimoto Y. y Yamazato K. (1973): Toxicity of the zoanthid *Palythoa tuberculosa*. *Toxicon* 10: 611-617.
24. McCook L; Jompa J. y G. Díaz-Pulido. (2001). Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs*. 19: pp. 400-417
25. Henríquez, Y. (2007). Caracterización de una población de *Stichodactyla helianthus* en un arrecife franjeante de Isla Larga, P.N. San Esteban, edo. Carabobo. Trabajo Especial de Grado. Departamento de Biología. Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología Universidad de Carabobo. Barbula, Venezuela. Pp. 20-22.
26. Henríquez, Y. y Palacios, M., (2008). Distribución del antozoo *Stichodactyla helianthus* en un arrecife de Isla Larga, PN. San Esteban Edo. Carabobo. *Faraute*. 3(1): pp.5-16.
27. Huber O. (1997). Ambientes fisiográficos y vegetales de Venezuela. En: La Marca E., ed. Vertebrados actuales y fósiles de Venezuela. Serie catálogo zoológico de Venezuela. Vol.1. Museo de Ciencias.
28. Humann P. y Deloach N. (2006). Reef coral identification. *Florida, Caribbean Bahamas*. Second edition. New world publication, Inc. Jacksonville, Florida USA. P. 278

29. Jorquera, S. y Romero, A. (2002). Impacto del turismo sobre áreas protegidas. Caso Isla Larga, Parque Nacional San Esteban, Edo. Carabobo. Trabajo presentado en la Convención Distrital de Centros de Ciencia Tecnología y Educación Ambiental. pp.2
30. Kocher, T.D. (2004). Adaptive evolution and explosive speciation: the cichlid fish model. *Nat. Rev. Genet.* **5** (4): pp. 288–98.
31. Hirose M., Obuchi M., Hirose E., y Reimer J., (2011). Timing of Spawning and Early Development of *Palythoa tuberculosa* (Anthozoa, Zoantharia, Sphenopidae) in Okinawa, Japan. *Biol. Bull.*, 87(3): pp. 605–621.
32. Mariño, J. (2011). Aspectos de una comunidad de crustáceos decápodos asociados a un agrupamiento de *Stichodactyla helianthus*, en un arrecife franjeante de Isla Larga, P.N. San Esteban, edo. Carabobo. Trabajo Especial de Grado. Departamento de Biología. Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología Universidad de Carabobo. Universidad de Carabobo. Barbula, Venezuela. Pp: 36-44.
33. Martínez, M. y Cruz, A. (2013). Revisión y guía para diagnóstico y tratamiento de ciguatera. Guía de Manejo de Protocolos. *Ciencias Biomedicas*. Vol. 4(1) p. 175

34. Marquez, J. y Diaz, J. (2005) Interacciones Entre Corales Y macroalgas: Dependencia De Las Especies Involucradas. *INVEMAR, Boletín de Investigaciones Marino Costeras*. 34: pp. 227-242.
35. Mejía–Niño, N. y Garzón–Ferreira J. (2003) Dinámica de las interacciones alga-coral en dos bahías de la región de santa marta (Caribe colombiano) con distinto grado de influencia antropogénica. *INVEMAR Boletín De Investigaciones Marino Costeras* Vol.32. pp. 243-261.
36. Mendoncaneto, J., Ferreira, C., Chavez, L., Pereira, R. (2008) Influence of *Palythoa caribaeorum* (Anthozoa, Cnidaria) zonation on site-attached reef fishes. *Academia Brasileira de Ciências*. 80(3): pp. 495-513
37. Menéndez J. y Lorenzo A (2004). Las anémonas, corales, medusas e hidrozooos; los Cnidarios y los Ctenóforos. 12/09/2005, *Asturnatura*. Sitio web: <http://www.asturnatura.com/articulos/cnidarios/inicio.php>
38. Mille, S. (2008). Invertebrados. 10-05-2012, *Instituto Politécnico Nacional*. Sitio web: <http://www.bibliotechnia.com>
39. Mythili, J. y Gophane A. (2013). Cnidaria from the coast of goa - Identified to the species level. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2, pp. 209-2018.

40. Nybakken J.W. (1996). Tropical Communities en: Marine biology an Ecological approach. Ed. Benjamin Cummings. San Francisco. Pp.338-389.
41. Núñez, M. (2009). Distribución de esponjas (Porifera) a lo largo de un gradiente de profundidad en un arrecife coralino de Isla Larga, Parque Nacional San Esteban, Carabobo, Venezuela. Trabajo Especial De Grado. Departamento De Biología. Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología Universidad de Carabobo Universidad de Carabobo. Barbula, Venezuela. pp. 5-40
42. Núñez, M., Rodríguez, G., y Díaz, M. (2010). Distribución de esponjas (Porifera) a lo largo de un gradiente de profundidad en un arrecife coralino, Parque Nacional San Esteban, Carabobo, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*:58 (3): pp. 175-187
43. Lang, J.C. (1971) Interspecific aggression by escleractinian coral I. The rediscovery of *Scolymia cubensis* (Mime-Edwards and Haine). *Bull. Mar . Sci.* 21: pp. 952-959
44. Lang, J.C. (1973) Interspecific aggression by escleractinian coral II. The rediscovery of *Scolymia cubensis* (Mime-Edwards and Haine). *Bull. Mar . Sci.* 23: pp. 260-279
45. Palacios, M. (2009). Dinámica ecológica de una población de *Stichodactyla helianthus* en una plataforma arrecifal de Isla Larga, Parque Nacional San Esteban.

Trabajo de Ascenso a la categoría de Profesor Asociado. Departamento de Biología. Facultad experimental de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. Pp 10-15.

46. Parkswatch. (2004). Parque Nacional San Esteban. Perfil del parque, Venezuela.

06/02/13

*Parkswatch*.

Sitio

web:

[http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/senp\\_spa.pdf](http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/senp_spa.pdf).

47. Parra-Velandia F.J. y Zea S. (2003). Comparación de la abundancia, distribución y algunas características de las esponjas del género *Ircinia* (Porifera: Demospongiae) en dos ambientes contrastantes del área de Santa Marta, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 32: pp. 75–91.

48. Pineda, J. y Escofet, A. (1989). Selective effects of disturbance on populations sea anemones from Northern Baja California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*. 55: pp. 55-62.

49. Polak O., Loya Y., Brickner I., Kramarski-Winter E., y Benayahu Y. (2011) The widely-distributed Indo-Pacific zoanthid *Palythoa tuberculosa*: a sexually conservative strategist. *MARINE SCIENCE*. 87(3): pp. 605–621

50. Reimer, J. (2012). *Palythoa caribaeorum* (Duchassaing y Michelotti, 1860). 13-05-2012. *World Register of Marine Species* at. Sitio web: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=288456>
51. Reimer JD, Ono S, Iwama A, Tsukahara J, Takishita K y Maruyama T (2006), Morphological and molecular revision of *Zoanthus* (Anthozoa: Hexacorallia) from southwestern Japan with description of two new species. *Zool Sci.* 23: pp. 261–275
52. República de Venezuela. (1987). Ley de Plan de Ordenamiento y Reglamento de uso del Parque Nacional San Esteban, INPARQUES P.N. San Esteban. Decreto N°. 1430. Gaceta Oficial N° 33650.
53. Ruppert, E. y Barnes, R.D. (1996). *Zoología de los Invertebrados*. Sexta edición. Editorial MacGraw-Hill Interamericana. México, D.F. pp: 151-159.
54. Suchanek, T. y Green D. (1982). Interspecific Competition Between *Palythoa caribaeorum* And Other Sessile Invertebrates On St. Croix reefs, U.S. Virgin Islands . *Proc. Fourth Int . Coral Reef Symp.*, Manila. 2: pp. 679-684.
55. Valderrama, D. y Zea S. (2003). Esquemas de distribución de esponjas arrecifales (Porifera) del noroccidente del golfo de Urabá, Caribe Sur, Colombia. *INVEMAR. Boletín de investigaciones marino costeras*.32: pp. 37-56.

56. Varela, C., Guitart, B., Ortiz, M., Lalana, R. (2002). Los zoantidos (Cnidaria, Anthozoa, Zoanthiniaria), de la región occidental de Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 23(3): pp. 179-184.
57. Villaroel, R. (2001). *Corales de Venezuela*. Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Fundación Cultural Conferry. Porlamar, Venezuela. Pp 10-15

## **ANEXOS**

**Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los distintos puntos de interacción con colonias *P. caribaeorum*.**

**Tabla A- 1. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con *P. caribaeorum*.**

	Media	Desviación típica	N del análisis
Largo	3,269004	1,2160518	91
Ancho	1,699932	1,0354837	91
Perimetro	8,619543	4,0619761	91
Area	5,407913	4,7450832	91

**Tabla A- 2. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con macroalgas.**

	Media	Desviación típica	N del análisis
Largo	3,675262	1,5215880	91
Ancho	1,556674	1,0980434	91
Perimetro	8,650487	4,7439427	91
Area	5,324812	4,9972565	91

**Tabla A- 3. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con *M. complanata*.**

	Media	Desviación típica	N del análisis
Largo	3,599844	1,4280228	91
Ancho	1,921419	1,2470417	91
Perimetro	10,569346	7,3460046	91
Area	7,027014	6,3346194	91

**Tabla A- 4. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con *M. alcornis*.**

	Media	Desviación típica	N del análisis
Largo	3,599844	1,4280228	91
Ancho	1,921419	1,2470417	91
Perimetro	10,569346	7,3460046	91
Area	7,027014	6,3346194	91

**Tabla A- 5. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con *Zoanthus.sp.***

<b>Estadísticos descriptivos</b>			
	Media	Desviación típica	N del análisis
Ancho	1,748225	1,0351854	91
Largo	3,602434	1,1770782	91
Perimetro	9,569479	3,6065058	91
Area	5,884254	4,5399423	91

**Tabla A- 6. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con *A. erina*.**

	Media	Desviación típica	N del análisis
Largo	3,360902	1,0662864	91
Ancho	1,626768	1,0288605	91
Perimetro	9,032064	3,5023088	91
Area	5,506911	4,5686966	91

**Tabla A- 7. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con *E. caribaeorum*.**

	Media	Desviación típica	N del análisis
Largo	3,651420	,9196035	51
Ancho	2,237161	1,0179362	51
Perimetro	10,502904	3,5839369	51
Area	7,620506	5,0465556	51

}

**Tabla A- 8. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con *I. felix*.**

	Media	Desviación típica	N del análisis
Largo	3,41427	1,328673	91
Ancho	1,98008	1,155051	91
Perimetro	9,507593	4,1915660	91
Area	6,555619	5,2921378	91

**Tabla A- 9. Estadísticos descriptivos obtenidos del Análisis Factorial aplicado a los puntos de interacción con *S. helianthus*.**

	Media	Desviación típica	N del análisis
Largo	2,391202	1,5503494	91
Ancho	1,289242	1,1908155	91
Perimetro	6,323290	4,9321638	91
Area	3,752547	5,1397032	91

**Matriz de correlaciones aplicado a los distintos puntos de interacción de *P. caribaeorum***

**Tabla B- 1. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con *P. caribaeorum*.**

		Largo	Ancho	Perimetro	Area
Correlación	Largo	1,000	,624	,809	,708
	Ancho	,624	1,000	,793	,835
	Perimetro	,809	,793	1,000	,936
	Area	,708	,835	,936	1,000
Sig. (Unilateral)	Largo		,000	,000	,000
	Ancho	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,012

**Tabla B- 2. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con macroalgas.**

		Ancho	Largo	Perimetro	Area
Correlación	Ancho	1,000	,367	,655	,806
	Largo	,367	1,000	,822	,647
	Perimetro	,655	,822	1,000	,888
	Area	,806	,647	,888	1,000
Sig. (Unilateral)	Ancho		,000	,000	,000
	Largo	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,019

**Tabla B- 3. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con *M. complanata*.**

		Largo	Ancho	Perimetro	Area
Correlación	Largo	1,000	,748	,893	,889
	Ancho	,748	1,000	,751	,878
	Perimetro	,893	,751	1,000	,883
	Area	,889	,878	,883	1,000
Sig. (Unilateral)	Largo		,000	,000	,000
	Ancho	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,008

**Tabla B- 4. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con *M. alcornis*.**

		Largo	Ancho	Perimetro	Area
Correlación	Largo	1,000	,748	,893	,889
	Ancho	,748	1,000	,751	,878
	Perimetro	,893	,751	1,000	,883
	Area	,889	,878	,883	1,000
Sig. (Unilateral)	Largo		,000	,000	,000
	Ancho	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,008

**Tabla B- 5. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con *Zoanthus* sp.**

		Ancho	Largo	Perimetro	Area
Correlación	Ancho	1,000	,463	,725	,819
	Largo	,463	1,000	,838	,659
	Perimetro	,725	,838	1,000	,932
	Area	,819	,659	,932	1,000
Sig. (Unilateral)	Ancho		,000	,000	,000
	Largo	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,008

**Tabla B- 6. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con *A. erina*.**

		Largo	Ancho	Perimetro	Area
Correlación	Largo	1,000	,602	,876	,772
	Ancho	,602	1,000	,803	,858
	Perimetro	,876	,803	1,000	,959
	Area	,772	,858	,959	1,000
Sig. (Unilateral)	Largo		,000	,000	,000
	Ancho	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,004

**Tabla B- 7. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con *E. caribaeorum*.**

		Largo	Ancho	Perimetro	Area
Correlación	Largo	1,000	,635	,886	,838
	Ancho	,635	1,000	,780	,804
	Perimetro	,886	,780	1,000	,977
	Area	,838	,804	,977	1,000
Sig. (Unilateral)	Largo		,000	,000	,000
	Ancho	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,003

**Tabla B- 8. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con *I. felix*.**

		Largo	Ancho	Perimetro	Area
Correlación	Largo	1,000	,725	,920	,845
	Ancho	,725	1,000	,819	,861
	Perimetro	,920	,819	1,000	,949
	Area	,845	,861	,949	1,000
Sig. (Unilateral)	Largo		,000	,000	,000
	Ancho	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,004

**Tabla B- 9. Matriz de correlaciones para los puntos de interacción con *S. helianthus*.**

		Largo	Ancho	Perimetro	Area
Correlación	Largo	1,000	,853	,941	,849
	Ancho	,853	1,000	,896	,894
	Perimetro	,941	,896	1,000	,950
	Area	,849	,894	,950	1,000
Sig. (Unilateral)	Largo		,000	,000	,000
	Ancho	,000		,000	,000
	Perimetro	,000	,000		,000
	Area	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,002

**KMO y prueba de Bartlett, aplicado a los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con algunos de los organismos estudiados.**

**Tabla C- 1 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con *P. caribaeorum*.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,756
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	387,670
	gl	6
	Sig.	,000

**Tabla C- 2 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con macroalgas.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,701
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	347,183
	gl	6
	Sig.	,000

**Tabla C- 3 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con *M. complanata*.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,809
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	426,652
	gl	6
	Sig.	,000

**Tabla C- 4 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con *M. alcornis*.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,809
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	426,652
	gl	6
	Sig.	,000

**Tabla C- 5 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con *Zoanthus* sp.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,643
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	428,734
	gl	6
	Sig.	,000

**Tabla C- 6 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con *A. erina*.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,714
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	494,988
	gl	6
	Sig.	,000

**Tabla C- 7 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con *E. caribaeorum*.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,766
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	275,807
	gl	6
	Sig.	,000

**Tabla C- 8 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con *I. felix*.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,780
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	489,834
	gl	6
	Sig.	,000

**Tabla C- 9 KMO y prueba de Bartlett aplicado a los puntos de interacción con *S. helianthus*.**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,751
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	566,533
	gl	6
	Sig.	,000

**Resultados del Análisis de componentes principales aplicado a los distintos puntos de interacción.**

**Tabla D-1 Resultados del Análisis de Componente Principales y varianza total explicada aplicado a los puntos de interacción de *P. caribaeorum* con pólipos de la misma especie.**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,361	84,028	84,028	3,361	84,028	84,028	3,135
2	,400	9,990	94,018	,400	9,990	94,018	2,730
3	,192	4,810	98,828				
4	,047	1,172	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla D-2 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con macroalgas.**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,115	77,866	77,866	3,115	77,866	77,866	2,656
2	,680	17,005	94,871	,680	17,005	94,871	2,649
3	,141	3,519	98,390				
4	,064	1,610	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla D-3. Varianza total explicada para los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *M. complanata***

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,524	88,089	88,089	3,524	88,089	88,089	3,311
2	,301	7,520	95,609	,301	7,520	95,609	2,957
3	,107	2,684	98,293				
4	,068	1,707	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla D-4. Varianza total explicada para los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *M. alcornis*.**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,524	88,089	88,089	3,524	88,089	88,089	3,311
2	,301	7,520	95,609	,301	7,520	95,609	2,957
3	,107	2,684	98,293				
4	,068	1,707	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla D-5. Varianza total explicada para los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *Zoanthus.sp***

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,236	80,909	80,909	3,236	80,909	80,909	2,860
2	,575	14,373	95,283	,575	14,373	95,283	2,720
3	,164	4,095	99,378				
4	,025	,622	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla D-6. Varianza total explicada para los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *A. erina*.**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,445	86,114	86,114	3,445	86,114	86,114	3,069
2	,415	10,372	96,486	,415	10,372	96,486	3,012
3	,120	2,993	99,478				
4	,021	,522	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla D-7. Varianza total explicada para los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *E. caribaeorum*.**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,470	86,747	86,747	3,470	86,747	86,747	3,257
2	,377	9,420	96,167	,377	9,420	96,167	2,813
3	,136	3,392	99,559				
4	,018	,441	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla D-8. Varianza total explicada para los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *I. felix*.**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,563	89,087	89,087	3,563	89,087	89,087	3,312
2	,292	7,304	96,391	,292	7,304	96,391	3,065
3	,112	2,797	99,188				
4	,032	,812	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla D-9. Varianza total explicada para los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con *S. helianthus*.**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación <sup>a</sup>
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	3,692	92,306	92,306	3,692	92,306	92,306	3,465
2	,167	4,184	96,490	,167	4,184	96,490	3,298
3	,119	2,972	99,462				
4	,022	,538	100,000				

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los pólipos de *P. caribaeorum* en contacto con algunos de los organismos estudiados.**

**Tabla E- 1 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con *P. caribaeorum*.**

Componente	1	2
1	1,000	,725
2	,725	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser.

**Tabla E- 2 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con macroalgas.**

Componente	1	2
1	1,000	,620
2	,620	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser

**Tabla E- 3 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con *M. complanata*.**

Componente	1	2
1	1,000	,770
2	,770	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser.

**Tabla E- 4 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con *M. alcornis*.**

Componente	1	2
1	1,000	,719
2	,719	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser.

**Tabla E- 5 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con *Zoanthus* sp.**

Componente	1	2
1	1,000	,666
2	,666	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser

**Tabla E- 6 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con *A. erina*.**

Componente	1	2
1	1,000	,733
2	,733	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser.

**Tabla E- 7 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con *E. caribaeorum*.**

Componente	1	2
1	1,000	,735
2	,735	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser.

**Tabla E- 8 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con *I. felix*.**

Componente	1	2
1	1,000	,776
2	,776	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser.

**Tabla E- 9 matriz de correlaciones del análisis de factores aplicado a los puntos de interacción con *S. helianthus*.**

Componente	1	2
1	1,000	,826
2	,826	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Promax con Kaiser.

## Matriz De Componentes

**Tabla F- 1 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con *P. caribaeorum*.**

	Componente	
	1	2
Largo	,852	,497
Ancho	,888	-,356
Perimetro	,968	,041
Area	,953	-,154

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

**Tabla F- 2 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con macroalgas.**

	Componente	
	1	2
Largo	,803	-,560
Ancho	,800	,561
Perimetro	,960	-,160
Area	,953	,162

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

**Tabla F- 3 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con *M. complanata*.**

### Matriz de componentes<sup>a</sup>

	Componente	
	1	2
Largo	,942	-,240
Ancho	,897	,428
Perimetro	,941	-,236
Area	,973	,065

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

**Tabla F- 4 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con *M. alcicornis*.**

	Componente	
	1	2
Largo	,942	-,240
Ancho	,897	,428
Perimetro	,941	-,236
Area	,973	,065

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

**Tabla F- 5 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con *Zoanthus* sp.**

	Componente	
	1	2
Ancho	,836	-,492
Largo	,820	,540
Perimetro	,976	,123
Area	,955	-,159

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

**Tabla F- 6 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con *A. erina*.**

	Componente	
	1	2
Largo	,875	,454
Ancho	,879	-,436
Perimetro	,983	,088
Area	,970	-,104

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

**Tabla F- 7 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con *E. caribaeorum*.**

	Componente	
	1	2
Largo	,904	-,357
Ancho	,860	,491
Perimetro	,981	-,091
Area	,975	-,010

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

**Tabla F- 8 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con *I. felix*.**

	Componente	
	1	2
Largo	,925	-,327
Ancho	,900	,410
Perimetro	,978	-,120
Area	,969	,053

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

**Tabla F- 9 matriz de componentes extraídos del análisis de componentes principales aplicado a los puntos de interacción con *S. helianthus*.**

	Componente	
	1	2
Largo	,948	-,304
Ancho	,948	,208
Perimetro	,986	-,068
Area	,961	,165

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos

## Historial de conglomeración

**Tabla G- 1** Historial de conglomeracion, pólipos en contacto con *P. caribaeorum*.

Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud
N°	%	%	N°	%	%	N°	%	%
1	3,484321	96,51568	31	108,0139	-8,01394	61	212,5436	-112,544
2	6,968641	93,03136	32	111,4983	-11,4983	62	216,0279	-116,028
3	10,45296	89,54704	33	114,9826	-14,9826	63	219,5122	-119,512
4	13,93728	86,06272	34	118,4669	-18,4669	64	222,9965	-122,997
5	17,4216	82,5784	35	121,9512	-21,9512	65	226,4808	-126,481
6	20,90592	79,09408	36	125,4355	-25,4355	66	229,9652	-129,965
7	24,39024	75,60976	37	128,9199	-28,9199	67	233,4495	-133,449
8	27,87456	72,12544	38	132,4042	-32,4042	68	236,9338	-136,934
9	31,35889	68,64111	39	135,8885	-35,8885	69	240,4181	-140,418
10	34,84321	65,15679	40	139,3728	-39,3728	70	243,9024	-143,902
11	38,32753	61,67247	41	142,8571	-42,8571	71	247,3868	-147,387
12	41,81185	58,18815	42	146,3415	-46,3415	72	250,8711	-150,871
13	45,29617	54,70383	43	149,8258	-49,8258	73	254,3554	-154,355
14	48,78049	51,21951	44	153,3101	-53,3101	74	257,8397	-157,84
15	52,26481	47,73519	45	156,7944	-56,7944	75	261,324	-161,324
16	55,74913	44,25087	46	160,2787	-60,2787	76	264,8084	-164,808
17	59,23345	40,76655	47	163,7631	-63,7631	77	268,2927	-168,293
18	62,71777	37,28223	48	167,2474	-67,2474	78	271,777	-171,777
19	66,20209	33,79791	49	170,7317	-70,7317	79	275,2613	-175,261
20	69,68641	30,31359	50	174,216	-74,216	80	278,7456	-178,746
21	73,17073	26,82927	51	177,7003	-77,7003	81	282,23	-182,23
22	76,65505	23,34495	52	181,1847	-81,1847	82	285,7143	-185,714
23	80,13937	19,86063	53	184,669	-84,669	83	289,1986	-189,199
24	83,62369	16,37631	54	188,1533	-88,1533	84	292,6829	-192,683
25	87,10801	12,89199	55	191,6376	-91,6376	85	296,1672	-196,167
26	90,59233	9,407666	56	195,122	-95,122	86	299,6516	-199,652
27	94,07666	5,923345	57	198,6063	-98,6063	87	303,1359	-203,136
28	97,56098	2,439024	58	202,0906	-102,091	88	306,6202	-206,62
29	101,0453	-1,0453	59	205,5749	-105,575	89	310,1045	-210,105
30	104,5296	-4,52962	60	209,0592	-109,059	90	313,5889	-213,589

**Tabla G- 2 Historial de conglomeracion, pólipos en contacto con macroalgas.**

Etapa	Dissimilitud	Similitud	Etapa	Dissimilitud	Similitud	Etapa	Dissimilitud	Similitud
	%	%		%	%		%	%
1	0	100	31	2,070493	97,9295	61	4,511306	95,4886
2	0	100	32	2,130211	97,8697	62	4,554745	95,4452
3	0	100	33	1,997098	98,0029	63	4,58569	95,4143
4	0	100	34	2,203182	97,7968	64	4,008733	95,9912
5	0	100	35	2,16472	97,8352	65	4,234105	95,7659
6	0	100	36	2,356848	97,6431	66	4,641048	95,3589
7	0,001819	99,9981	37	2,453818	97,5461	67	4,227705	95,7723
8	0,00185	99,9981	38	2,46478	97,5352	68	4,318057	95,6819
9	0,746741	99,2532	39	2,520545	97,4794	69	4,898613	95,1013
10	0,929674	99,0703	40	2,576711	97,4232	70	4,980653	95,0193
11	1,056071	98,9439	41	2,695922	97,3040	71	5,057274	94,9427
12	1,256591	98,7434	42	2,753525	97,2464	72	5,101976	94,8980
13	1,261879	98,7381	43	2,79486	97,2051	73	5,407468	94,5925
14	1,359613	98,6403	44	2,978247	97,0217	74	5,583067	94,4169
15	1,494988	98,5050	45	3,019979	96,9800	75	6,403207	93,5967
16	1,291724	98,7082	46	2,723857	97,2761	76	6,949972	93,0500
17	1,595003	98,405	47	2,71494	97,2850	77	6,968776	93,0312
18	1,685323	98,3146	48	3,139185	96,8608	78	7,047375	92,9526
19	1,737415	98,2625	49	3,150587	96,8494	79	7,947707	92,0522
20	1,58574	98,4142	50	3,160966	96,8390	80	9,178572	90,8214
21	1,706839	98,2931	51	3,516962	96,4830	81	10,00184	89,9981
22	1,813324	98,1866	52	3,570175	96,4298	82	10,24077	89,7592
23	1,868471	98,1315	53	3,490587	96,5094	83	11,04361	88,9563
24	1,909205	98,0907	54	3,437407	96,5625	84	12,37612	87,6238
25	1,614004	98,386	55	3,649949	96,3500	85	12,38401	87,6159

26		98,5108	56			86		86,8278
	1,489142	6		3,654497	96,3455		13,17219	1
27		98,0273	57		96,2282	87		83,7497
	1,972622	8		3,771712	9		16,25026	4
28		97,9988	58		95,6287	88		82,3031
	2,001112	9		4,371211	9		17,69683	7
29		97,9988	59			89		76,6136
	2,001124	8		4,3928	95,6072		23,38631	9
30		97,9979	60		95,5954	90		71,5891
	2,00202	8		4,404543	6		28,41083	7

**Tabla G- 3 Historial de conglomeración, En contacto con *M. complanata*.**

Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud
N°	%	%	N°	%	%	N°	%	%
1	0	100	31	0,903841	99,09616	61	2,151494	97,84851
2	0	100	32	0,938953	99,06105	62	2,167522	97,83248
3	0	100	33	0,985118	99,01488	63	2,185991	97,81401
4	0	100	34	0,995244	99,00476	64	2,285125	97,71487
5	0	100	35	1,014678	98,98532	65	2,077901	97,9221
6	0	100	36	1,038324	98,96168	66	1,920795	98,0792
7	0	100	37	1,045466	98,95453	67	2,326248	97,67375
8	0,244719	99,75528	38	1,116822	98,88318	68	2,518368	97,48163
9	0,291285	99,70872	39	1,030721	98,96928	69	2,520123	97,47988
10	0,413678	99,58632	40	1,138663	98,86134	70	2,671894	97,32811
11	0,404028	99,59597	41	1,170011	98,82999	71	2,39111	97,60889
12	0,463272	99,53673	42	1,099797	98,9002	72	2,654116	97,34588
13	0,516286	99,48371	43	1,13492	98,86508	73	2,853407	97,14659
14	0,519945	99,48006	44	1,22053	98,77947	74	2,864603	97,1354
15	0,556666	99,44333	45	1,056218	98,94378	75	2,754183	97,24582
16	0,608332	99,39167	46	1,268322	98,73168	76	2,918512	97,08149
17	0,63953	99,36047	47	1,280423	98,71958	77	3,447362	96,55264
18	0,665763	99,33424	48	1,153742	98,84626	78	3,906715	96,09329
19	0,661253	99,33875	49	1,313709	98,68629	79	3,908512	96,09149
20	0,681534	99,31847	50	1,367423	98,63258	80	4,509861	95,49014
21	0,725771	99,27423	51	1,458979	98,54102	81	4,61146	95,38854
22	0,763124	99,23688	52	1,506274	98,49373	82	4,636111	95,36389
23	0,787349	99,21265	53	1,535191	98,46481	83	4,884362	95,11564
24	0,778066	99,22193	54	1,562175	98,43782	84	6,252188	93,74781
25	0,832611	99,16739	55	1,655048	98,34495	85	6,50667	93,49333
26	0,836047	99,16395	56	1,660924	98,33908	86	10,71763	89,28237
27	0,906682	99,09332	57	1,698931	98,30107	87	14,59989	85,40011
28	0,912925	99,08707	58	1,9107	98,0893	88	15,3987	84,6013
29	0,926313	99,07369	59	1,952073	98,04793	89	33,06334	66,93666
30	0,89571	99,10429	60	2,062716	97,93728	90	44,49658	55,50342

**Tabla G- 4 Historial de Conglomeración, En contacto con *M. alcornis*.**

Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud
N°	%	%	N°	%	%	N°	%	%
1	0	100	31	1,852878	98,14712	61	3,588775	96,41122
2	0	100	32	1,808793	98,19121	62	3,610808	96,38919
3	0	100	33	1,854502	98,1455	63	3,673921	96,32608
4	0	100	34	1,889904	98,1101	64	3,682131	96,31787
5	0,47135	99,52865	35	1,895304	98,1047	65	3,943453	96,05655
6	0,794052	99,20595	36	1,992148	98,00785	66	3,94899	96,05101
7	0,890563	99,10944	37	2,042849	97,95715	67	3,951302	96,0487
8	0,931631	99,06837	38	2,086329	97,91367	68	4,180167	95,81983
9	0,958828	99,04117	39	2,140886	97,85911	69	4,268236	95,73176
10	0,986002	99,014	40	2,188157	97,81184	70	4,530554	95,46945
11	1,003321	98,99668	41	2,335335	97,66467	71	4,652775	95,34722
12	1,156859	98,84314	42	2,360038	97,63996	72	4,804151	95,19585
13	1,192793	98,80721	43	2,404647	97,59535	73	4,819138	95,18086
14	1,213809	98,78619	44	2,429892	97,57011	74	4,977583	95,02242
15	1,237655	98,76234	45	2,437362	97,56264	75	5,13684	94,86316
16	1,266322	98,73368	46	2,338141	97,66186	76	5,189732	94,81027
17	1,419463	98,58054	47	2,457278	97,54272	77	5,215865	94,78414
18	1,421764	98,57824	48	2,453429	97,54657	78	5,335633	94,66437
19	1,454718	98,54528	49	2,486049	97,51395	79	5,617314	94,38269
20	1,472911	98,52709	50	2,491009	97,50899	80	5,849366	94,15063
21	1,476263	98,52374	51	2,569482	97,43052	81	6,102643	93,89736
22	1,499439	98,50056	52	2,632059	97,36794	82	6,144962	93,85504
23	1,583366	98,41663	53	2,746762	97,25324	83	7,268373	92,73163
24	1,498404	98,5016	54	2,853305	97,14669	84	7,288107	92,71189
25	1,609718	98,39028	55	2,903873	97,09613	85	10,31548	89,68452
26	1,645936	98,35406	56	3,032585	96,96742	86	12,68356	87,31644
27	1,66438	98,33562	57	3,265945	96,73405	87	13,41586	86,58414
28	1,671404	98,3286	58	3,267803	96,7322	88	15,11044	84,88956
29	1,775372	98,22463	59	3,307321	96,69268	89	15,82098	84,17902
30	1,832368	98,16763	60	3,506676	96,49332	90	43,27034	56,72966

**Tabla G- 5 Historial de conglomeración, En contacto con *Zoanthus* sp.**

Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud
N°	%	%	N°	%	%	N°	%	%
1	0	100	31	2,357919	97,64208	61	3,965801	96,0342
2	0	100	32	2,385777	97,61422	62	3,966719	96,03328
3	0	100	33	1,954829	98,04517	63	4,080263	95,91974
4	0	100	34	2,392877	97,60712	64	4,09127	95,90873
5	0,490473	99,50953	35	2,427566	97,57243	65	4,42728	95,57272
6	0,673946	99,32605	36	2,479602	97,5204	66	4,557988	95,44201
7	0,955499	99,0445	37	2,646275	97,35373	67	4,328055	95,67194
8	0,973786	99,02621	38	2,690105	97,3099	68	4,593565	95,40643
9	1,034888	98,96511	39	2,70344	97,29656	69	4,765	95,235
10	1,170378	98,82962	40	2,407214	97,59279	70	4,355516	95,64448
11	1,254342	98,74566	41	2,707654	97,29235	71	4,77716	95,22284
12	1,336589	98,66341	42	2,780626	97,21937	72	5,119004	94,881
13	1,485056	98,51494	43	2,823869	97,17613	73	5,197754	94,80225
14	1,514057	98,48594	44	2,876018	97,12398	74	5,330237	94,66976
15	1,588398	98,4116	45	2,897401	97,1026	75	5,502513	94,49749
16	1,759687	98,24031	46	2,97142	97,02858	76	5,507331	94,49267
17	1,544943	98,45506	47	3,054005	96,94599	77	6,120637	93,87936
18	1,864631	98,13537	48	3,079759	96,92024	78	6,122868	93,87713
19	1,905662	98,09434	49	3,214951	96,78505	79	6,479128	93,52087
20	1,943762	98,05624	50	3,453933	96,54607	80	6,521799	93,4782
21	1,983547	98,01645	51	2,88467	97,11533	81	6,757365	93,24264
22	2,015007	97,98499	52	3,539014	96,46099	82	6,748682	93,25132
23	2,055685	97,94432	53	3,582239	96,41776	83	7,422733	92,57727
24	1,981748	98,01825	54	3,590844	96,40916	84	8,041349	91,95865
25	2,126844	97,87316	55	3,806133	96,19387	85	9,383592	90,61641
26	2,138431	97,86157	56	3,823616	96,17638	86	10,27967	89,72033
27	2,149595	97,8504	57	3,835567	96,16443	87	13,03541	86,96459
28	2,19355	97,80645	58	3,578861	96,42114	88	13,58662	86,41338
29	2,219012	97,78099	59	3,957318	96,04268	89	18,58879	81,41121
30	2,224313	97,77569	60	3,658157	96,34184	90	24,34663	75,65337

**Tabla G- 6 Historial de conglomeración, En contacto con *A. erina*.**

Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud
N°	%	%	N°	%	%	N°	%	%
1	0	100	31	7,191459	92,80854	61	11,12267	88,87733
2	0	100	32	7,229647	92,77035	62	11,30827	88,69173
3	0	100	33	7,489948	92,51005	63	11,85674	88,14326
4	0	100	34	7,640302	92,3597	64	11,26524	88,73476
5	2,307555	97,69244	35	7,66175	92,33825	65	12,11248	87,88752
6	2,459293	97,54071	36	7,667934	92,33207	66	12,20914	87,79086
7	3,013577	96,98642	37	7,836439	92,16356	67	12,89403	87,10597
8	3,274683	96,72532	38	8,218907	91,78109	68	12,92535	87,07465
9	3,3131	96,6869	39	8,409787	91,59021	69	13,13205	86,86795
10	3,86979	96,13021	40	7,52231	92,47769	70	14,1393	85,8607
11	4,107099	95,8929	41	8,421975	91,57802	71	12,90088	87,09912
12	4,661016	95,33898	42	7,653181	92,34682	72	14,46293	85,53707
13	4,800168	95,19983	43	8,449212	91,55079	73	17,08763	82,91237
14	4,897568	95,10243	44	8,501684	91,49832	74	17,43555	82,56445
15	4,980342	95,01966	45	8,536197	91,4638	75	17,64229	82,35771
16	5,046443	94,95356	46	8,63362	91,36638	76	15,05988	84,94012
17	5,171729	94,82827	47	8,819008	91,18099	77	17,33501	82,66499
18	5,323202	94,6768	48	8,844197	91,1558	78	17,74966	82,25034
19	5,261186	94,73881	49	8,998085	91,00192	79	18,02272	81,97728
20	5,856693	94,14331	50	9,156459	90,84354	80	22,29223	77,70777
21	4,913998	95,086	51	9,437394	90,56261	81	22,69973	77,30027
22	5,938558	94,06144	52	9,585332	90,41467	82	18,57997	81,42003
23	5,939329	94,06067	53	9,628276	90,37172	83	25,11488	74,88512
24	5,948684	94,05132	54	9,935102	90,0649	84	30,90041	69,09959
25	6,19308	93,80692	55	10,06843	89,93157	85	35,64377	64,35623
26	6,281313	93,71869	56	9,93076	90,06924	86	35,96445	64,03555
27	6,568515	93,43149	57	10,24268	89,75732	87	43,8257	56,1743
28	6,654299	93,3457	58	10,44708	89,55292	88	52,21209	47,78791
29	6,851684	93,14832	59	10,48218	89,51782	89	58,2597	41,7403
30	6,342853	93,65715	60	11,03883	88,96117	90	140,5684	-40,5684

**Tabla G- 7 7 Historial de conglomeración, En contacto con *E. caribaeorum*.**

Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud
N°	%	%	N°	%	%
1	0	100	26	4,089775	95,91023
2	0	100	27	4,327599	95,6724
3	0	100	28	4,455549	95,54445
4	0	100	29	4,515912	95,48409
5	0,857188	99,14281	30	4,90636	95,09364
6	0,997581	99,00242	31	5,039802	94,9602
7	1,066603	98,9334	32	5,043845	94,95616
8	1,691424	98,30858	33	5,016059	94,98394
9	1,917091	98,08291	34	5,054403	94,9456
10	2,298157	97,70184	35	5,175762	94,82424
11	2,330675	97,66933	36	5,199386	94,80061
12	2,010093	97,98991	37	5,582759	94,41724
13	2,420068	97,57993	38	4,797066	95,20293
14	2,468577	97,53142	39	5,802144	94,19786
15	2,547632	97,45237	40	5,846645	94,15335
16	2,769865	97,23013	41	5,981089	94,01891
17	2,940249	97,05975	42	6,55171	93,44829
18	3,024721	96,97528	43	7,5155	92,4845
19	3,045188	96,95481	44	8,204979	91,79502
20	3,174437	96,82556	45	8,209542	91,79046
21	3,328273	96,67173	46	11,47498	88,52502
22	3,448136	96,55186	47	12,92165	87,07835
23	3,622219	96,37778	48	15,51602	84,48398
24	3,967322	96,03268	49	21,24077	78,75923
25	4,047292	95,95271	50	48,05879	51,94121

**Tabla G- 8 Historial de conglomeración, En contacto con *I. felix*.**

Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud
N°	%	%	N°	%	%	N°	%	%
1	0	100	31	2,393838	97,60616	61	4,37506	95,62494
2	0	100	32	2,211151	97,78885	62	4,106507	95,89349
3	0	100	33	2,467044	97,53296	63	4,348943	95,65106
4	0	100	34	2,60542	97,39458	64	4,494702	95,5053
5	0,418709	99,58129	35	2,612439	97,38756	65	4,487338	95,51266
6	0,601037	99,39896	36	2,640302	97,3597	66	4,618095	95,38191
7	0,803682	99,19632	37	2,655109	97,34489	67	4,797658	95,20234
8	0,959272	99,04073	38	2,88504	97,11496	68	4,344632	95,65537
9	1,004324	98,99568	39	2,945949	97,05405	69	5,080891	94,91911
10	1,047642	98,95236	40	2,992713	97,00729	70	5,103125	94,89688
11	1,079151	98,92085	41	3,007721	96,99228	71	5,119278	94,88072
12	1,151266	98,84873	42	3,064969	96,93503	72	4,986102	95,0139
13	1,364449	98,63555	43	3,074549	96,92545	73	4,540426	95,45957
14	1,391704	98,6083	44	3,095044	96,90496	74	5,609077	94,39092
15	1,457326	98,54267	45	3,336899	96,6631	75	5,788341	94,21166
16	1,524997	98,475	46	3,343284	96,65672	76	5,870405	94,1296
17	1,52614	98,47386	47	3,017377	96,98262	77	6,585101	93,4149
18	1,268905	98,73109	48	3,378793	96,62121	78	6,76954	93,23046
19	1,613239	98,38676	49	2,720121	97,27988	79	7,314678	92,68532
20	1,701553	98,29845	50	3,400961	96,59904	80	7,393452	92,60655
21	1,715658	98,28434	51	3,416828	96,58317	81	8,084065	91,91594
22	1,718638	98,28136	52	3,437156	96,56284	82	8,482014	91,51799
23	1,74066	98,25934	53	3,474652	96,52535	83	10,24597	89,75403
24	1,910734	98,08927	54	3,378453	96,62155	84	10,29148	89,70852
25	1,974092	98,02591	55	3,595816	96,40418	85	11,50516	88,49484
26	1,938715	98,06129	56	3,705617	96,29438	86	11,60998	88,39002
27	1,873741	98,12626	57	3,741123	96,25888	87	12,36896	87,63104
28	1,984369	98,01563	58	3,876498	96,1235	88	16,1645	83,8355
29	2,044121	97,95588	59	4,16412	95,83588	89	25,80801	74,19199
30	2,334515	97,66548	60	4,338498	95,6615	90	32,09015	67,90985

**Tabla G- 9 Historial de conglomeracion, en contacto con *S. helianthus*.**

Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud	Casos	Dissimilitud	Similitud
N°	%	%	N°	%	%	N°	%	%
1	0	100	31	1,161454	98,83855	61	2,961269	97,03873
2	0	100	32	1,182153	98,81785	62	3,249529	96,75047
3	0	100	33	1,196742	98,80326	63	3,200929	96,79907
4	0	100	34	1,250903	98,7491	64	3,558154	96,44185
5	0,233273	99,76673	35	1,308987	98,69101	65	4,11536	95,88464
6	0,36723	99,63277	36	1,247489	98,75251	66	4,124524	95,87548
7	0,411197	99,5888	37	1,311592	98,68841	67	4,102066	95,89793
8	0,429248	99,57075	38	1,325824	98,67418	68	4,230239	95,76976
9	0,459198	99,5408	39	1,362702	98,6373	69	4,375757	95,62424
10	0,437353	99,56265	40	1,486905	98,51309	70	4,675758	95,32424
11	0,496364	99,50364	41	1,512376	98,48762	71	4,497687	95,50231
12	0,506172	99,49383	42	1,565339	98,43466	72	4,802997	95,197
13	0,582365	99,41763	43	1,582172	98,41783	73	4,908792	95,09121
14	0,519065	99,48093	44	1,732723	98,26728	74	4,963883	95,03612
15	0,499028	99,50097	45	1,758951	98,24105	75	5,040246	94,95975
16	0,594332	99,40567	46	1,674984	98,32502	76	5,536821	94,46318
17	0,65724	99,34276	47	1,900492	98,09951	77	5,840039	94,15996
18	0,702191	99,29781	48	2,041359	97,95864	78	5,804616	94,19538
19	0,72542	99,27458	49	2,068498	97,9315	79	6,235503	93,7645
20	0,653468	99,34653	50	2,141547	97,85845	80	6,292411	93,70759
21	0,769014	99,23099	51	2,14442	97,85558	81	6,482965	93,51703
22	0,786752	99,21325	52	2,283313	97,71669	82	7,023647	92,97635
23	0,828834	99,17117	53	2,367091	97,63291	83	7,784039	92,21596
24	0,837134	99,16287	54	2,541284	97,45872	84	8,888042	91,11196
25	0,871283	99,12872	55	2,559658	97,44034	85	9,968162	90,03184
26	0,926544	99,07346	56	2,627536	97,37246	86	11,84846	88,15154
27	0,930724	99,06928	57	2,732919	97,26708	87	12,76149	87,23851
28	0,952054	99,04795	58	2,776052	97,22395	88	14,14754	85,85246
29	1,040046	98,95995	59	2,794658	97,20534	89	30,05773	69,94227
30	1,113679	98,88632	60	2,911453	97,08855	90	58,75542	41,24458

**Tabla G- 10. Prueba de Kruskal-Wallis aplicada a los pólipos de *P. caribaeorum* que entraron en contactos con sus cohabitantes.**

<p>H: 69,52  Hc: 69,52  p(same): 6,115E-12</p> <p>Mann-Whitney pairwise comparisons,  Bonferroni corrected \ uncorrected:</p>									
	Central	Palythoa	Macroalgas	Milleporas	Zoanthus	A.erina	E.caribaerun	I.felix	S.helianthus
Central		0,3724	0,6404	0,5046	0,7617	0,6436	0,3457	0,05414	5,045E-06
Palythoa	1		0,2635	0,3999	0,1095	0,01138	0,7207	0,0007832	2,541E-07
Macroalgas	1	1		0,3595	0,5252	0,2081	0,549	0,0009573	6,266E-09
Milleporas	1	1	1		0,2514	0,03249	0,8373	8,385E-05	2,346E-09
Zoanthus	1	1	1	1		0,7263	0,2611	0,05777	6,895E-05
A.erina	1	0,4095	1	1	1		0,1455	0,02845	5,166E-07
E.caribaerun	1	1	1	1	1	1		0,001585	1,102E-08
I.felix	1	0,02819	0,03446	0,003018	1	1	0,05708		0,0006833
S.helianthus	0,0001816	9,148E-06	2,256E-07	8,444E-08	0,002482	1,86E-05	3,968E-07	0,0246	

**Tabla G- 11. Pruebas Man-Whitney para casos significativos, interacción con *I. felix* y *S. helianthus*.**

Man whitney		
Central (N=27) vs. <i>I. felix</i> (N=20)		
Mean ranks:	15,7	8,298
T=Ub:	180	
p(same):	0,05413	
Monte Carlo p:	0,0511	

Man whitney		
Central (N=27) vs. <i>S. helianthus</i> (N=30)		
Mean ranks:	18,75	10,25
T=Ub:	119	
p(same):	5,04E-06	
Monte Carlo p:	<0.0001	