



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD  
MACROBENTÓNICA ASOCIADA A LA MACROALGA  
FILAMENTOSA *Chaetomorpha crassa* EN EL SUBMAREAL  
SOMERO DE LA ISLA SAN LORENZO, CALLAO - PERÚ.**

Tesis para optar al Título Profesional de Biólogo con mención en  
Hidrobiología y Pesquería.

Bach. MAX ALFREDO GALÁN ASENCIOS

Lima – Perú

2015



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD  
MACROBENTÓNICA ASOCIADA A LA MACROALGA  
FILAMENTOSA *Chaetomorpha crassa* EN EL SUBMAREAL  
SOMERO DE LA ISLA SAN LORENZO, CALLAO - PERÚ.**

Tesis para optar al Título Profesional de Biólogo con mención en  
Hidrobiología y Pesquería.

Bach. MAX ALFREDO GALÁN ASENCIOS

Asesor: Biólogo OSWALDO BENJAMIN CORNEJO GONZALES

Co – Asesor: Magíster ALEX MOISES GAMARRA SALAZAR

Lima – Perú

2015

Dedico esta tesis a mis padres,  
Max y Victoria,  
y a mi hermano Martin.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por su constante apoyo y motivación.

Al instituto del Mar del Perú (IMARPE) por permitir la realización de los trabajos de campo y de laboratorio. A la Blga. Albertina Kameya por el apoyo brindado durante la realización de esta tesis. Al Blgo. Oswaldo Cornejo por el apoyo permanente, los comentarios oportunos y su invaluable asesoría, así como, por las facilidades brindadas para poder utilizar el Laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM. Al Dr. Juan Tarazona por los acertados comentarios y el interés científico mostrado en el tema.

Al Dr. Cesar Acleto y al Blgo. Jose Ávila por su colaboración en la identificación taxonómica de *Chaetomorpa crassa*. A Carlos Gutierrez, Rossana Cabanillas, Manuel Narro, José Santamaría, Sara Clemente, Analí Jiménez y Mirian Jaimes por su colaboración en la identificación y/o confirmación taxonómica de algunos invertebrados y su apoyo permanente. Al Blgo. Alberto Oscanoa y al técnico ambiental José Fiestas por su apoyo en los muestreos submareales.

Agradecimientos especiales a Patricia Carbajal, por los consejos y su apoyo en el planteamiento de la tesis y a Alex Gamarra por su apoyo en todos los muestreos submareales, así como por su inestimable asesoría e interés mostrado durante todo el desarrollo de la tesis.

Y finalmente agradezco a Dave Grohl, Eddie Vedder, Kurt Cobain, Thom Yorke y Chris Martin por su indispensable compañía durante la realización de esta tesis.

## ÍNDICE GENERAL

LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUCCION.....	1
2. MARCO TEORICO.....	3
2.1. <i>Chaetomorpha crassa</i> (C. Agardh) Kützing .....	3
2.1.1. Clasificación taxonómica.....	3
2.1.1. Descripción general.....	3
2.1.1. Distribución geográfica y hábitat.....	4
2.1.1. Ciclo de vida y reproducción.....	4
3. ANTECEDENTES.....	5
4. HIPOTESIS.....	8
5. OBJETIVOS.....	8
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
6. MATERIALES Y METODOS.....	9
6.1. Material biológico.....	9
6.2. Material sedimentológico.....	10
6.3. Area de estudio.....	12
6.4. Procedimiento de muestreo.....	12
6.5. Procesamiento de muestras.....	14
6.5.1. Muestras biológicas.....	14
6.5.2. Muestras sedimentológicas.....	14
6.6. Análisis de datos.....	15
6.6.1. Análisis de parámetros ambientales.....	15
6.6.2. Análisis de la abundancia de <i>Ch. crassa</i> .....	15
6.6.3. Estructura y composición de la comunidad macrobentónica.....	15
6.6.4. Índices de diversidad.....	16
6.6.5. Diferencias entre las comunidades macrobentónicas.....	18
7. RESULTADOS.....	18

7.1. Análisis de parámetros ambientales.....	18
7.1.1. Análisis Granulométrico.....	18
7.1.2. Análisis de contenido de materia orgánica.....	19
7.1.3. Análisis de la Temperatura Superficial del Mar (TSM).....	19
7.2. Análisis de la abundancia de <i>Ch. crassa</i> .....	20
7.3. Estructura y composición de la comunidad macrobentónica.....	21
7.3.1. Comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de <i>Ch. crassa</i> .....	21
7.3.2. Comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de <i>Ch. crassa</i> .....	27
7.3.3. Comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de <i>Ch. crassa</i> .....	30
7.4. Índices de diversidad.....	39
7.5. Diferencias entre las comunidades macrobentónicas.....	40
7.5.1. Diferencias en el número de taxa.....	40
7.5.2. Diferencias en la abundancia.....	42
7.5.3. Diferencias en la biomasa.....	45
7.5.4. Diferencias en los índices de diversidad.....	54
7.5.5. Análisis multivariados.....	60
7.5.5.1. Análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional (MDS).....	60
7.5.5.2. Análisis de varianza multivariado basado en permutaciones (PERMANOVA).....	63
7.5.5.3. Análisis de similaridad de porcentajes (SIMPER).....	66
8. DISCUSION.....	92
8.1. Análisis de parámetros ambientales.....	92
8.1.1. Análisis Granulométrico y de contenido de Materia Orgánica.....	92
8.1.2. Análisis de la Temperatura Superficial del Mar (TSM).....	94
8.2. Análisis de la variabilidad del parche de <i>ch. Crassa</i> .....	94
8.3. Composición de la comunidad macrobentónica.....	95
8.3.1. Asociada a los filamentos de <i>Ch. crassa</i> .....	95
8.3.2. Asociada al sustrato subyacente al parche de <i>Ch. crassa</i> .....	96
8.2.3. Asociada al sustrato adyacente al parche de <i>Ch. crassa</i> .....	96
8.4. Abundancia de la comunidad macrobentónica.....	97
8.4.1. Asociada a los filamentos de <i>Ch. crassa</i> .....	97

8.4.2. Asociada al sustrato subyacente al parche de <i>Ch. crassa</i> .....	100
8.4.3. Asociada al sustrato adyacente al parche de <i>Ch. crassa</i> .....	102
8.5. Biomasa de la comunidad macrobentónica.....	103
8.5.1. Asociada a los filamentos de <i>Ch. crassa</i> .....	103
8.5.2. Asociada al sustrato subyacente al parche de <i>Ch. crassa</i> .....	104
8.5.3. Asociada al sustrato adyacente al parche de <i>Ch. crassa</i> .....	105
8.6. Índices de diversidad.....	106
8.7. Diferencias entre las comunidades macrobentónicas.....	109
9. CONCLUSIONES.....	113
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	115
ANEXOS.....	124

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición porcentual (%) del tipo de sustrato, de los biotopos (A: sustrato subyacente al parche, C: sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015).

Tabla 2. Composición porcentual del contenido de materia orgánica (% MOT), de los biotopos (A: sustrato subyacente al parche, C: sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015).

Tabla 3. Estadísticos de dispersión y tendencia central de la riqueza (S), abundancia (N) y biomasa húmeda (W) de los biotopos (AP: Filamentos de *Ch. crassa*, AS: Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015).

Tabla 4. Valores de los índices ecológicos univariados de la comunidad macrobentónica de los filamentos de *Ch. crassa* (A), sustrato subyacente al parche (B) y sustrato adyacente al parche (C). Min = mínimo, Max = máximo.

Tabla 5. Resumen del análisis PERMANOVA de dos vías cruzado basado en la similaridad de Bray curtis con los valores de abundancia de la comunidad de invertebrados macrobentónicos. (Factor 1: Estación, Facto 2: Biotopo e interacción EsxBi: Estación por Biotopo). \*: P(perm) < 0.01.

Tabla 6. Comparaciones pareadas (PERMANOVA) entre los biotopos a lo largo del factor estación. AP: Comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa*, AS: Comunidad asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* y C: Comunidad asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa*. \*: P(perm) < 0.01, \*\*: P(perm) < 0.05.

Tabla 7. Comparaciones pareadas (PERMANOVA) de cada biotopo (AP, AS y C) a lo largo del factor estación. I-1: Invierno 1, V-1; Verano 1, I-2: Invierno 2, V-2: Verano 2. . \*: P(perm) < 0.01.

Tabla 8. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa*. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 9. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa*. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa

Tabla 10. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa*. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 11. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS). Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 12. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C). Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 13. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa*. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 14. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* en el Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 15. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 16. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 17. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS) en el Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 18. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C) en Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 19. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa* en Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio.

A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 20. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* en el Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 21. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 22. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 23. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS) en el Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 24. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C) en Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 25. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa* en Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 26. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* en el Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 27. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el Invierno 2. Se muestran los

resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 28. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 29. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS) en el Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 30. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C) en Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 31. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa* en Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 32. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* en el Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 33. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 34. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 35. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS) en

el Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 36. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C) en Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Tabla 37. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa* en Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. *Chaetomorpha crassa*. A) Parche submareal en la Isla San Lorenzo, Callao. B) Filamentos de *Ch. crassa*. C) Célula basal, mostrando el disco basal de *Ch. crassa*, D) Célula apical de *Ch. crassa* y E) Célula intercalar de *Ch. crassa*.

Figura 2. Mapa de la Isla San Lorenzo, se observa el parche de *Chaetomorpha crassa* distribuidos en la zona norte del lado protegido al oleaje de la Isla San Lorenzo.

Figura 3. Representación esquemática del diseño de muestreo.

Figura 4. Variación temporal de la temperatura superficial del mar (TSM °C) en la Isla San Lorenzo, Callao.

Figura 5. Variación temporal de la abundancia de *Ch. crassa* en la Isla San Lorenzo-Callao.

Figura 6. Número de taxa (A), Abundancia relativa (B) y Biomasa relativa (C) por phylum de las comunidades macrobentónicas asociadas a los filamentos (AP) sustrato subyacente (AS) y sustrato adyacente (C). Las letras representan los phyla: ANN = Annelida, ART = Arthropoda, MOL = Mollusca, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata, BRY = Bryozoa, BRA = Brachiopoda, NEM = Nemertea, SIP = Sipuncula, PHO = Phoronida, PLA = Plathyhelminthes.

Figura 7. Variación de la abundancia relativa de los principales phyla de los biotopos: AP = Filamentos de *Ch. crassa*, AS = Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche en la estaciones de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015). Las letras representan los phyla: ANN = Annelida, ART = Arthropoda, MOL = Mollusca, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata.

Figura 8. Variación de la biomasa relativa de los principales phyla de los biotopos: AP = Filamentos de *Ch. crassa*, AS = Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche en las estaciones de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015). Las letras representan los phyla: ANN = Annelida, ART = Arthropoda, MOL = Mollusca, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata.

Figura 9. Variación de la contribución a la abundancia relativa de las especies dominantes en abundancia de los tres biotopos (AP = Filamentos de *Ch. crassa*, AS = Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015). *E. punctatus* = *Erichthonius punctatus*, *E. transversus* = *Eurypanopeus transversus*, *M. buccinoides* = *Mitrella buccinoides*, *C. dilatata* = *Crepidatella dilatata*, *O. collaris* = *Owenia collaris*, *D. chilensis* = *Diopatra chilensis*, *M. branchiferus* = *Mediomastus branchiferus*, *A. chilensis* = *Anthothoe chilensis*, *O. kroeyeri* = *Ophiactis kroeyeri*.

Figura 10. Variación de la contribución a la biomasa relativa de las especies dominantes en biomasa de los tres biotopos (AP = Filamentos de *Ch. crassa*, AS = Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015). *X. cassidiformis* = *Xanthochorus cassidiformis*, *A. purpuratus* = *Argopecten purpuratus*, *M. buccinoides* = *Mitrella buccinoides*, *T. luctuosa* = *Tegula luctuosa*, *N. dentifer* = *Nassarius dentifer*, *X. buxeus* = *Xanthochorus buxeus*, *D. chilensis* = *Diopatra chilensis*, *E. transversus* = *Eurypanopeus transversus*, *O. collaris* = *Owenia collaris* y *A. unifasciata* = *Alia unifasciata*.

Figura 11. Número de Taxa (A), Abundancia (B) y Biomasa (C) de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C) en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2 y Verano 2). Las líneas negras al interior de la caja representan la mediana, las líneas azules discontinuas representan la media, los bordes de las cajas los percentiles 25 y 75 y los bigotes el 1<sup>er</sup> y 99<sup>no</sup> percentil.

Figura 12. Número de Taxa (A), Abundancia promedio (B) y Biomasa promedio (C) por Phylum de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa*

(AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C). Se muestran los grupos formados tras el análisis estadístico (nivel de significancia = 0.01). Los bigotes representan el error estándar. ANN = Annelida, ART = Arthropoda, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata y MOL = Mollusca.

Figura 13. Número de taxa promedio (S) en Invierno 1 (A), Verano 1 (B), Invierno 2 (C) y Verano 2 (D) por Phylum, de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C). Se muestran los grupos formados tras el análisis estadístico (nivel de significancia = 0.01). Los bigotes representan el error estándar. ANN = Annelida, ART = Arthropoda, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata y MOL = Mollusca.

Figura 14. Abundancia promedio (N° ind) en Invierno 1 (A), Verano 1 (B), Invierno 2 (C) y Verano 2 (D) por Phylum, de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C). Se muestran los grupos formados tras el análisis estadístico (nivel de significancia = 0.01). Los bigotes representan el error estándar. ANN = Annelida, ART = Arthropoda, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata y MOL = Mollusca.

Figura 15. Biomasa promedio (g) en: Invierno 1 (A), Verano 1 (B), Invierno 2 (C) y Verano 2 (D) por Phylum, de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C). Se muestran los grupos formados tras el análisis estadístico (nivel de significancia = 0.01). Los bigotes representan el error estándar. ANN = Annelida, ART = Arthropoda, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata y MOL = Mollusca.

Figura 16. Riqueza de Margalef (A), Equidad de Pielou (B), Diversidad de Shannon (C) y Dominancia de Simpson (D) de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C) en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2 y Verano 2). Las líneas negras al interior de la caja representan la mediana, las líneas azules discontinuas representan la media, los bordes de las cajas los percentiles 25 y 75 y los bigotes el 1<sup>er</sup> y 99<sup>no</sup> percentil.

Figura 17. Análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional (MDS), basado en la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados registradas en los filamentos de *Ch. crassa* (AP), el sustrato subyacente al parche (AS) y el sustrato adyacente al parche (C), en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2, Verano 2). Nivel de estrés útil de 0.17.

Figura 18. Análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional (MDS), basado en la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados de los filamentos de *Ch. crassa* (AP), el sustrato subyacente al parche (AS) y el sustrato adyacente al parche (C) registradas en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2, Verano 2).

Figura 19. Análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional (MDS), basado en la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2, Verano 2) registradas en los filamentos de *Ch. crassa* (A), el sustrato subyacente al parche (B) y el sustrato adyacente al parche (C).

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la comunidad macrobentónica asociada a la macroalga filamentosa *Chaetomorpha crassa*, diferenciando la comunidad que habita en los filamentos del parche y en el sustrato subyacente y adyacente al parche, en el submareal somero de la Isla San Lorenzo – Callao. Los muestreos se realizaron en un parche de *Ch. crassa* ubicado entre los 5 y 7 m. de profundidad, al este de Isla San Lorenzo (12°04'10.6" S; 77°13'13.8" W - 12°04'12.4" S; 77°13'13" W), en dos estaciones anuales (invierno y verano) entre los años 2013 y 2015. Los muestreos se distribuyeron cronológicamente de la siguiente manera: agosto de 2013: invierno 1 (I-1), diciembre de 2013: verano 1 (V-1), julio de 2014: invierno 2 (I-2) y marzo de 2015: verano 2 (V-2). En cada muestreo se colectaron muestras de los filamentos de *Ch. crassa* (AP), el sustrato subyacente al parche (AS) y el sustrato adyacente al parche (C) (n=10). Cada muestra fue procesada en el laboratorio, para la determinación taxonómica de las taxa y el registro del número de individuos y peso húmedo por taxa.

En todas las estaciones, los hábitats estudiados albergaron una gran diversidad y abundancia de especies, siendo los filamentos de *Ch. crassa* los que presentaron mayor diversidad y abundancia promedio, mientras que el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* presentó los menores valores de diversidad y abundancia promedio. Asimismo se encontraron diferencias estacionales en la comunidad macrobentónica del submareal somero de la Isla San Lorenzo, estas diferencias también fueron observadas, aunque de manera particular, en la comunidad asociada a los filamentos y al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa*. Por lo tanto, los resultados sugieren que la macroalga filamentosa *Chaetomorpha crassa* estaría funcionando como un organismo estructurador de hábitat en el submareal somero de la Isla San Lorenzo.

Palabras clave: *Chaetomorpha crassa*, comunidad macrobentónica, hábitat, diversidad, abundancia, Isla San Lorenzo.

## ABSTRACT

This study aimed to characterize the macrobenthic community associated to the filamentous macroalgae *Chaetomorpha crassa*, differentiating the community living in the filaments of the patch and the underlying and adjacent substrate to the patch in the shallow subtidal of the San Lorenzo island- Callao. The samples were taken on a patch of *Ch. crassa* located between 5 and 7 m. deep, east of San Lorenzo island (12 ° 04'10.6 " S; 77 ° 13'13.8 " W - 12 ° 04'12.4 " S, 77 ° 13'13 " W) in two seasons at year (winter and summer) between 2013 and 2015. The samples were distributed chronologically follows: August 2013: Winter 1 (I-1) December 2013: Summer 1 (V-1), July 2014: Winter 2 (I-2) and March 2015: Summer 2 (V-2). In each season, samples filaments *Ch. crassa* (AP), the underlying substrate to the patch (AS) and the adjacent substrate to the patch (C) (n = 10) were collected. Each sample was processed in the laboratory for taxonomic determination of the taxa and recording the number of individuals and wet weight per taxa.

In all seasons, habitats studied harbored a great diversity and abundance of species. The filaments of *Ch. crassa* were those with higher diversity and average abundance, while the underlying substrate to the patch of *Ch. crassa* showed the lowest values of diversity and average abundance. In addition, seasonal differences in the shallow subtidal macrobenthic community of San Lorenzo island were found, these differences were also observed, but in a particular way in the community associated with the filaments and the underlying substrate to patch of *Ch. crassa*. Therefore, the results suggest that filamentous macroalgae *Chaetomorpha crassa* would be running as an organism that modulate the habitat in shallow subtidal of San Lorenzo island.

Keywords: *Chaetomorpha crassa*, macrobenthic community, habitat diversity, abundance, San Lorenzo.

## 1. INTRODUCCION

El Ecosistema Marino Costero Peruano se encuentra delimitado entre la línea máxima de mareas y el límite de la zona fótica, entre los 30 y 40 metros de profundidad (Tarazona et al., 2003). Se caracteriza por: (1) una elevada productividad biológica ocasionada por las surgencias, (2) una dinámica sedimentaria muy activa, influenciada por procesos físicos de alta energía (olas, vientos, mareas y corrientes), y (3) la presencia de comunidades biológicas con una distribución geográfica determinada por las características particulares del sustrato, las interacciones con el océano abierto y las distintas actividades antropogénicas (Tarazona et al., 2003; Yupanqui et al., 2011).

Dentro del Ecosistema Marino Costero Peruano, encontramos a las Islas y Puntas Guaneras, los cuales son, en muchos casos, sitios claves de reproducción y cría de peces e invertebrados (MINAM, 2010). La Isla San Lorenzo, la más grande de las 77 islas del Ecosistema Marino Costero Peruano, es considerada como un área de reclutamiento importante de la fauna marina (Argüelles et al., 2010), debido a la presencia de distintos tipos de hábitats, cuya complejidad se incrementa debido a la presencia de organismos estructuradores quienes juegan un rol importante en el funcionamiento de las comunidades acuáticas, particularmente en términos de incrementar la abundancia y diversidad de organismos (Tokeshi & Arakaki, 2012).

La ocurrencia de parches de macroalgas filamentosas, puede resultar favorable para las comunidades bentónicas, al incrementar su riqueza especiológica (Pihl et al., 1996, Raffaelli et al., 1998). Sin embargo, en áreas donde la contaminación por nutrientes es alta, la pesca ha reducido el control vertical de las algas, o cuando las algas son introducidas en un nuevo ambiente, estos parches pueden proliferar colonizando grandes extensiones (Thomsen et al., 2012), que homogenizan el hábitat e inducen la deficiencia de oxígeno, incrementando su potencial de alterar significativamente la estructura y la función del sistema bentónico (Raffaelli et al., 1998, Norkko, 2000).

En el submareal somero de la Isla San Lorenzo, la macroalga verde filamentosa *Chaetomorpha crassa* se distribuye formando un parche flotante asociado al fondo, entre los 5 y 7 metros de profundidad del margen protegido de la Isla San Lorenzo. La estructura tridimensional de esta macroalga resultaría favorable para los organismos con la capacidad de moverse a través de sus filamentos. En contraste, tendría un efecto desfavorable para los organismos que habitan el sustrato subyacente al parche, obligándolos a migrar fuera del parche de *Chaetomorpha crassa*, o causando la mortalidad de los que no posean la capacidad migratoria.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la comunidad macrobentónica asociada a la macroalga filamentosa *Chaetomorpha crassa*, diferenciando la comunidad que habita en los filamentos del parche y en el sustrato subyacente y adyacente, en el submareal somero de la Isla San Lorenzo – Callao, durante los años 2013, 2014 y 2015.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 *Chaetomorpha crassa* (C. Agardh) Kützing

#### 2.1.1 Clasificación Taxonómica

Phylum Chlorophyta  
Clase Ulvophyceae  
Orden Cladophorales  
Familia Cladophoraceae  
Genero *Chaetomorpha*  
Especie *Chaetomorpha crassa* (C. Agardh) Kützing

#### 2.1.2 Descripción General

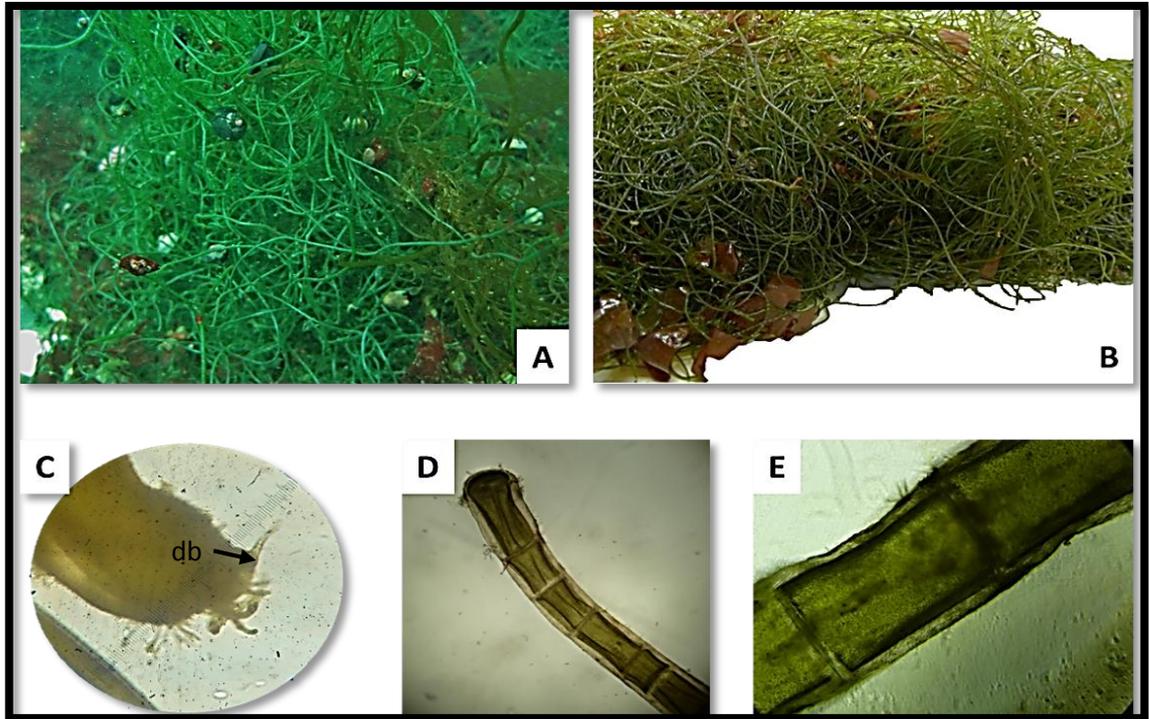
*Chaetomorpha crassa* es una macroalga verde constituida por delgados y robustos filamentos uniseriados y no ramificados, cuya coloración puede variar de verde amarillento a verde oscuro (Wynne, 2011; Apaydin & Turan, 2002). Los filamentos alcanzan longitudes generalmente mayores a 10 cm. *Chaetomorpha crassa* crece libre sobre el sustrato formando agrupamientos y enredándose frecuentemente con otras algas (Wynne, 2011) y/o tubos de poliquetos (Figura 1).

Las células que conforman los filamentos son cuadráticas y alargadas con dimensiones de 170 - 630  $\mu\text{m}$  de longitud x 200 - 750  $\mu\text{m}$  de diámetro (Alves et al., 2009). Poseen una pared celular cuyo grosor varía entre 50 - 85  $\mu\text{m}$  (Apaydin & Turan, 2002). En el presente estudio las células presentaron 540 - 742  $\mu\text{m}$  de longitud x 445 - 607  $\mu\text{m}$  de diámetro, Así mismo las células basales presentaron 945  $\mu\text{m}$  longitud x 702  $\mu\text{m}$  diámetro.

#### 2.1.3 Distribución geográfica y hábitat

*Chaetomorpha crassa* es una macroalga cosmopolita que habita mares cálidos y templados. En las costas del Pacífico Oriental está registrada en Estados Unidos, México, Perú y Chile. Habita en zonas submareales

someras y zonas intermareales, creciendo sobre fondos blandos (Hoffman & Santelices, 1997).



**Figura 1** *Chaetomorpha crassa*. A) Parche submareal en la Isla San Lorenzo, Callao. B) Filamentos de *Ch. crassa*. C) Célula basal, mostrando el disco basal de *Ch. crassa*, D) Célula apical de *Ch. crassa* y E) Célula intercalar de *Ch. crassa*.

#### 2.1.4 Ciclo de vida y Reproducción

Tiene un ciclo de vida haplodiplonte (con fases gametofítica y esporofítica) con alternancia “homofásica” de generaciones (generaciones isomorfas). La reproducción asexual se produce mediante fragmentación de los filamentos o por zoósporas cuadriflageladas producidas en gran número por las células vegetativas indiferenciadas. La reproducción sexual isogámica se produce por medio de gametos biflagelados (Leliaert, 2004), Se reproduce durante todo el año, sin embargo algunos autores han encontrado una mayor cantidad de talos fértiles en el verano (Miranda, 2009).

### 3. ANTECEDENTES

Las macroalgas se encuentran presentes en la mayoría de los ecosistemas intermareales y submareales templados del mundo, y tienen importantes efectos directos e indirectos sobre sus comunidades asociadas (Schmidt & Scheibling, 2006), siendo consideradas como ingenieros ecosistémicos debido a que modifican su entorno físico inmediato (Eckman et al., 1989; Holbrook et al., 1991) incrementando la complejidad del hábitat y modulando la disponibilidad de recursos, afectando, de esta manera, a las comunidades asociadas a las macroalgas (Schmidt & Scheibling, 2006).

El incremento de la complejidad del hábitat causado por las macroalgas puede causar efectos positivos en las comunidades asociadas a éstas. Entre los efectos positivos, estudiados por diversos autores, tenemos el incremento del espacio habitable y de la variedad de recursos, proporcionando potencialmente una gama más amplia de nichos (MacArthur, 1965; Morse et al., 1985; Willis et al., 2005), así como la reducción de la competencia (Edgar, 1983; Marx y Hermkind, 1985), la depredación (Coull y Wells, 1983; Warfe y Barmuta, 2004), y la protección contra el oleaje (Gregg y Rose, 1982). Sin embargo, no siempre se han encontrado los efectos positivos causados por el incremento de la complejidad del hábitat a sus comunidades asociadas (Hagerman, 1966; Cyr y Downing, 1988; Russo, 1990; Cremona et al., 2008). Factores tales como los ciclos de vida, la arquitectura de algas, o la producción de defensas químicas (por ejemplo, como muchas especies de algas rojas) (Duffy y Hay, 1994) hacen que las macroalgas no generen el mismo efecto sobre sus comunidades asociadas.

Las macroalgas filamentosas pueden ser consideradas hábitats importantes para los organismos macrobentónicos (Norkko et al., 2000; Salovius & Kraufvelin, 2004), pudiendo aumentar la complejidad del hábitat en fondos blandos normalmente desnudos (Langtry & Jacoby, 1996). Éstas macroalgas pueden, en cierta medida,

aumentar el área disponible para la colonización, proporcionar refugio contra los predadores y funcionar como hábitat para los organismos macrobentónicos móviles (Norkko, 1998); Sin embargo, sus efectos en fondos blandos normalmente desnudos dependen de la distribución espacial y temporal de los parches de macroalgas (Norkko et al., 2000).

Muy pocos trabajos han abordado el papel de las macroalgas en la composición y estructura de las comunidades asociadas (Viejo, 1999; Buschbaum et al., 2006). Entre ellos tenemos a Norkko et al. (2000) quienes realizaron un experimento en acuarios con un complejo de macroalgas filamentosas conformado por *Ectocarpus siliculosus* y *Pilayella littoralis*, donde se probaron la supervivencia y la respuesta de 4 distintos tipos de organismos al estrés producido por los parches de estas macroalgas, encontrando que el bivalvo *Macoma balthica* presentó baja movilidad, ubicándose en las capas inferiores del parche, alcanzando una tasa de supervivencia del 100%, indicando una alta tolerancia a la hipoxia; el caracol *Hydrobia* sp. mostró una elevada tasa de supervivencia (98%) y movilidad en el alga, la mayoría de estos caracoles fueron encontrados en las capas intermedias y superiores del parche donde las concentraciones de oxígeno son altas; la tasa de supervivencia de *Nereis diversicolor* fue elevada (92%) encontrándose también que estos poliquetos se movían libremente en los parches de las macroalgas y por último la supervivencia del anfípodo *Bathyporeia pilosa* fue baja alcanzando apenas un 30 % y los pocos individuos sobrevivientes fueron encontrados en las capas superiores de los parches de macroalga, demostrando que la reducida abundancia frecuentemente registrada bajo los grandes parches de las macroalgas filamentosas puede ser parcialmente el resultado del movimiento del macrobentos hacia los parches del macroalga y no solo el resultado de la mortalidad.

No existen trabajos publicados que relacionen al género *Chaetomorpha* con su comunidad asociada; sin embargo, se han realizado algunos trabajos en laboratorio en *Chaetomorpha linum*, por ser una especie económicamente importante, comúnmente utilizada por los acuaristas. Krause-Jensen et al. (1996) realizaron experimentos analizando la productividad en relación a los gradientes verticales de disponibilidad de luz y nutrientes creados dentro de un denso parche de 15 cm de *Ch. linum* a dos niveles de irradiancia (bajo:  $120 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y alto:  $380 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), probando periodos de oscuridad y de luz, encontrando un patrón de disminución de oxígeno y luz, y un incremento de la disponibilidad de nutrientes ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{PO}_3^-$ ) conforme se va profundizando en el parche. Registraron que para un alto nivel de irradiancia ( $380 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), la mayor concentración de oxígeno que alcanzó  $630 \mu\text{M}$  en la capa superficial del parche disminuyendo drásticamente a la profundidad de 13 cm, hasta llegar a ser completamente anóxico en la capa inferior y fondo del parche (14-15cm), mientras que la disponibilidad de nutrientes se comportó de manera inversa siendo solo detectable en la superficie inferior del parche. Estas condiciones anóxicas permanentes en las capas inferiores del parche ocurren debido a las altas tasas de consumo de oxígeno causadas por la respiración de la macroalga y el proceso de descomposición en la capa inferior.

Los estudios sobre macroalgas en el Perú se han orientado principalmente a aquellas que poseen importancia comercial preocupándose del estado de su población, su dinámica poblacional y de establecer criterios de manejo para su uso sostenible (IMARPE, 2008a; IMARPE, 2008b). Son pocos los trabajos realizados que permitan determinar la importancia de estas especies como reservorio de diversidad dentro de los ecosistemas someros. Romero et al. (1988) describe la estructura de la macrofauna asociada a los rizoides de *Lessonia* sp. en la Isla Independencia (Ica), registrando 143 especies asociadas a los rizoides de *Lessonia* sp. de la costa oriental de la Isla Independencia ubicados entre los 3 y 10 metros de profundidad en el año

1986. Carbajal (2013) evalúa la contribución en la composición y estructura de la comunidad bentónica del submareal somero de fondo duro frente a las costa del Perú, de los rizoides de las macroalgas *Eisenia cokeri*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis pyrifera*, encontrando 108, 113 y 102 taxa asociados a estas macroalgas respectivamente, demostrando que constituyen ecosistemas de suma importancia ecológica en los ambientes submareales.

#### **4. HIPOTESIS**

Las comunidades de macroinvertebrados asociadas a los filamentos de *Chaetomorpha crassa* son diferentes en estructura y composición a las comunidades de macroinvertebrados que habitan en el sustrato subyacente y adyacente al parche de *Ch. crassa* del submareal somero de la Isla San Lorenzo, Perú, durante el periodo 2013-2015.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1 Objetivo General**

Evaluar la estructura y composición de la comunidad macrobentónica asociada a la macroalga filamentosa *Chaetomorpha crassa* en el submareal somero de la Isla San Lorenzo, Perú, en distintos escenarios temporales durante el periodo 2013-2015.

##### **5.2 Objetivos Especificos**

- Determinar la estructura y composición de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Chaetomorpha crassa* en el submareal somero de la Isla San Lorenzo, Perú, durante el periodo 2013-2015.
- Determinar la estructura y composición de la comunidad macrobentónica que habita en el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el submareal somero de la Isla San Lorenzo, Perú, durante el periodo 2013-2015.
- Determinar la estructura y composición de la comunidad macrobentónica que habita en el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el submareal somero de la Isla San Lorenzo, Perú, durante el periodo 2013-2015.
- Evaluar las diferencias entre las comunidades macrobentónicas asociadas a los filamentos, los sustratos subyacentes y adyacentes al parche de *Ch. crassa* durante el periodo 2013-2015.

## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1. Material biológico

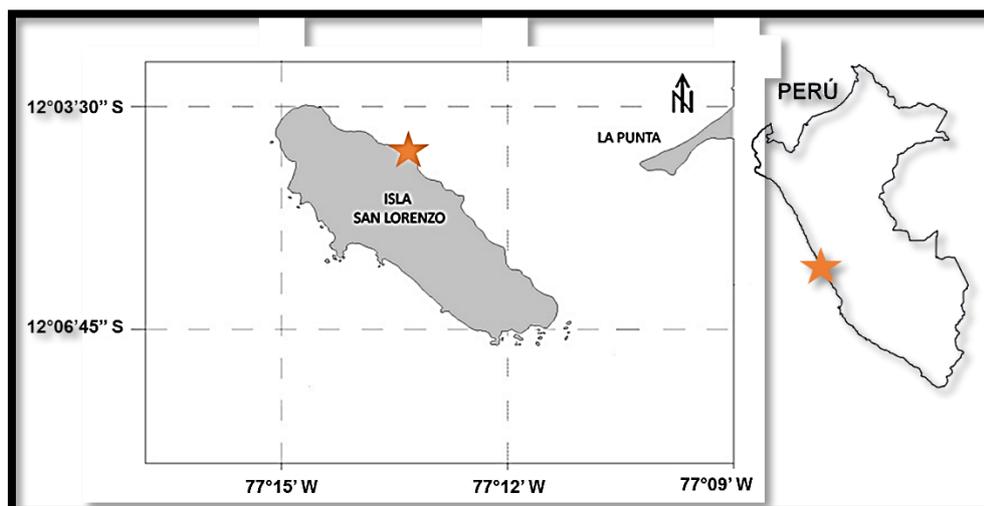
- Muestras de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Chaetomorpha crassa*.
- Muestras de la comunidad macrobentónica de los sustratos subyacente y adyacente al parche de *Chaetomorpha crassa*.

### 6.2 Material sedimentológico

- Muestras de sedimento para el análisis granulométrico y de materia orgánica.

### 6.3 Area de estudio

*Chaetomorpha crassa* se encuentra distribuida formando un parche en el submareal somero al este de Isla San Lorenzo, entre los 12°04'10.6" S; 77°13'13.8" W y los 12°04'12.4" S; 77°13'13.4" W, en la bahía del Callao (Figura 2). El parche posee una extensión aproximada de 50 m de longitud que se distribuye de manera irregular entre los 5 y 7 m de profundidad. Esta zona se caracteriza por estar protegida del oleaje y de vientos permanentes, y presentar un sustrato de escasa pendiente ( $< 30^\circ$ ) (Carbajal, 2013; Hudtwalcker, 2009).



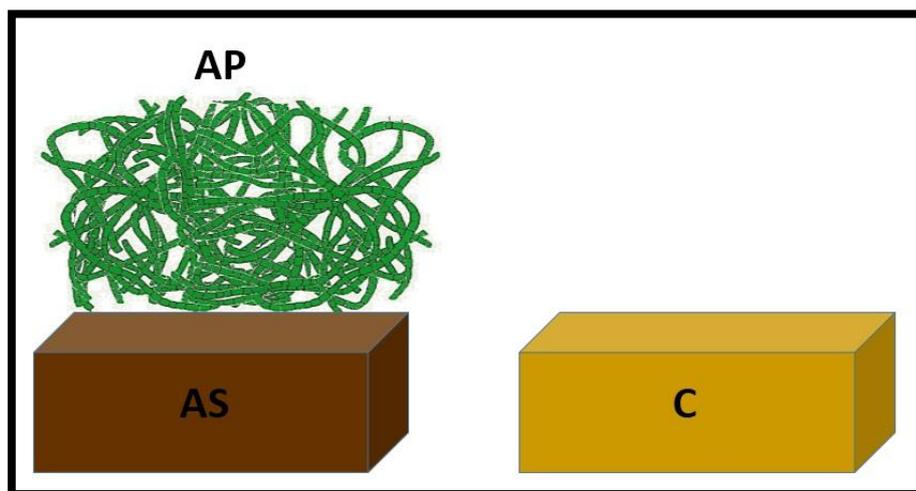
**Figura 2** Mapa de la Isla San Lorenzo, se indica la ubicación del parche de *Chaetomorpha crassa* distribuidos en la zona norte del lado protegido al oleaje de la Isla San Lorenzo.

#### 6.4 Procedimiento de muestreo

Los muestreos fueron realizados en dos estaciones anuales con previsible condiciones oceanográficas distintas (invierno y verano) entre los años 2013 y 2015. Los 04 muestreos se distribuyeron cronológicamente de la siguiente manera: agosto de 2013 - invierno 1 (I1), diciembre de 2013 - verano 1 (V1), julio de 2014 - invierno 2 (I2) y marzo de 2015 - verano 2 (V2).

En cada muestreo, se pudieron distinguir tres biotopos: El primero constituido por los filamentos de *Ch. crassa* que conforman el parche (AP), el segundo conformado por el sustrato subyacente a los filamentos (AS) y el tercer biotopo conformado por el sustrato adyacente al parche (C) (Figura 3).

Por cada biotopo, se recolectaron 10 réplicas de manera aleatoria separadas por más de 2 metros de distancia entre ellas mediante un tubo muestreador de 15 cm de diámetro y 20 cm de longitud (volumen = 0.0035 m<sup>3</sup>), colectándose un total de 30 réplicas por muestreo (Figura 3). Durante todo el periodo de muestreo se recolectaron un total de 120 muestras.



**Figura 3.** Representación esquemática del diseño de muestreo.

Las muestras fueron colectadas mediante buceo semiautónomo por buzos científicos y tamizadas en la embarcación con una malla de Nylal de 500  $\mu\text{m}$ , posteriormente fueron transferidas a bolsas plásticas con cierre hermético, etiquetadas e inmediatamente fijadas en alcohol etílico al 70%.

Para el análisis de sedimentos, se tomó una muestra en cada biotopo con el propósito de evaluar la granulometría y el contenido de materia orgánica, empleando un tubo de 3.5 cm de diámetro y 20 cm de longitud. Las muestras fueron rotuladas y conservadas en un *cooler* con *gel packs* inmediatamente después de ser extraídas.

## **6.5 Procesamiento de muestras**

### **6.5.1 Muestras Biológicas**

Las muestras fueron lavadas en el laboratorio utilizando un tamiz de 500  $\mu\text{m}$ , separando del sustrato a los filamentos de *Chaetomorpha crassa* y los organismos macrobentónicos, considerándose solo los ejemplares  $\geq 500 \mu\text{m}$  y utilizando un microscopio estereoscópico.

Se registró la biomasa (g) de los filamentos de *Ch. crassa* en cada réplica para obtener los valores promedio de biomasa por muestreo, con el propósito de evaluar la variación de la biomasa del parche de *Ch. crassa* durante el periodo de muestreo.

Los organismos macrobentónicos separados fueron identificados hasta el mínimo taxón posible empleando bibliografía especializada (Fauchald, 1977; Keen, 1971; Marinovich, 1973; Guzmán et al., 1998; Espoz et al., 2004; Aldea & Valdovinos, 2005; Paredes & Cardoso, 2007; Méndez & Aguilar, 1977; Méndez, 1981). Se registró la abundancia en número y biomasa (g), mediante una balanza de 0.001 g de precisión, de cada taxa identificada.

### **6.5.2 Muestras Sedimentológicas**

En el laboratorio, las muestras de sedimentos fueron depositadas en placas Petri y secadas en la estufa a 100 °C por 24 horas.

Para el análisis de contenido de materia orgánica, se pesó 5 g de muestra (peso inicial) y se quemaron en una mufla a 550 °C por 3 horas, posteriormente se obtuvo un peso (peso final). El contenido de materia orgánica se calculó como la diferencia entre los pesos inicial y final.

Con el propósito de realizar el análisis granulométrico, se pesó 30 g de muestra, la cual se sometió a un tratamiento con peróxido de hidrógeno al 30%, hasta eliminar toda la materia orgánica contenida en la muestra, y secó en una estufa a 100 °C por 24 horas. Después se le añadió una solución de Hexametáfosfato de sodio acuoso al 0.62% como dispersante. Las fracciones gruesa y fina de las muestras se separaron utilizando un tamiz de 63  $\mu m$ . La fracción gruesa fue determinada por medio de la técnica del tamizaje, pasando por una serie de tamices de 0.063 a 1 mm, para luego obtener los porcentajes en peso de cada fracción separada y clasificarla según la escala de Wentworth. Mientras que los componentes de la fracción fina se caracterizaron por el método de sedimentación de acuerdo al principio de la ley de Stokes, midiendo el tiempo de sedimentación de las partículas finas en una probeta de 1L.

## **6.6 Analisis de datos**

### **6.1 Análisis de parámetros ambientales**

En base a la matriz del contenido de materia orgánica y granulometría, se describirán los sustratos asociados a los parches de *Ch. crassa* durante el periodo de muestreo.

Usando los datos de temperatura superficial del mar (TSM) frente a la isla San Lorenzo (IMARPE, 2015) se describirá la variabilidad de la TSM durante el período de estudio.

## **6.2 Análisis de la abundancia de *Ch. crassa***

Utilizando a la biomasa (g) de los filamentos de *Ch. crassa* como indicador de la abundancia del parche, se analizará su variación en los muestreos. Asimismo se evaluará la significancia de las diferencias mediante la prueba no paramétrica de kruskall – Wallis (Zar, 1984).

## **6.3 Estructura y composición de la comunidad macrobentónica**

Se elaboraron matrices de abundancia y biomasa de los taxa presentes en los biotopos, durante el periodo de estudio, para describir la estructura y composición de las comunidades macrobentónicas a nivel de grupos taxonómicos.

Para el análisis de la composición de la comunidad macrobentónica se construyó un listado de especies para cada biotopo, además se calculó el número total de taxa presentes en todos los biotopos y exclusivas de un solo un biotopo.

La descripción cuantitativa de la estructura comunitaria se trabajó con las matrices de riqueza, abundancia y biomasa promedio por biotopo a nivel de grupos taxonómicos, durante el estudio.

Los taxa coloniales del phylum Bryozoa y la clase Hydrozoa del phylum Cnidaria solo fueron incluidos en el análisis de composición por taxa.

## **6.4 Índices de diversidad**

En base a la matriz de abundancia de taxa por muestra, se procedió a calcular los siguientes índices de diversidad:

### **Riqueza de especies (S)**

Número total de especies calculado en las muestras. (Clarke & Warwick, 2001).

### **Riqueza de Margalef (d)**

Estima la riqueza de especies considerando el número de especies (S) y el número total de individuos de todas las especies (N) (Magurran, 2004), según la siguiente muestra:

$$d = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S = Número de especies

N = Número total de individuos

### **Diversidad de Shannon (H')**

Este índice asume que los individuos son muestreados aleatoriamente de una comunidad infinitamente grande y que todas las especies están representadas en las muestras (Magurran, 2004). La diversidad de Shannon se estimó empleando log en base 2, con la siguiente formula:

$$H' = - \sum_i^q p_i \log_2 p_i$$

Donde:

$p_i$  = proporción de individuos de la especie i-ésima.

q = número de taxa

### **Equidad de Pielou (J')**

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que un valor de 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988). Este índice se estima como:

$$J' = H'/H'_{max}$$

Donde:

$H'_{\max}$  = diversidad de Shannon cuando todas las especies están igualmente distribuidas en número.

### ***Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )***

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes. (Magurran, 1988). Se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ .

## **6.5 Diferencias entre las comunidades macrobentónicas**

Los datos fueron analizados por medio de técnicas univariadas y multivariadas no paramétricas para probar la hipótesis de diferencia entre las comunidades macrobentónicas estudiadas,

Para probar las diferencias en el número de taxa, abundancia y biomasa húmeda promedio y las diferencias en los índices ecológicos de diversidad (riqueza de Margalef, índice de Shannon, dominancia de Simpson y equidad de Pielou), entre biotopos en cada muestreo, se utilizó la prueba no paramétrica univariada de Kruskal – Wallis, la cual compara las medianas de dos muestras con distribuciones diferentes a la normal (Zar, 1984). Antes de aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis se comprobó el no cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad, mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente.

Con el objetivo de visualizar los patrones de agrupamiento de las muestras de los distintos biotopos se utilizó un análisis de Escalamiento No Métrico Multidimensional (nMDS) utilizando el índice de similaridad de Bray-Curtis, con

los datos previamente transformados a la raíz cuadrada. La significancia de las agregaciones mostradas en el nMDS se comprobó mediante un análisis de varianza multivariado basado en permutaciones PERMANOVA (Anderson, 2001).

La determinación de los taxa que presentaron mayor contribución a la disimilaridad entre tratamientos en los muestreos se realizó mediante el procedimiento de Similaridad de Porcentajes (SIMPER) utilizando las abundancias de las taxa previamente transformadas a la raíz cuadrada.

Los análisis univariados se realizaron con el software SPSS 21, los análisis multivariados como nMDS y SIMPER y los cálculos de los índices ecológicos, con el software Primer 6 +PERMANOVA, los gráficos se elaboraron con el software SigmaPlot 11.0.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 Análisis de parámetros ambientales**

#### **7.1.1 Análisis Granulométrico**

El análisis granulométrico mostró que el área de estudio tiene un tipo de sustrato blando compuesto por arena, arcilla, limo y grava, predominando la arena en ambos biotopos y a lo largo de todo el periodo de estudio.

La arena fue predominante en el sustrato subyacente al parche (AS), observándose un incremento en su aporte porcentual a lo largo del periodo de estudio, la grava mostró un comportamiento similar incrementándose, aunque en menor magnitud, durante los muestreos. Se observó un patrón diferente para la arcilla y el limo quienes disminuyeron su aporte porcentual a lo largo de los muestreos (Tabla 1).

En el sustrato adyacente al parche (C), el porcentaje de arena se incrementó significativamente entre agosto de 2013 y julio de 2014 y continuó incrementándose hacia marzo de 2015. Asimismo, el porcentaje de grava se incrementó entre agosto de 2013 y Julio de 2014, sin embargo se redujo drásticamente hacia Marzo de 2015. Por otro lado, el porcentaje arcilla y limo disminuyó a lo largo de los muestreos (Tabla 1).

La composición granulométrica del sustrato subyacente (AS) y adyacente al parche (C) resultó similar en cada muestreo, con excepción de muestreo realizado en marzo de 2015, debido al gran aporte por parte de la arena presente en (C) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición porcentual (%) del tipo de sustrato, de los biotopos (AS: sustrato subyacente al parche, C: sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015).

	I - 1		I - 2		V - 2	
	AS	C	AS	C	AS	C
GRAVA	5.13	1.78	10.95	7.59	16.42	0.38
ARENA	69.17	69.36	76.25	74.68	74.21	90.95
LIMO	9.20	8.85	1.81	6.64	1.27	1.90
ARCILLA	16.50	20.01	10.99	11.09	8.10	6.77

### 7.1.2 Análisis de contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica en los sustratos subyacente al parche (AS) y adyacente al parche (C) muestra un patrón de disminución similar durante el periodo de muestreo, encontrándose los mayores valores en agosto de 2013 (I-1), mientras que en marzo de 2015 (V-2) se encontraron los menores valores de contenido de materia orgánica (Tabla 2).

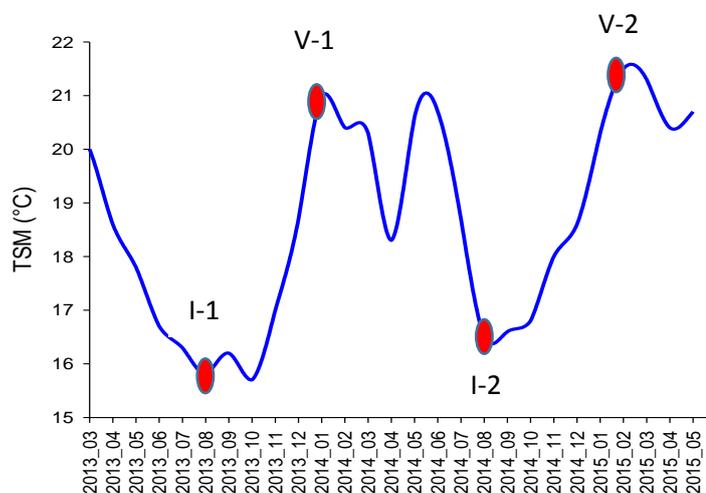
**Tabla 2.** Composición porcentual del contenido de materia orgánica (% MOT), de los biotopos (AS: sustrato subyacente al parche, C: sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015).

Estación	Biotopo	MOT
I - 1	AS	4.43
I - 1	C	8.99
I - 2	AS	3.59
I - 2	C	3.83
V - 2	AS	2.14
V - 2	C	1.57

### 7.1.3 Análisis de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Se observó una disminución normal de la TSM de la zona de estudio luego del verano de 2013, hasta alcanzar sus valores mínimos entre julio y agosto (Invierno de 2013), para luego incrementarse entre setiembre y noviembre de 2013 hasta llegar a su pico máximo entre enero y febrero (Verano de 2014). Sin embargo, en marzo de 2014, no se observa la tendencia de disminución normal de la TSM registrada en el 2013 debido a las anomalías

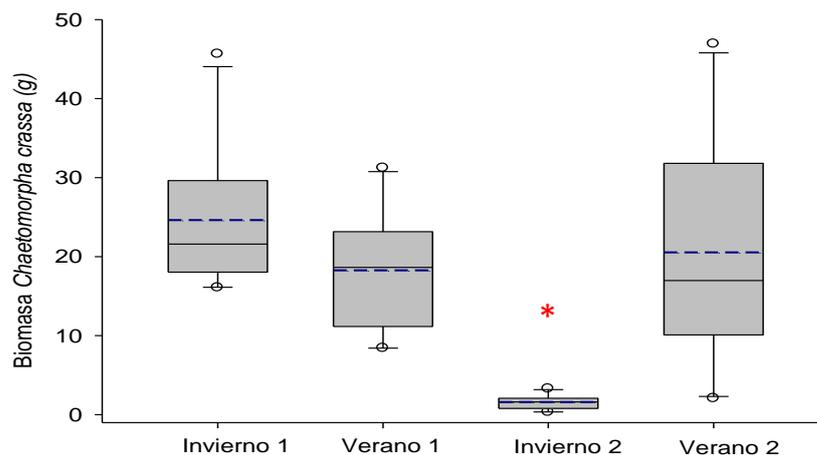
positivas de TSM registradas en la costa peruana (ENFEN, 2014b). Estas anomalías se dispersan en julio de 2014 registrándose bajas temperaturas en el mes de agosto, con valores similares a los del año anterior. La tendencia de incremento de la temperatura inicia igual que el año anterior entre setiembre y noviembre hasta alcanzar el pico máximo en febrero de 2015, luego del cual se observa que la TSM empieza a disminuir nuevamente (Figura 4).



**Figura 4** Variación temporal de la temperatura superficial del mar (TSM °C) en la Isla San Lorenzo-Callao (Fuente: IMARPE 2015, AF SR, portal web).

## 7.2 Análisis de la abundancia de *Ch. crassa*

Se analizó la biomasa húmeda de *Ch. crassa* como indicador de la abundancia del parche de esta macroalga. Existen diferencias en la biomasa a escala temporal (K-W,  $p < 0.01$ ), siendo esta significativamente menor en la estación invierno 2 (julio 2014) (Figura 5); esta disminución ocurre luego de un incremento en la TSM registrado entre abril y junio de 2014 (Figura 4).



**Figura 5** Variación temporal de la abundancia de *Ch. crassa* en la Isla San Lorenzo-Callao.

### 7.3 Estructura y composición de la comunidad macrobentónica

En las comunidades macrobentónicas de los tres biotopos asociados al parche de *Ch. crassa* en los cuatro escenarios temporales muestreados, se registró un total de 33 084 individuos, pertenecientes a 126 phyla: Annelida (51 taxa), Mollusca (30 taxa), Arthropoda (30 taxa), Bryozoa (5 taxa), Echinodermata (3 taxa), Cnidaria (2 taxa), Brachiopoda (1 taxa), Nemertea (1 taxa), Phoronida (1 taxa), Plathyhelminthes (1 taxa) y Sipuncula (1 taxa).

El número total de taxa encontrados en los biotopos varió ligeramente, registrándose 110 taxa en los biotopos asociados al parche de *Ch. crassa* (AP + AS) y 97 taxa en la zona adyacente al parche (C). Del total de taxa, el 50% se registraron en todos los biotopos, mientras que el número de taxa exclusivos en cada biotopo varió entre 9 en los filamentos, 11 en el sustrato subyacente y 16 en el sustrato adyacente.

#### 7.3.1 Comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa*

La riqueza del macrobentos asociado a los filamentos de *Ch. crassa* estuvo constituida por 87 taxa pertenecientes a 9 phyla: Annelida (33), Arthropoda

(24), Mollusca (21), Cnidaria (2), Echinodermata (2), Bryozoa (2), Brachiopoda (1), Nemertea (1) y Sipuncula (1) (Figura 6A).

El número de taxa por unidad de muestreo varió entre 14 y 36 con un promedio de  $26.7 \pm 0.78$  taxa/muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, el número de taxa por muestra durante el invierno de 2013 (I-1) varió entre 21 y 34 con un promedio de  $25.9 \pm 1.36$  taxa/muestra. En el verano de 2014 (V-1) el rango se mantuvo entre 21 y 34 taxa/muestra; sin embargo, el número de taxa promedio se incrementó a  $29.3 \pm 1.52$  taxa/muestra. En el siguiente invierno (I-2), el rango disminuyó, variando entre 14 y 27, con un promedio de  $23.7 \pm 1.42$  taxa/muestra registrándose el mínimo número de taxa por muestra dentro de todo el periodo de estudio. Finalmente en el verano de 2015 (V-2) el rango varió entre 21 y 36 con un promedio de  $28 \pm 1.54$  taxa/muestra (Tabla 3).

Los phyla dominantes en abundancia fueron Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Echinodermata y Annelida; el resto de los phyla presentaron abundancias relativas menores al 1%, siendo éstos Nemertea, Brachiopoda y Sipuncula (Figura 6B). Respecto a la variación estacional de los phyla dominantes en abundancia, se observó una mayor abundancia relativa del phylum Annelida en invierno, mientras que su aporte se redujo en los muestreos de verano, tanto en V-1 como en V-2. De manera similar la abundancia del phylum Mollusca mostró valores elevados en invierno los cuales se redujeron en sus consecutivos veranos. El aporte en la abundancia relativa del phylum Arthropoda se incrementó durante el periodo de estudio, mostrando un gran incremento en V-2. Por otro lado, la abundancia del phylum Cnidaria mostró grandes valores en I-1 y V-1; sin embargo, mostró una notable disminución en I-2 y V-2. La contribución a

la abundancia del phylum Echinodermata se incrementó entre I-1 y V-1 para luego disminuir en I-2 y alcanzar su mínimo valor en V-2 (Figura 7).

La abundancia por unidad de muestreo varió entre 49 y 1351 ind./muestra con un promedio de  $384.7 \pm 42.52$  ind./muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, la abundancia por muestra durante el invierno de 2013 (I-1) varió entre 110 y 604 con un promedio de  $352.9 \pm 47.74$  ind./muestra. En el verano de 2014 (V-1) el rango se incrementó variando entre 241 y 935 con un promedio de  $520.6 \pm 72.49$  ind./muestra. En el invierno de 2014 (I-2), el rango disminuyó, variando entre 49 y 185 con un promedio de  $125.1 \pm 11.41$  ind./muestra, registrándose el mínimo valor de abundancia por muestra del periodo de estudio. Finalmente en el verano de 2015 (V-2) el rango varió entre 217 y 1351 con un promedio de  $540.3 \pm 106.44$  ind./muestra, registrándose el máximo valor y el mayor promedio de abundancia del periodo de estudio (Tabla 3).

Los phyla dominantes en biomasa fueron Mollusca, Arthropoda y Annelida, mientras que los phyla Cnidaria, Echinodermata, Brachiopoda y Nemertea aportan menos del 3 % a la biomasa total (Figura 6C). Respecto a la variación estacional de los phyla dominantes en biomasa, se observó que el phylum Mollusca presentó la mayor contribución de biomasa en las cuatro estaciones de muestreo. La mayor contribución del phylum Annelida se registró en I-1, la cual disminuyó progresivamente en cada muestreo. De igual manera, la biomasa del phylum Arthropoda disminuyó progresivamente durante el periodo de estudio (Figura 7). La biomasa del phylum Cnidaria, al igual que con los Arthropoda, disminuyó progresivamente hasta alcanzar su mínimo valor en V-2. El aporte de la biomasa del phylum Echinodermata se incrementó entre I-1 y V-1 para luego disminuir en I-2 y alcanzar su menor valor en V-2.

La biomasa húmeda por unidad de muestreo registrada en el periodo de estudio varió entre 1.688 y 37.927 con un promedio de  $10.880 \pm 1.154$  g/muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, la biomasa húmeda por muestra durante el invierno de 2013 (I-1) varió entre 3.699 y 16.344 con un promedio de  $8.784 \pm 1.238$  g/muestra. En el verano de 2014 (V-1) el rango se incrementó variando entre 4.380 y 20.279 con un promedio de  $12.621 \pm 1.708$  g/muestra. En el invierno de 2014 (I-2), el rango disminuyó, variando entre 1.688 y 21.513 con un promedio de  $6.49 \pm 1.806$  g/muestra, registrándose el mínimo valor y menor promedio de biomasa húmeda del periodo de estudio. Finalmente en el verano de 2015 (V-2) el rango varió entre 4.621 y 37.927 con un promedio de  $15.622 \pm 3.146$  g/muestra, registrándose el máximo valor y el mayor promedio de biomasa del periodo de estudio (Tabla 3).

Las especies con mayor aporte a la abundancia cuyo rango de contribución en conjunto varió entre 52.33 % en I-2 y 77.01 % en V-1, se analizan a continuación. La contribución a la abundancia por parte de *Anthothoe chilensis* y *Ophiactis kroeyeri* es elevada en el primer año de estudio (I-1 y V-1), estas contribuciones disminuyeron notablemente en el segundo año de estudio (I-2 y V-2). Se encontró un patrón distinto en las variabilidad de la abundancia de los anfípodos *Erichthonius punctatus* y *Gammaropsis* sp. observándose un incremento en su abundancia hasta alcanzar su valor máximo en V-2. Por otra parte el cangrejo *Eurypanopeus transversus*, incrementó su abundancia entre I-1 y V-1, donde alcanzó la máxima abundancia, para luego disminuir en I-2 y alcanzar menor abundancia en V-2. El gasterópodo *Mitrella buccinoides* presentó una contribución a la abundancia casi constante en las cuatro estaciones de muestreo. Mientras que *Crepipatella dilatata* presenta una mayor contribución en la

abundancia en I-1, para luego disminuir a lo largo de los subsiguientes muestreos. Los poliquetos muestran un patrón de variación en la contribución de la abundancia particular para cada especie. *Owenia collaris* se presenta solamente en V-2, mientras que *Mediomastus branchiferus* está presente en V-1, I-2 y V-2, con mayor abundancia en I-2. Por último *Diopatra chilensis* presentó mayor abundancia en I-1 la cual disminuyó hasta alcanzar su mínimo valor en V-2 (Figura 9).

Las especies con mayor aporte a la biomasa pertenecieron principalmente al phylum Mollusca y su rango de contribución en conjunto varió entre 68.10 % en I-1 y 96.06 % en I-2. El gasterópodo *Xanthochorus cassidiformis* se registró solamente en V-1 e I-2 con mayor aporte a la biomasa en I-2. El bivalvo *Argopecten purpuratus* se registra a partir de V-1 mostrando mayores valores en los veranos. El gasterópodo *Mitrella buccinoides* contribuyó a la biomasa de una manera similar durante todo el período de estudio. *Tegula luctuosa* y *Nassarius dentifer* se registraron durante todo el periodo de estudio, sin embargo el mayor aporte a la biomasa se registró en V-2. Por otra parte el gasterópodo *Xanthochorus buxeus*, el poliqueto *Diopatra chilensis* y el cangrejo *Eurypanopeus transversus*, mostraron un mayor aporte a la biomasa en el I-1. El poliqueto *Owenia collaris* fue registrado solamente en V-2 con bajo aporte a la biomasa, mientras que el gasterópodo *Alia unifasciata* se presentó en todo el estudio predominando en V-2 (Figura 10).

**Tabla 3.** Estadísticos de dispersión y tendencia central de la riqueza (S), abundancia (N) y biomasa húmeda (W) de los biotopos (AP: Filamentos de *Ch. crassa*, AS: Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015).

Análisis Global	Biotopo								
	AP			AS			C		
	S	N	W	S	N	W	S	N	W
Mínimo	14	49	1.688	5	7	0.281	13	102	0.685
Máximo	36	1351	37.927	35	474	38.529	43	742	50.123
Mediana	26.0	325.5	8.364	18.5	96	4.013	26	269	8.562
Promedio	26.7	384.7	10.880	19.5	124.2	6.112	26.9	318.7	10.414
Error Estándar	0.78	42.52	1.154	1.08	16.77	1.100	1.00	24.56	1.591
Análisis por estación									
I-1	AP			AS			C		
	S	N	W	S	N	W	S	N	W
Mínimo	21	110	3.699	5	7	0.281	21	184	3.708
Máximo	34	604	16.344	29	181	38.529	36	742	26.092
Mediana	24	352.5	7.786	15	61	2.794	29.5	462	9.222
Promedio	25.9	352.9	8.784	15.8	71.1	6.033	28.5	436.1	10.136
Error Estándar	1.36	47.74	1.238	1.93	15.23	3.643	1.42	61.79	1.991
V-1	AP			AS			C		
	S	N	W	S	N	W	S	N	W
Mínimo	21	241	4.38	7	12	0.282	13	102	0.685
Máximo	34	935	20.279	28	474	15.903	26	451	19.856
Mediana	30	486	12.533	18	79.5	3.445	20	222.5	9.244
Promedio	29.3	520.6	12.621	18	132.1	5.174	20.4	244	7.745
Error Estándar	1.52	72.49	1.708	2.09	44.41	1.484	1.27	36.21	1.857
I-2	AP			AS			C		
	S	N	W	S	N	W	S	N	W
Mínimo	14	49	1.688	16	70	2.354	22	190	1.637
Máximo	27	185	21.513	29	142	5.799	37	517	22.665
Mediana	25.5	130.5	4.958	21	113.5	3.855	28	279	2.336
Promedio	23.7	125.1	6.491	21.7	112.7	3.956	29	329.2	5.832
Error Estándar	1.41	11.41	1.806	1.41	7.82	0.377	1.71	40.27	2.284
V-2	AP			AS			C		
	S	N	W	S	N	W	S	N	W
Mínimo	21	217	4.621	8	25	1.576	21	118	3.89
Máximo	36	1351	37.927	35	422	18.566	43	418	50.123
Mediana	26	455.5	14.474	22.5	156.5	7.453	30	266	15.158
Promedio	28	540.3	15.622	22.3	180.9	9.283	29.6	265.6	17.944
Error Estándar	1.53	106.44	3.146	2.64	43.81	1.900	2.14	35.03	4.670

### 7.3.2 Comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa*

La riqueza del macrobentos asociado al sustrato subyacente a los filamentos de *Ch. crassa* estuvo constituida por 91 taxa pertenecientes a 10 phyla: Annelida (42), Arthropoda (19), Mollusca (18), Cnidaria (1), Echinodermata (2), Bryozoa (5), Brachiopoda (1), Nemertea (1), Sipuncula (1) y Phoronida (1) (Figura 6A).

El número de taxa por unidad de muestreo varió entre 5 y 35 con un promedio de  $19.5 \pm 1.08$  taxa/muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, el número de taxa por muestra durante el invierno de 2013 (I-1) varió entre 5 y 29 con un promedio de  $15.8 \pm 1.93$  taxa/muestra, registrándose el mínimo número de taxa por muestra del periodo de estudio. En el verano de 2014 (V-1) el rango varió entre 7 y 28 taxa/muestra y el número de taxa promedio se incrementó a  $18.0 \pm 2.09$  taxa/muestra. En el siguiente invierno (I-2), el rango se incrementó variando entre 16 y 29 con un promedio de  $21.7 \pm 1.42$  taxa/muestra. Finalmente en el verano de 2015 (V-2) el rango varió entre 8 y 35 con un promedio de  $22.3 \pm 2.64$  taxa/muestra, registrándose el máximo valor y el mayor promedio de taxa/muestra de todas las temporadas (Tabla 3).

Los phyla dominantes en abundancia fueron Annelida, Mollusca, Echinodermata, Arthropoda y Cnidaria; el resto de los phyla, Nemertea, Sipuncula, Brachiopoda, Phoronida y Platyhelminthes, presentaron en conjunto abundancias relativas menores al 1 % (Figura 6B). Respecto a la variación estacional de los phyla dominantes en abundancia, se observó una elevada contribución en la abundancia por parte del phylum Annelida la cual fue mayor en V-2. El Phylum Mollusca aportó en la abundancia de manera casi constante durante el periodo de muestreo,

observándose un ligero mayor aporte en I-2. Al igual que los Annelida, el phylum Arthropoda presentó una mayor contribución a la abundancia en V-2. Por otro lado, Los Phylum Cnidaria y Echinodermata presentaron un comportamiento similar, observándose un mayor aporte en el primer año de estudio (I-1 y V-1) (Figura 7).

La abundancia por unidad de muestreo registrada varió entre 7 y 474 ind./muestra con un promedio de  $124.2 \pm 16.77$  ind./muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, la abundancia por muestra en I-1 varió entre 7 y 181 con un promedio de  $71.1 \pm 15.23$  ind./muestra, registrándose el mínimo valor y el menor promedio de abundancia del periodo de estudio. En V-1 el rango se incrementó variando entre 12 y 474 con un promedio de  $132.1 \pm 44.41$  ind./muestra, registrándose el máximo valor de abundancia del periodo de estudio. En I-2, el rango varió entre 70 y 142 con un promedio de  $112.7 \pm 7.82$  ind./muestra. Finalmente en V-2 el rango varió entre 25 y 422 con un promedio de  $180.9 \pm 43.81$  ind./muestra, siendo el mayor promedio del periodo de estudio (Tabla 3).

Los phyla dominantes en biomasa fueron Mollusca, Annelida y Arthropoda; mientras que los phyla Cnidaria, Nemertea, Echinodermata y Brachiopoda aportan menos del 3 % a la biomasa total (Figura 6C). Respecto a la variación estacional de los phyla dominantes en biomasa, se observó que el phylum Mollusca presentó la mayor contribución de biomasa en las cuatro estaciones de muestreo, predominando en I-1. El phylum Annelida presentó la mayor contribución a la biomasa en I-2, mientras que el phylum Arthropoda presentó una mayor contribución a la biomasa en V-1. Por otro lado, Los phylum Cnidaria y Echinodermata presentan un patrón similar observándose que su contribución a la biomasa es mayor en el primer año de estudio (Figura 8).

La biomasa húmeda por unidad de muestreo registrada en el periodo de estudio varió entre 0.281 y 38.529 con un promedio de  $6.112 \pm 1.10$  g/muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, la biomasa húmeda por muestra durante el invierno de 2013 (I-1) varió entre 0.281 y 38.529 con un promedio de  $6.033 \pm 3.643$  g/muestra, registrándose el rango con mayor amplitud con los valores mínimos y máximos de biomasa húmeda del periodo de estudio. En el verano de 2014 (V-1) el rango varió entre 0.282 y 15.903 con un promedio de  $5.174 \pm 1.484$  g/muestra. En el invierno de 2014 (I-2), el rango varió entre 2.354 y 5.799 con un promedio de  $3.96 \pm 0.377$  g/muestra, registrándose el menor promedio de biomasa del periodo de estudio. Finalmente en el verano de 2015 (V-2) el rango varió entre 1.576 y 18.566 con un promedio de  $9.283 \pm 1.90$  g/muestra, registrándose el mayor promedio de biomasa del periodo de estudio (Tabla 3).

Dentro de las especies con mayor aporte a la abundancia, cuyo rango de contribución en conjunto varió entre 49.31 % en I-1 y 59.25 % en V-1, tenemos a *A. chilensis* y *O. kroeyeri* quienes presentan un comportamiento similar en cuanto a la variación de la contribución en la abundancia con elevados aportes en V-1, éstas contribuciones disminuyeron notablemente en I-2 y V-2. Se observa un patrón distinto en las variabilidad de la abundancia de los anfípodos *E. punctatus* y *Gammaropsis* sp., en el caso de *E. punctatus* se registró una mayor contribución a la abundancia en I-1 el cual disminuyo notablemente en V-2, por otra parte la abundancia de *Gammaropsis* sp. se incrementó entre I-1 y V-2. De otro lado, *E. transversus* muestra un patrón similar al observado en AP, incrementando su abundancia entre I-1 y V-1, donde alcanzó la máxima abundancia, para luego disminuir en I-2 y llegar a su

mínimo valor en V-2. Los gasterópodos *Mitrella buccinoides* y *Crepidatella dilatata* presentaron mayor contribución a la abundancia en V-1. Los poliquetos mostraron un patrón de variación en la contribución de la abundancia particular para cada especie. *Owenia collaris* se presentó solamente en V-2, mientras que *Mediomastus branchiferus* fue observado en V-1, I-2 y V-2, encontrándose en mayor cantidad en I-2. Por último *Diopatra chilensis* incrementó su abundancia entre I-1 e I-2 para luego disminuir en V-2 (Figura 9).

Las especies con mayor aporte a la biomasa pertenecieron principalmente al phylum Mollusca y su rango de contribución en conjunto varió entre 84.83 % en V-1 y 98.43 % en I-1. El gasterópodo *X. cassidiformis* se registró solamente en V-2, mientras que el bivalvo *A. purpuratus* fue registrado solamente en I-1. El gasterópodo *M. buccinoides* fue registrado durante todo el periodo de estudio presentando su mayor valor en I-2. *Tegula luctuosa*, *Nassarius dentifer*, *Xanthochorus buxeus* y *Eurypanopeus transversus* registraron un mayor aporte a la biomasa en V-1. Por otra parte la contribución del poliqueto *Diopatra chilensis* se incrementó desde I-1 hasta alcanzar su máximo valor en I-2, para luego disminuir en V-2, el mismo patrón fue observado en *Alia unifasciata*. Mientras tanto, el poliqueto *Owenia collaris* fue registrado solamente en V-2 (Figura 10).

### **7.3.3 Comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa***

La riqueza del macrobentos asociado al sustrato adyacente a los filamentos de *Ch. crassa* estuvo constituida por 97 taxa pertenecientes a 11 phyla: Annelida (42), Mollusca (25), Arthropoda (20), Cnidaria (1),

Echinodermata (2), Bryozoa (2), Brachiopoda (1), Nemertea (1), Sipuncula (1), Phoronida (1) y Plathyhelminthes (1) (Figura 6A).

El número de taxa por unidad de muestreo varió entre 13 y 43 con un promedio de  $26.9 \pm 1.0$  taxa/muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, el número de taxa por muestra durante el invierno de 2013 (I-1) varió entre 21 y 36 con un promedio de  $28.5 \pm 1.42$  taxa/muestra. En el verano de 2014 (V-1) el rango varió entre 13 y 26 taxa/muestra y el número de taxa promedio disminuyó a  $20.4 \pm 2.09$  taxa/muestra, registrándose el mínimo número valor y el menor promedio de número de taxa del periodo de estudio. En siguiente invierno de 2014 (I-2), el rango varió entre 22 y 37 con un promedio de  $29.0 \pm 1.71$  taxa/muestra. Finalmente en el verano de 2015 (V-2) el rango varió entre 21 y 43 con un promedio de  $29.6 \pm 2.14$  taxa/muestra, registrándose el máximo valor y el mayor promedio de taxa de todas las temporadas (Tabla 3).

Los phyla dominantes en abundancia fueron Annelida, Mollusca, Arthropoda, Cnidaria y Echinodermata; los phyla Nemertea, Brachiopoda, Sipuncula y Phoronida presentaron en conjunto abundancias relativas menores al 3 %, (Figura 6B). Respecto a la variación estacional de los phyla dominantes en abundancia, se observó que el phylum Annelida presentó mayor abundancia en I-2. Se registró un mayor aporte en la abundancia del Phylum Mollusca en I-1, mientras que el phylum Arthropoda fue más abundante en V-2. Por otro lado, los Phylum Cnidaria y Echinodermata presentaron un comportamiento similar, observándose un mayor aporte en el primer año de estudio (Figura 7).

La abundancia por unidad de muestreo varió entre 102 y 742 ind./muestra con un promedio de  $318.7 \pm 24.56$  ind./muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, la abundancia por muestra en I-1 varió entre 184 y

742 con un promedio de  $436.1 \pm 61.79$  ind./muestra, registrándose el máximo valor de abundancia del periodo de estudio. En V-1, el rango varió entre 102 y 451 con un promedio de  $244.0 \pm 36.21$  ind./muestra, registrándose el mínimo valor y el menor promedio de abundancia del periodo de estudio. En I-2, el rango varió entre 190 y 517 con un promedio de  $329.2 \pm 40.27$  ind./muestra. Finalmente en V-2 el rango varió entre 118 y 418 con un promedio de  $265.6 \pm 35.03$  ind./muestra, obteniéndose el mayor del periodo de estudio (Tabla 3).

Los phyla dominantes en biomasa fueron Mollusca, Annelida y Arthropoda. Los phyla Cnidaria, Echinodermata y Nemertea aportan conjuntamente 2.25 %, mientras que los phyla Brachiopoda, Sipuncula, Phoronida y Plathyhelminthes aportaron menos del 0.01 % de la biomasa total (Figura 6C). Respecto a la variación estacional de los phyla dominantes en biomasa, se observó que el phylum Mollusca presentó la mayor contribución de biomasa en las cuatro estaciones de muestreo, siendo ésta mayor en I-2. El phylum Annelida presentó mayor contribución de biomasa en I-1 con 24.00 %, la cual disminuyó progresivamente en cada estación hasta V-1 para volver a incrementarse en V-2. La contribución del phylum Arthropoda osciló registrándose los mayores valores en invierno (I-1 e I-2). Los Phylum Cnidaria y Echinodermata presentan un comportamiento similar, observándose un mayor aporte en el primer año de estudio (I-1 y V-1), mientras que en el segundo año apenas se registraron sus contribuciones (Figura 8).

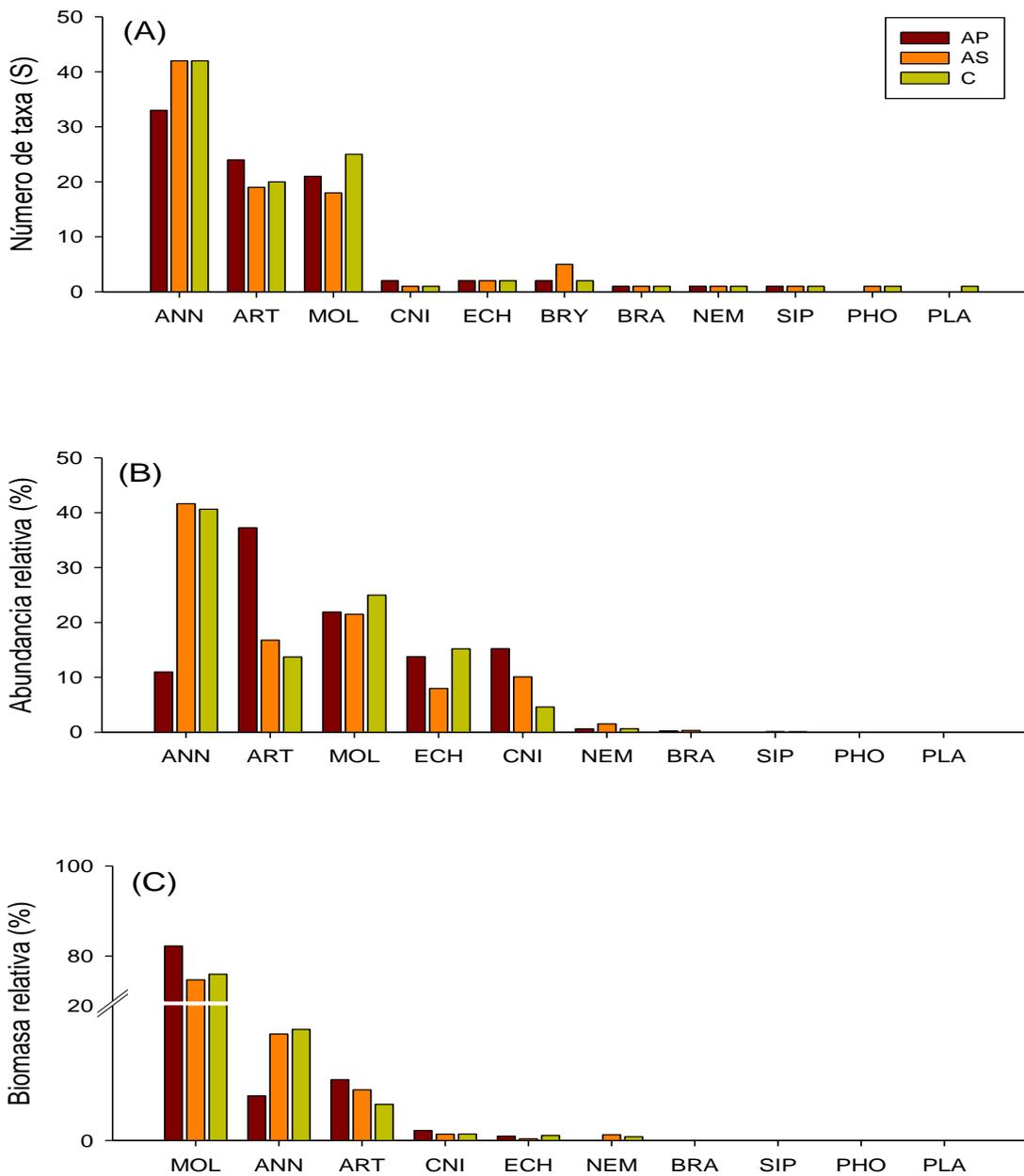
La biomasa húmeda por unidad de muestreo varió en el periodo de estudio entre 0.685 y 50.123 con un promedio de  $10.414 \pm 1.591$  g/muestra (Tabla 3). En cuanto a la variación estacional, la biomasa húmeda por muestra durante el invierno de 2013 (I-1) varió entre 3.708 y

26.092 con un promedio de  $10.136 \pm 1.991$  g/muestra. En el verano de 2014 (V-1) el rango varió entre 0.685 y 19.856 con un promedio de  $7.745 \pm 1.857$  g/muestra, registrándose el mínimo valor de biomasa del periodo de estudio. En el invierno de 2014 (I-2), el rango varió entre 1.637 y 22.665 con un promedio de  $5.83 \pm 2.284$  g/muestra, registrándose el menor promedio de biomasa del periodo de estudio. Finalmente en el verano de 2015 (V-2) el rango varió entre 3.890 y 50.123 con un promedio de  $17.944 \pm 4.67$  g/muestra, registrándose el máximo mayor y mayor promedio de biomasa del periodo de estudio (Tabla 3).

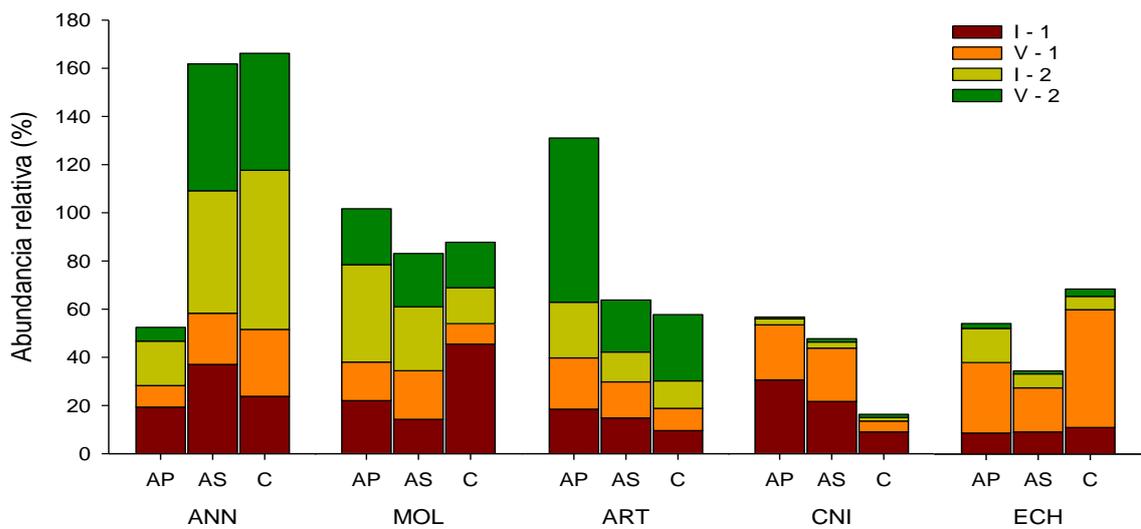
Entre las especies con mayor aporte a la abundancia cuyo rango de contribución, en conjunto, varió entre 43.35 % en V-2 y 71.40 % en I-1, tenemos a *Anthothoe chilensis* y *Ophiactis kroeyeri*, cuya contribución fue mayor en el primer año de estudio, las cuales disminuyeron notablemente en el segundo año de estudio. La variación en la contribución de los anfípodos *Erichthonius punctatus* y *Gammaropsis* sp. mostró un patrón similar registrándose el mayor valor en V-2. Por otra parte la abundancia de *Eurypanopeus transversus*, se incrementó entre I-1 y V-1 para luego disminuir en I-2 y V-2. Los gasterópodos *Mitrella buccinoides* y *Crepidatella dilatata* así como el poliqueto *Diopatra chilensis* presentaron mayores contribuciones en la abundancia en I-1, mientras que el poliqueto *Owenia collaris* fue registrado en I-2 y V-2, presentando una abundancia notablemente mas elevada en V-2. Por otra parte, el poliqueto *Mediomastus branchiferus* presentó una mayor contribución en I-2 (Figura 9).

Las especies con mayor aporte a la biomasa pertenecieron principalmente al phylum Mollusca cuyo rango de contribución en conjunto varió entre 25.79 % en V-2 y 94.30 % en I-1. El gasterópodo

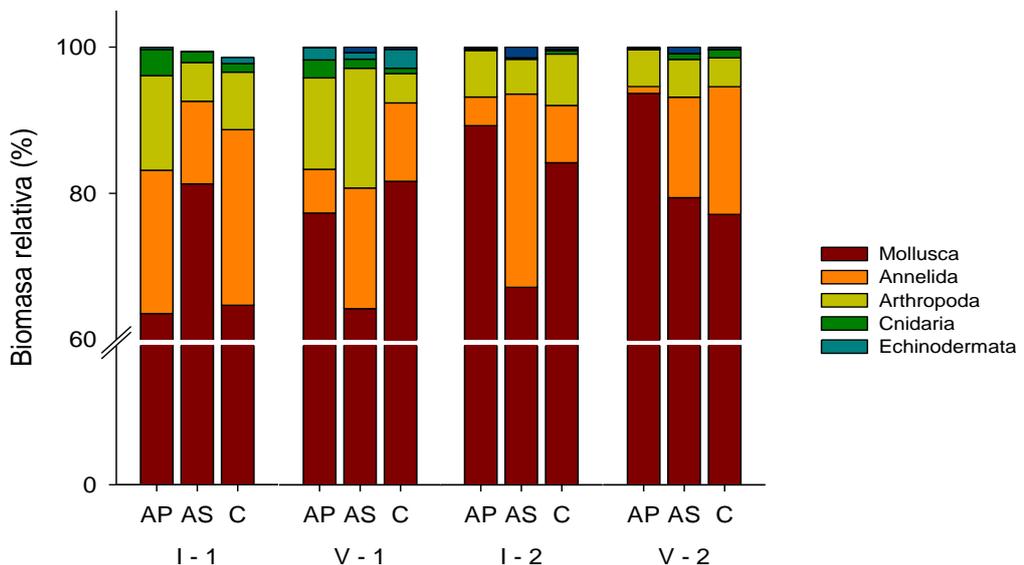
*Xanthochorus cassidiformis* se registró en todo el periodo de estudio con elevadas contribuciones, siendo mayor en I-2. El bivalvo *Argopecten purpuratus* se registra con pequeñas contribuciones en V-1 e I-2. Los gasterópodos *Mitrella buccinoides*, *Tegula luctuosa*, *Xanthochorus buxeus* así como el poliqueto *Diopatra chilensis* y el cangrejo *Eurypanopeus transversus* se registraron durante todo el periodo de estudio, sin embargo los mayores aportes a la biomasa fueron registrados en I-1. El poliqueto *Owenia collaris* fue registrado solamente en I-2 y V-2 con una mayor contribución en V-2, mientras que el gasterópodo *Alia unifasciata* presentó una mayor contribución en los inviernos con predominancia en I-2 (Figura 10).



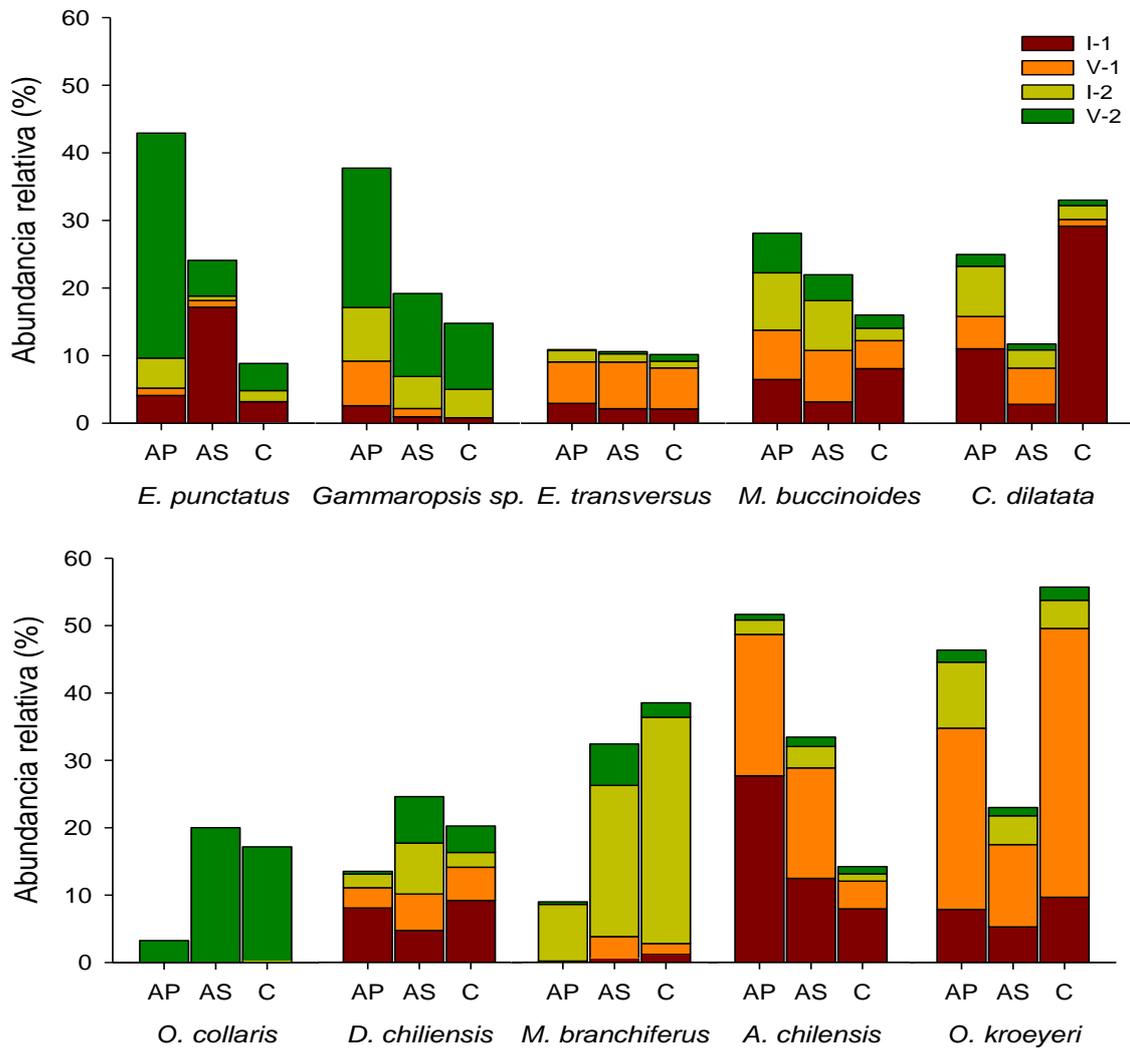
**Figura 6** Número de taxa (A), Abundancia relativa (B) y Biomasa relativa (C) por phylum de las comunidades macrobentónicas asociadas a los filamentos (AP) sustrato subyacente (AS) y sustrato adyacente (C). Las letras representan los phyla: ANN = Annelida, ART = Arthropoda, MOL = Mollusca, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata, BRY = Bryozoa, BRA = Brachiopoda, NEM = Nemertea, SIP = Sipuncula, PHO = Phoronida, PLA = Platyhelminthes.



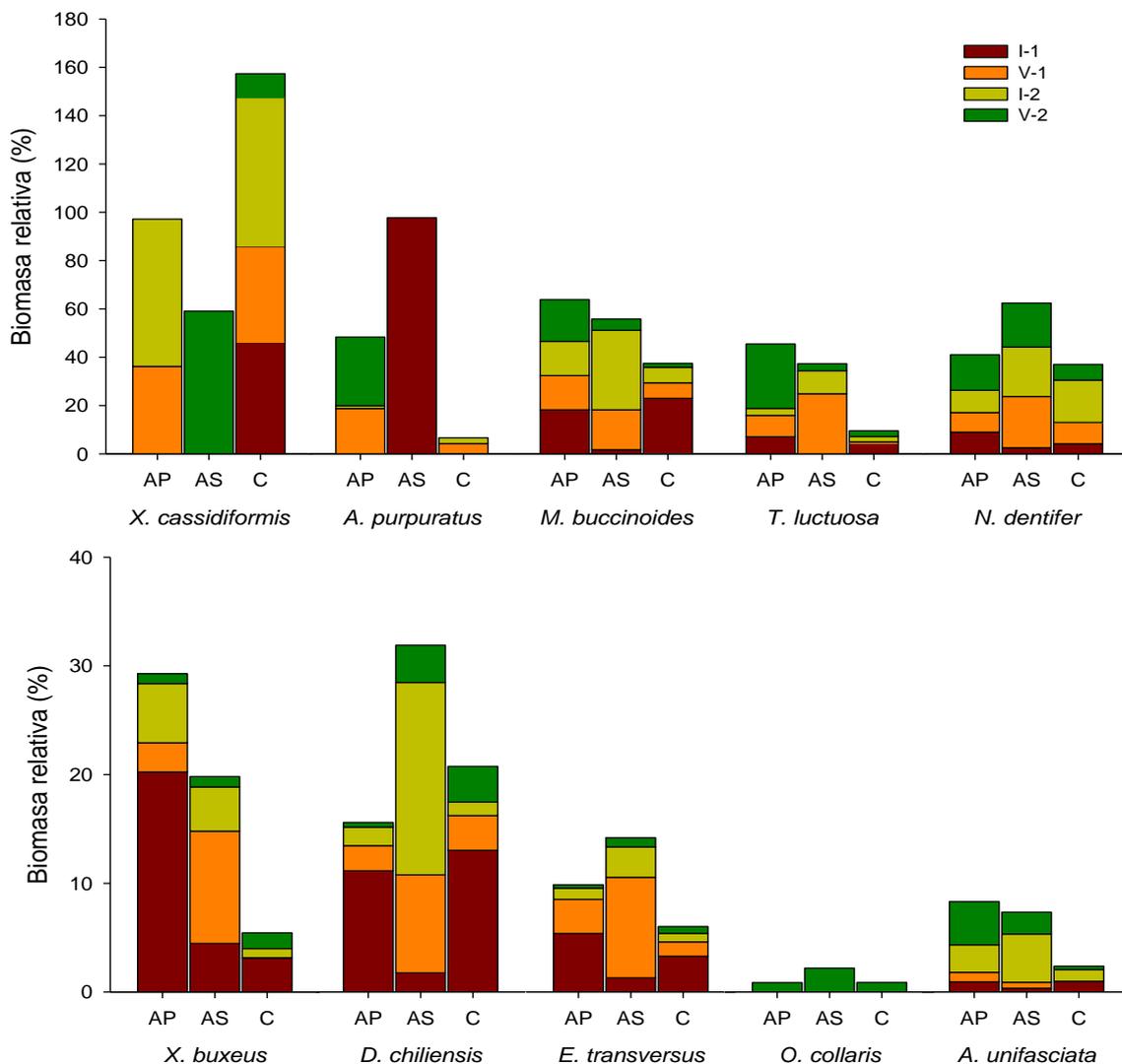
**Figura 7** Variación de la abundancia relativa de los principales phyla de los biotopos: AP = Filamentos de *Ch. crassa*, AS = Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche en las estaciones de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015). Las letras representan los phyla: ANN = Annelida, ART = Arthropoda, MOL = Mollusca, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata.



**Figura 8** Variación de la biomasa relativa de los principales phyla de los biotopos: AP = Filamentos de *Ch. crassa*, AS = Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche en las estaciones de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015). Las letras representan los phyla: ANN = Annelida, ART = Arthropoda, MOL = Mollusca, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata.



**Figura 9** Variación de la contribución a la abundancia relativa de las especies dominantes en abundancia de los tres biotopos (AP = Filamentos de *Ch. crassa*, AS = Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015). *E. punctatus* = *Erichthonius punctatus*, *E. transversus* = *Eurypanopeus transversus*, *M. buccinoides* = *Mitrella buccinoides*, *C. dilatata* = *Crepipatella dilatata*, *O. collaris* = *Owenia collaris*, *D. chilensis* = *Diopatra chilensis*, *M. branchiferus* = *Mediomastus branchiferus*, *A. chilensis* = *Anthothoe chilensis*, *O. kroeyeri* = *Ophiactis kroeyeri*.



**Figura 10** Variación de la contribución a la biomasa relativa de las especies dominantes en biomasa de los tres biotopos (AP = Filamentos de *Ch. crassa*, AS = Sustrato subyacente al parche y C: Sustrato adyacente al parche) en la temporada de muestreo (I-1: Agosto 2013, V-1: Diciembre 2014, I-2: Julio 2014, V-2: Marzo 2015). *X. cassidiformis* = *Xanthochorus cassidiformis*, *A. purpuratus* = *Argopecten purpuratus*, *M. buccinoides* = *Mitrella buccinoides*, *T. luctuosa* = *Tegula luctuosa*, *N. dentifer* = *Nassarius dentifer*, *X. buxeus* = *Xanthochorus buxeus*, *D. chilensis* = *Diopatra chilensis*, *E. transversus* = *Eurypanopeus transversus*, *O. collaris* = *Owenia collaris* y *A. unifasciata* = *Alia unifasciata*.

## 7.4 Índices de diversidad

Los valores mínimos y máximos de los índices ecológicos de las muestras de las comunidades asociadas a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), sustrato subyacente (AS) y sustrato adyacente al parche (C) durante el periodo de estudio, se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Valores de los índices ecológicos univariados de la comunidad macrobentónica de los filamentos de *Ch. crassa* (A), sustrato subyacente al parche (B) y sustrato adyacente al parche (C). Min = mínimo, Max = máximo.

(A) AP								
Índice univariado	I-1		V-1		I-2		V-2	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Riqueza de Margalef (d)	3.70	5.15	3.40	5.27	3.34	5.46	3.36	5.61
Diversidad de Shannon (H')	3.13	3.75	2.63	3.78	3.24	4.13	2.74	3.67
Dominancia de Simpson (D)	0.11	0.21	0.10	0.30	0.08	0.15	0.14	0.27
Equidad de Pielou (J')	0.65	0.82	0.60	0.82	0.79	0.91	0.60	0.74

(B) AS								
Índice univariado	I-1		V-1		I-2		V-2	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Riqueza de Margalef (d)	2.06	5.20	2.42	4.74	3.49	5.75	2.10	5.54
Diversidad de Shannon (H')	2.13	3.78	2.69	3.99	2.97	4.06	2.31	3.93
Dominancia de Simpson (D)	0.10	0.28	0.08	0.21	0.08	0.24	0.11	0.30
Equidad de Pielou (J')	0.67	0.92	0.67	0.96	0.69	0.88	0.67	0.85

(C) C								
Índice univariado	I-1		V-1		I-2		V-2	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Riqueza de Margalef (d)	3.55	5.45	2.60	4.42	3.85	6.02	3.54	6.87
Diversidad de Shannon (H')	2.84	3.75	1.89	3.43	2.13	3.96	2.51	4.20
Dominancia de Simpson (D)	0.11	0.29	0.15	0.50	0.12	0.47	0.08	0.35
Equidad de Pielou (J')	0.56	0.81	0.46	0.76	0.45	0.77	0.58	0.85

## 7.5 Diferencias entre las comunidades macrobentónicas

### 7.5.1 Diferencias en el número de taxa

Respecto al número de taxa (S), no se observaron diferencias significativas tanto en la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) (Kruskal-Wallis:  $H= 4.25$ ,  $p = 0.236$ ) como en la comunidad asociada al sustrato subyacente a éstos (AS) (Kruskal-Wallis:  $H= 6.55$ ,  $p = 0.088$ ), durante el periodo de estudio. Sin embargo, la comunidad asociada al sustrato adyacente al parche (C) mostró diferencias significativas durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H= 15.08$ ,  $p < 0.01$ ) encontrándose un número menor de taxa en V-1 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ).

El análisis en cada temporada de muestreo mostró que en Invierno 1 (I-1) se observaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 16.28$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose un número significativamente menor de taxa en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Verano 1 (V-1) el número de taxa de C disminuye, lo que permite encontrar diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 14.12$ ,  $p < 0.01$ ), observándose un mayor número de taxa en AP respecto a AS y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Invierno 2 (I-2), el número de taxa también presentó diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 8.54$ ,  $p < 0.05$ ), encontrándose un incremento significativo en el número de taxa en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Por último, en Verano 2 (V-2) no se observaron diferencias significativas en el número de taxa de los tres biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 4.85$ ,  $p = 0.88$ ) (Figura 11 A).

En cuanto a la variación del número de taxa por Phylum en los biotopos se observaron diferencias significativas en los Phylum Annelida, Arthropoda y Mollusca (Kruskal-Wallis  $p < 0.01$ ), encontrándose que para el Phylum Annelida el número de taxa en AP y AS no fue significativamente diferente

(U de Mann-Whitney:  $p = 0.13$ ), mientras que C presentó un número significativamente mayor de taxa que AP y AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). El número de taxa del Phylum Arthropoda resultó significativamente mayor en AP que C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y en C que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). El número de taxa del Phylum Mollusca fue significativamente menor en AS respecto a AP y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que los Phylum Cnidaria y Echinodermata no presentaron diferencias significativas en el número de taxa entre biotopos (Figura 12 A).

El análisis de la variación del número de taxa por Phylum en cada estación mostró que en Invierno 1, el número de taxa del Phylum Annelida fue significativamente mayor en C que en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), y el número de taxa de AP fue, a su vez, mayor que AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ). El número de taxa del Phylum Arthropoda resultó significativamente mayor en AP y C que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que el número de taxa del Phylum Mollusca fue menor AS respecto a AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ), y respecto a C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el número de taxa del Phylum Cnidaria (Kruskal-Wallis  $p = 0.13$ ), ni en el Phylum Echinodermata (Kruskal-Wallis  $p = 0.12$ ) (Figura 13 A).

En Verano 1, el número de taxa del Phylum Annelida fue mayor en AP que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y fue mayor en C que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), el número de taxa del Phylum Arthropoda fue significativamente mayor en AP que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ), mientras que el número de taxa de AS, a su vez, fue mayor que C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). El número de taxa del Phylum Mollusca resultó

mayor en AP que en AS y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el número de taxa del Phylum Cnidaria (Kruskal-Wallis  $p = 0.60$ ), ni en el Phylum Echinodermata (Kruskal-Wallis  $p = 1.00$ ) (Figura 13 B).

En Invierno 2, el número de taxa del Phylum Annelida fue significativamente mayor en C que en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ). El Phylum Arthropoda presentó menor taxa en AS respecto a AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), mientras que el Phylum Mollusca presentó un mayor número de taxa en AP que en AS y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el número de taxa del Phylum Cnidaria (Kruskal-Wallis  $p = 0.09$ ), ni Echinodermata (Kruskal-Wallis  $p = 1.00$ ) (Figura 13 C).

En Verano 2, el número de taxa del Phylum Arthropoda fue significativamente menor en AS que en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ), mientras que el número de taxa del Phylum Mollusca presentó el mismo patrón, siendo menor en AS respecto a AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ). ). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el número de taxa del Phylum Annelida (Kruskal-Wallis  $p = 0.20$ ), Cnidaria (Kruskal-Wallis  $p = 0.52$ ), ni en el Phylum Echinodermata (Kruskal-Wallis  $p = 0.11$ ) (Figura 13 D).

### **7.5.2 Diferencias en la abundancia**

Respecto a la abundancia (N), se observaron diferencias significativas en la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 22.05$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose

una disminución significativa en el valor de la abundancia en I-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que en la comunidad asociada al sustrato subyacente a éstos (AS) no se observaron diferencias significativas en la abundancia durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 6.65$ ,  $p = 0.084$ ), al igual que la comunidad asociada al sustrato adyacente al parche (C) (Kruskal-Wallis:  $H = 7.40$ ,  $p = 0.06$ ).

En cuanto al análisis de la variación de la abundancia de los biotopos en cada temporada: En Invierno 1 (I-1) se observaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 18.90$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose una abundancia de individuos significativamente menor en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Verano 1 (V-1) se encontraron diferencias significativas en los tres biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 15.66$ ,  $p < 0.01$ ), observándose una mayor abundancia en AP respecto a C y una menor abundancia de AS respecto a C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Invierno 2 (I-2), la abundancia también presentó diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 19.76$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose una abundancia significativamente mayor en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Por último, en Verano 2 (V-2) se observaron diferencias significativas en la abundancia (Kruskal-Wallis:  $H = 11.48$ ,  $p < 0.01$ ), debido al elevado valor de abundancia en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), respecto a AS y C (Figura 11 B).

El análisis de la variación de la abundancia por Phylum en los biotopos mostró diferencias significativas en todos los Phylum analizados (Kruskal-Wallis  $p < 0.01$ ), encontrándose que para el Phylum Annelida, la abundancia en AP y AS no fue significativamente diferente (U de Mann-Whitney:  $p = 0.14$ ), mientras que C presentó una abundancia significativamente mayor que AP y AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). La abundancia del Phylum Arthropoda resultó significativamente mayor en AP

que en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y, a su vez, C presentó mayor abundancia que AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). La abundancia del Phylum Mollusca fue significativamente mayor en C que en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y presentó mayor abundancia en AP que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). La abundancia del Phylum Cnidaria fue significativamente mayor en AP respecto a C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que la abundancia del Phylum Echinodermata en AP y C fue similar, ambos presentaron mayor abundancia que AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) (Figura 12 B).

Respecto a la variación de la abundancia por Phylum en cada estación, se observa que: En Invierno 1, la abundancia del Phylum Annelida en AP y C es significativamente mayor que la abundancia en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). La abundancia del Phylum Arthropoda fue significativamente mayor en AP que en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y a su vez C presentó mayor abundancia que AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Del mismo modo el Phylum Cnidaria presentó mayor abundancia en AP que en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y a su vez, la abundancia de C fue mayor que la abundancia en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En cuanto a los Phylum Echinodermata y Mollusca, mostraron el mismo patrón observándose que la abundancia en C fue significativamente mayor que en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y la abundancia en AP fue mayor que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) (Figura 14 A).

En Verano 1, no se encontraron diferencias significativas en la abundancia del Phylum Annelida en los biotopos. El Phylum Arthropoda presentó mayor abundancia en AP y C que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). La abundancia del Phylum Cnidaria fue significativamente mayor en AP que en AS y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), en cuanto al Phylum

Echinodermata resultó mayor en AP y C que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), mientras que el Phylum Mollusca presentó mayor abundancia en AP que en AS y (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) (Figura 14 B).

En Invierno 2, la abundancia del Phylum Annelida fue significativamente mayor en C que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y a su vez, la abundancia en AS fue mayor a la encontrada en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). El Phylum Arthropoda presentó mayor abundancia an AP y C que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), observándose el mismo patrón para el Phylum Echinodermata (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de los Phylum Cnidaria y Mollusca (Figura 14 C).

En Verano 2, la abundancia del Phylum Annelida fue significativamente menor en AP que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ), mientras que la abundancia del Phylum Arthropoda fue significativamente mayor en AP que en As y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). La variación de la abundancia de los Phylum Echinodermata y Mollusca mostró el mismo patrón, observándose mayor abundancia en AP que en As y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Las diferencias en la abundancia del Phylum Cnidaria no fueron estadísticamente significativas (Figura 14 D).

### **7.5.3 Diferencias en la biomasa**

El análisis de la biomasa mostró diferencias significativas en la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 9.96$ ,  $p < 0.05$ ), encontrándose un menor valor de biomasa en I-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que la comunidad

asociada al sustrato subyacente (AS) no presentaron diferencias significativas durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 7.06$ ,  $p = 0.07$ ). Por otro lado, se encontraron diferencias significativas en la biomasa de la comunidad asociada al sustrato adyacente al parche (C) (Kruskal-Wallis:  $H = 9.23$ ,  $p < 0.05$ ), siendo mayor en V-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ).

Respecto al análisis en cada temporada: En Invierno 1 (I-1) se observaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 10.73$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose una menor biomasa en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Verano 1 (V-1) se encontraron diferencias significativas en los tres biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 8.51$ ,  $p < 0.05$ ), observándose un mayor valor de biomasa en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Invierno 2 (I-2), la biomasa no presentó diferencias significativas entre los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 3.05$ ,  $p = 0.22$ ). Por último, en Verano 2 (V-2) si bien se observaron mayores valores de biomasa en AP y C respecto a AS, estos no fueron estadísticamente significativos (Kruskal-Wallis:  $H = 2.81$ ,  $p = 0.25$ ) (Figura 11 C).

En cuanto a la variación de la biomasa por Phylum en los biotopos, se observaron diferencias significativas en los Phylum Annelida (Kruskal-Wallis  $p < 0.05$ ), Echinodermata y Mollusca (Kruskal-Wallis  $p < 0.01$ ), encontrándose que para el Phylum Annelida, la biomasa de AS fue significativamente mayor que AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), para el Phylum Echinodermata la biomasa de AS fue significativamente menor que AP y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). La biomasa del Phylum Mollusca fue significativamente menor en AS que en AP y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que no se encontraron diferencias significativas en las

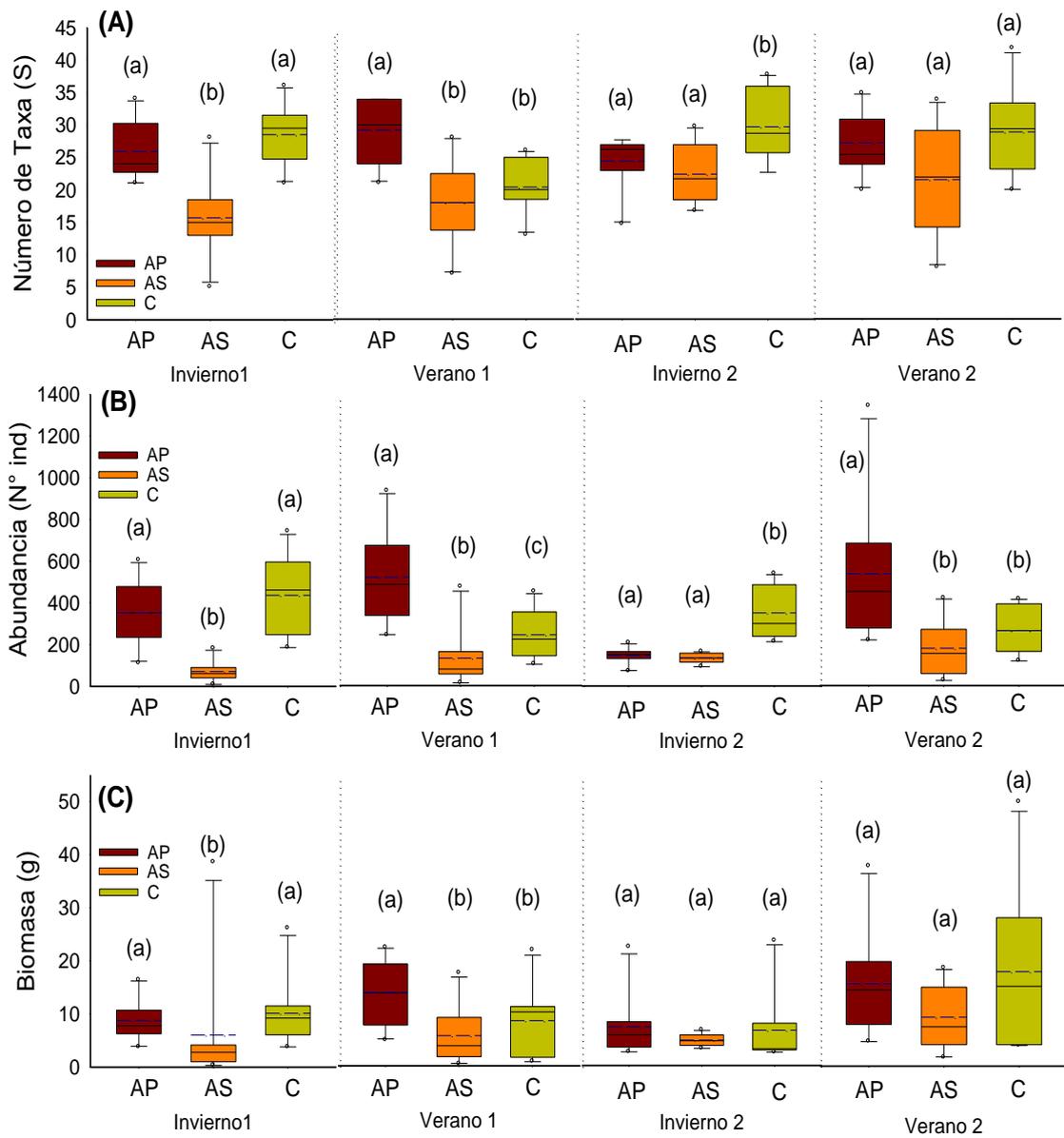
biomasas de los Phylum Arthropoda (Kruskal-Wallis,  $p = 0.10$ ) y Cnidaria (Kruskal-Wallis,  $p = 0.06$ ) (Figura 12 C).

La variación de la biomasa por Phylum en cada estación, mostró que en Invierno 1, no se encontraron diferencias significativas en la biomasa de los Phylum Annelida (Kruskal-Wallis,  $p = 0.07$ ), ni Arthropoda (Kruskal-Wallis,  $p = 0.38$ ). La biomasa del Phylum Cnidaria resultó significativamente mayor en AP que en AS y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), la biomasa del Phylum Echinodermata fue significativamente mayor en C que en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y mayor en AP que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), mientras que la biomasa del Phylum Mollusca fue significativamente menor en AS que en AP y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) (Figura 15 A).

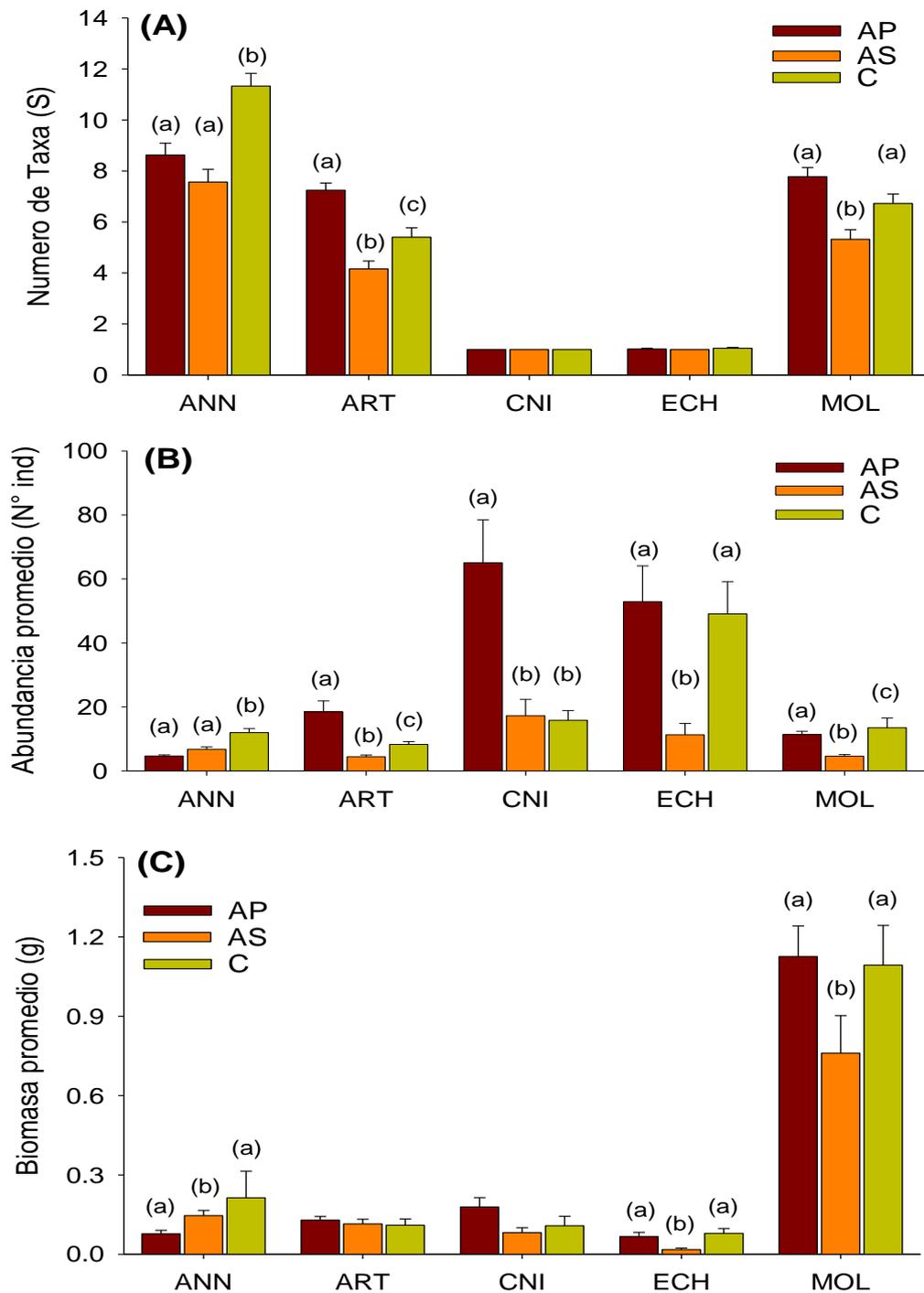
En Verano 1, la biomasa del Phylum Annelida resultó ser mayor en AS que en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ). La biomasa del Phylum Cnidaria fue significativamente mayor en AP que en AS y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). La biomasa del Phylum Echinodermata encontrado en AP y C fue significativamente mayor que la biomasa de AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que no se hallaron diferencias significativas en las biomasas de los Phylum Arthropoda (Kruskal-Wallis,  $p = 0.06$ ) y Mollusca (Kruskal-Wallis,  $p = 0.14$ ) (Figura 15 B).

En Invierno 2, sólo se encontraron diferencias significativas en la biomasa del Phylum Annelida, observándose que la biomasa de AS fue mayor a la biomasa de AP y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que, no se encontraron diferencias significativas en las biomasas de los Phylum Arthropoda (Kruskal-Wallis,  $p = 0.61$ ), Cnidaria (Kruskal-Wallis,  $p = 0.29$ ), Echinodermata (Kruskal-Wallis,  $p = 0.68$ ) y Mollusca (Kruskal-Wallis,  $p = 0.25$ ) (Figura 15 C).

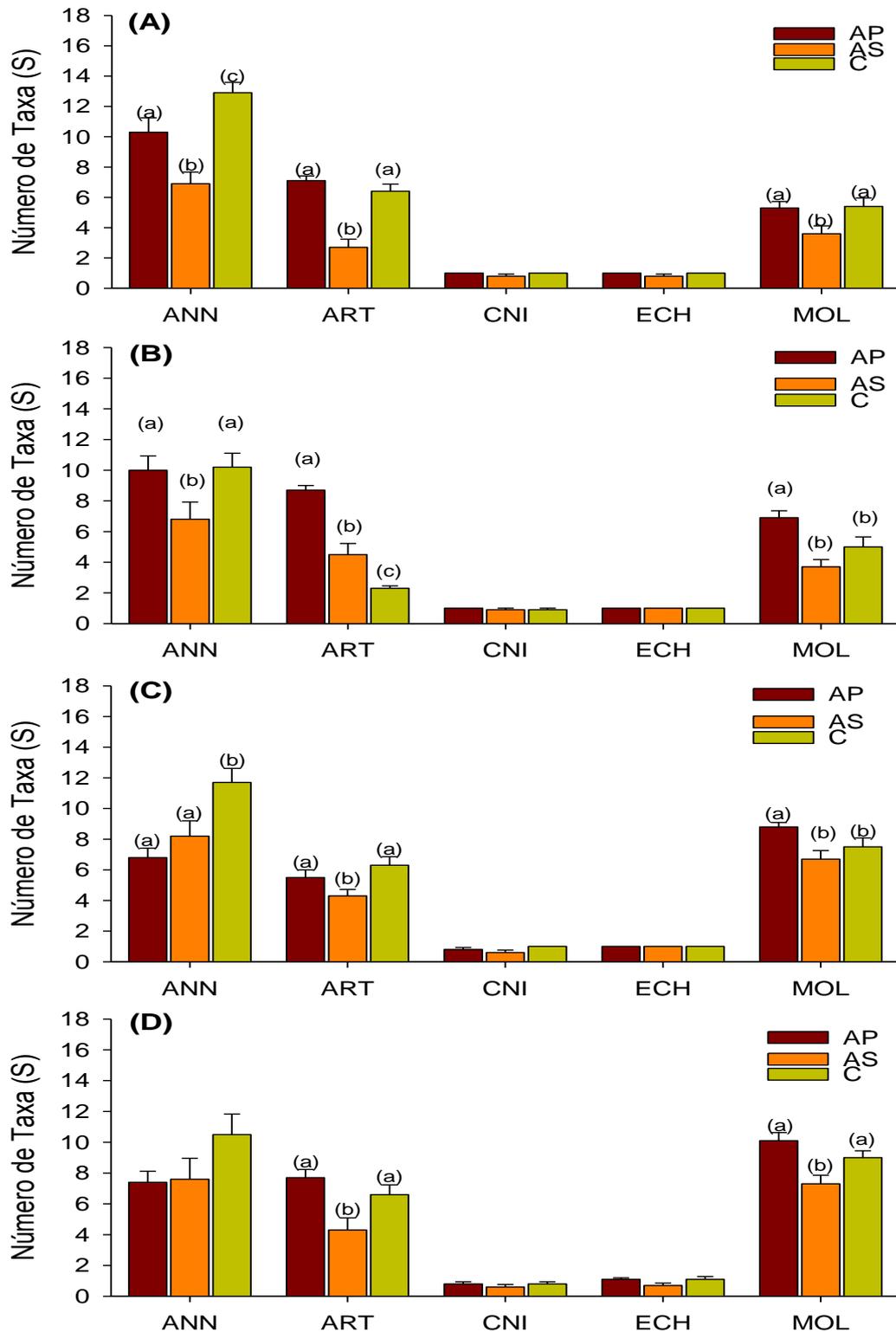
En Verano 2, la biomasa del Phylum Annelida encontrada en AP fue menor que la biomasa de AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Mientras que no se encontraron diferencias significativas en la biomasa de los Phylum Arthropoda (Kruskal-Wallis,  $p = 0.75$ ), Cnidaria (Kruskal-Wallis,  $p = 0.58$ ), Echinodermata (Kruskal-Wallis,  $p = 0.52$ ) y Mollusca (Kruskal-Wallis,  $p = 0.32$ ) (Figura 15 D).



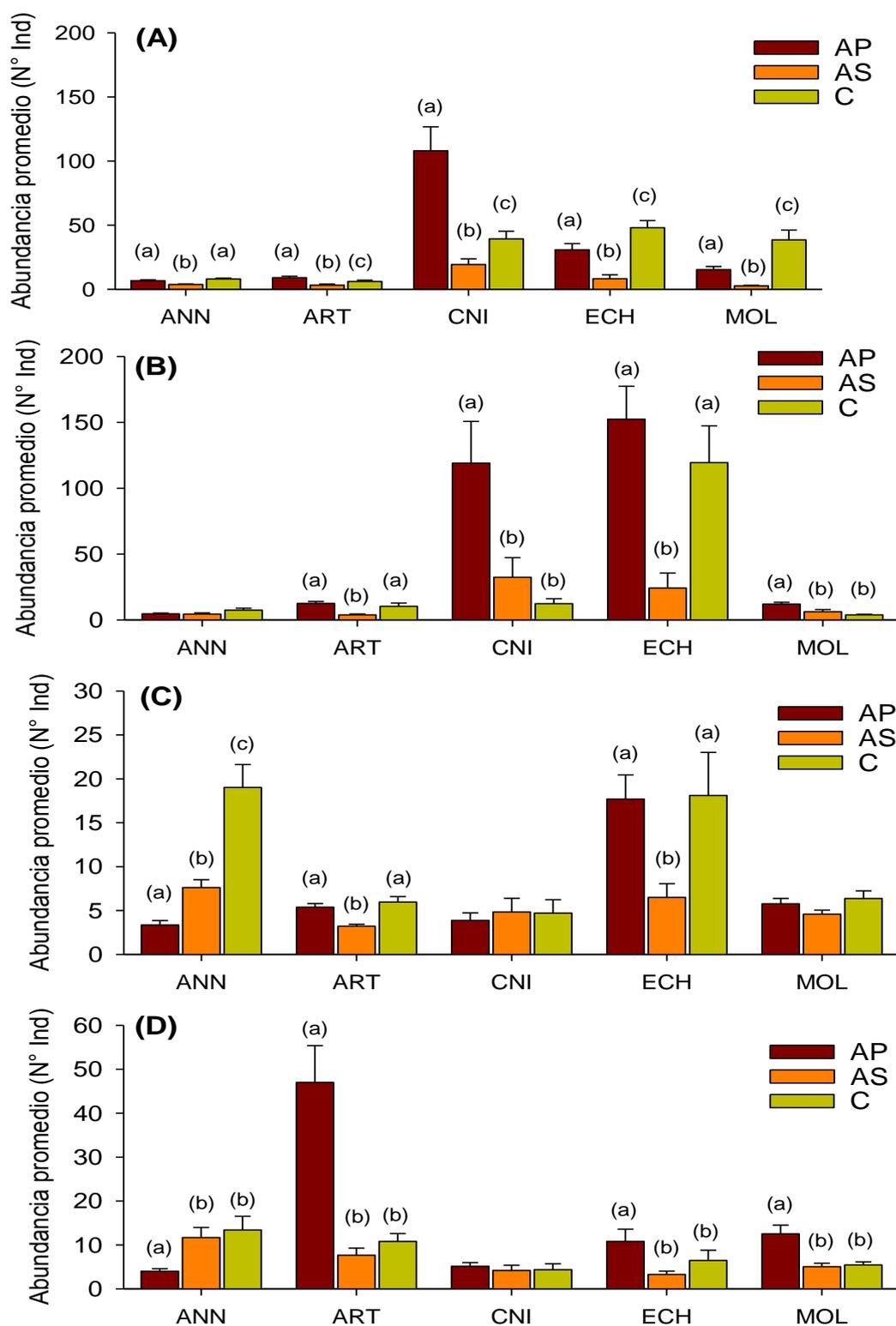
**Figura 11** Número de Taxa (A), Abundancia (B) y Biomasa (C) de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C) en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2 y Verano 2). Las líneas negras al interior de la caja representan la mediana, las líneas azules discontinuas representan la media, los bordes de las cajas los percentiles 25 y 75 y los bigotes el 1<sup>er</sup> y 99<sup>no</sup> percentil. Donde (a), (b) y (c) representan los grupos diferenciados estadísticamente ( $p < 0.05$ ).



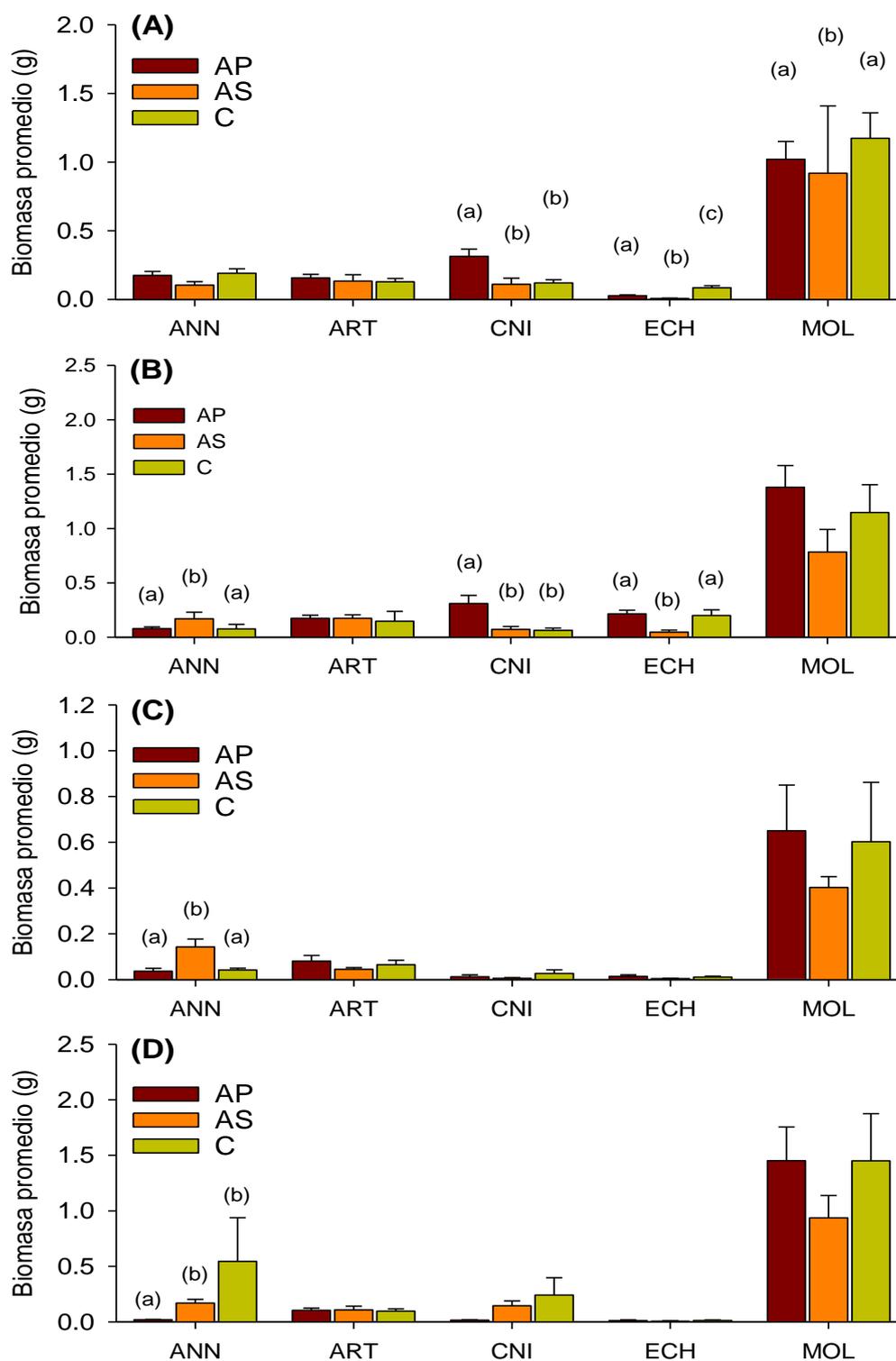
**Figura 12** Número de Taxa (A), Abundancia promedio (B) y Biomasa promedio (C) por Phylum de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C). Se muestran los grupos formados tras el análisis estadístico (nivel de significancia = 0.01). Los bigotes representan el error estándar. ANN = Annelida, ART = Arthropoda, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata y MOL = Mollusca. Donde (a), (b) y (c) representan los grupos diferenciados estadísticamente ( $p < 0.05$ ).



**Figura 13** Número de taxa promedio (S) en Invierno 1 (A), Verano 1 (B), Invierno 2 (C) y Verano 2 (D) por Phylum, de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C). Se muestran los grupos formados tras el análisis estadístico (nivel de significancia = 0.01). Los bigotes representan el error estándar. ANN = Annelida, ART = Arthropoda, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata y MOL = Mollusca. Donde (a), (b) y (c) representan los grupos diferenciados estadísticamente ( $p < 0.05$ ).



**Figura 14** Abundancia promedio (N° ind) en Invierno 1 (A), Verano 1 (B), Invierno 2 (C) y Verano 2 (D) por Phylum, de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C). Se muestran los grupos formados tras el análisis estadístico (nivel de significancia = 0.01). Los bigotes representan el error estándar. ANN = Annelida, ART = Arthropoda, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata y MOL = Mollusca. Donde (a), (b) y (c) representan los grupos diferenciados estadísticamente ( $p < 0.05$ ).



**Figura 15** Biomasa promedio (g) en: Invierno 1 (A), Verano 1 (B), Invierno 2 (C) y Verano 2 (D) por Phylum, de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C). Se muestran los grupos formados tras el análisis estadístico (nivel de significancia = 0.01). Los bigotes representan el error estándar. ANN = Annelida, ART = Arthropoda, CNI = Cnidaria, ECH = Echinodermata y MOL = Mollusca. Donde (a), (b) y (c) representan los grupos diferenciados estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

#### 7.5.4 Diferencias en los índices de diversidad

Los valores de los índices ecológicos univariados de la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) durante el periodo de estudio (I-1, V-1, I-2 y V-2) se muestran en la Tabla 4 y sus diferencias se analizan a continuación:

Respecto a la riqueza de Margalef (d), no se observaron diferencias significativas en la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 3.91$ ,  $p = 0.27$ ). En la comunidad asociada al sustrato subyacente (AS) tampoco se observaron diferencias significativas en la riqueza (d) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 6.53$ ,  $p = 0.09$ ). Por otro lado, se encontraron diferencias significativas en la riqueza (d) de la comunidad asociada al sustrato adyacente al parche (C) (Kruskal-Wallis:  $H = 14.91$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose un valor de la riqueza (d) significativamente menor en V-1 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), respecto a las demás estaciones (Figura 16 A).

El análisis por temporada de muestreo demostró que en Invierno 1 (I-1) se observaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 10.73$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose un menor valor de riqueza (d) en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Verano 1 (V-1) se encontraron diferencias significativas en los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 8.51$ ,  $p < 0.05$ ), observándose un valor de riqueza (d) significativamente mayor en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), respecto a los otros dos biotopos. En Invierno 2 (I-2), la riqueza no presentó diferencias significativas entre los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 3.05$ ,  $p = 0.22$ ). Por último, en Verano 2 (V-2) si bien se observaron mayores valores de riqueza en AP y C respecto a AS, estos no fueron estadísticamente significativos (Kruskal-Wallis:  $H = 5.34$ ,  $p = 0.07$ ) (Figura 16 A).

En cuanto al análisis de la variación de la diversidad de Shannon ( $H'$ ), se observaron diferencias significativas en la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 17.39$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose una disminución no significativa de la diversidad en V-1 respecto a I-1 (U de Mann-Whitney:  $p = 0.26$ ) para después incrementarse significativamente en I-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y volver a disminuir en V-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En la comunidad asociada al sustrato subyacente (AS) no se observaron diferencias significativas en la diversidad ( $H'$ ) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 3.57$ ,  $p = 0.31$ ). Por otro lado, se encontraron diferencias significativas en la diversidad ( $H'$ ) de la comunidad asociada al sustrato adyacente (C) (Kruskal-Wallis:  $H = 16.64$ ,  $p < 0.01$ ), observándose que la diversidad disminuye significativamente en V-1 respecto a I-1 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), para luego incrementarse de forma significativa en I-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) tendencia que continua obteniéndose en V-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) (Figura 16 C).

La variación de la diversidad de los biotopos en cada temporada fue analizada, encontrándose que en Invierno 1 (I-1) no se observaron diferencias significativas entre los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 3.44$ ,  $p = 0.18$ ). En Verano 1 (V-1) se hallaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 11.55$ ,  $p < 0.01$ ), observándose que la diversidad fue significativamente menor en C que en AP y AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Invierno 2 (I-2), la diversidad presentó diferencias significativas entre los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 9.32$ ,  $p < 0.01$ ), con el mismo patrón encontrado en V-1 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). Por último, en Verano

2 (V-2) no se observaron diferencias significativas en la diversidad entre los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 5.42$ ,  $p = 0.07$ ) (Figura 16 C).

Se observaron diferencias significativas en la dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) de la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 21.55$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose una disminución no significativa de la dominancia en V-1 respecto a I-1 (U de Mann-Whitney:  $p = 0.20$ ) para después incrementarse significativamente en I-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) y luego disminuir significativamente en V-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En la comunidad asociada al sustrato subyacente (AS) no se observaron diferencias significativas en la dominancia ( $\lambda$ ) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 4.28$ ,  $p = 0.23$ ). Por otro lado, se encontraron diferencias significativas en la dominancia ( $\lambda$ ) de la comunidad asociada al sustrato adyacente (C) (Kruskal-Wallis:  $H = 14.99$ ,  $p < 0.01$ ), observándose que la dominancia ( $\lambda$ ) aumenta significativamente en V-1 respecto a I-1 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), para luego seguir incrementándose en I-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) y finalmente disminuir en V-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ) (Figura 16 D).

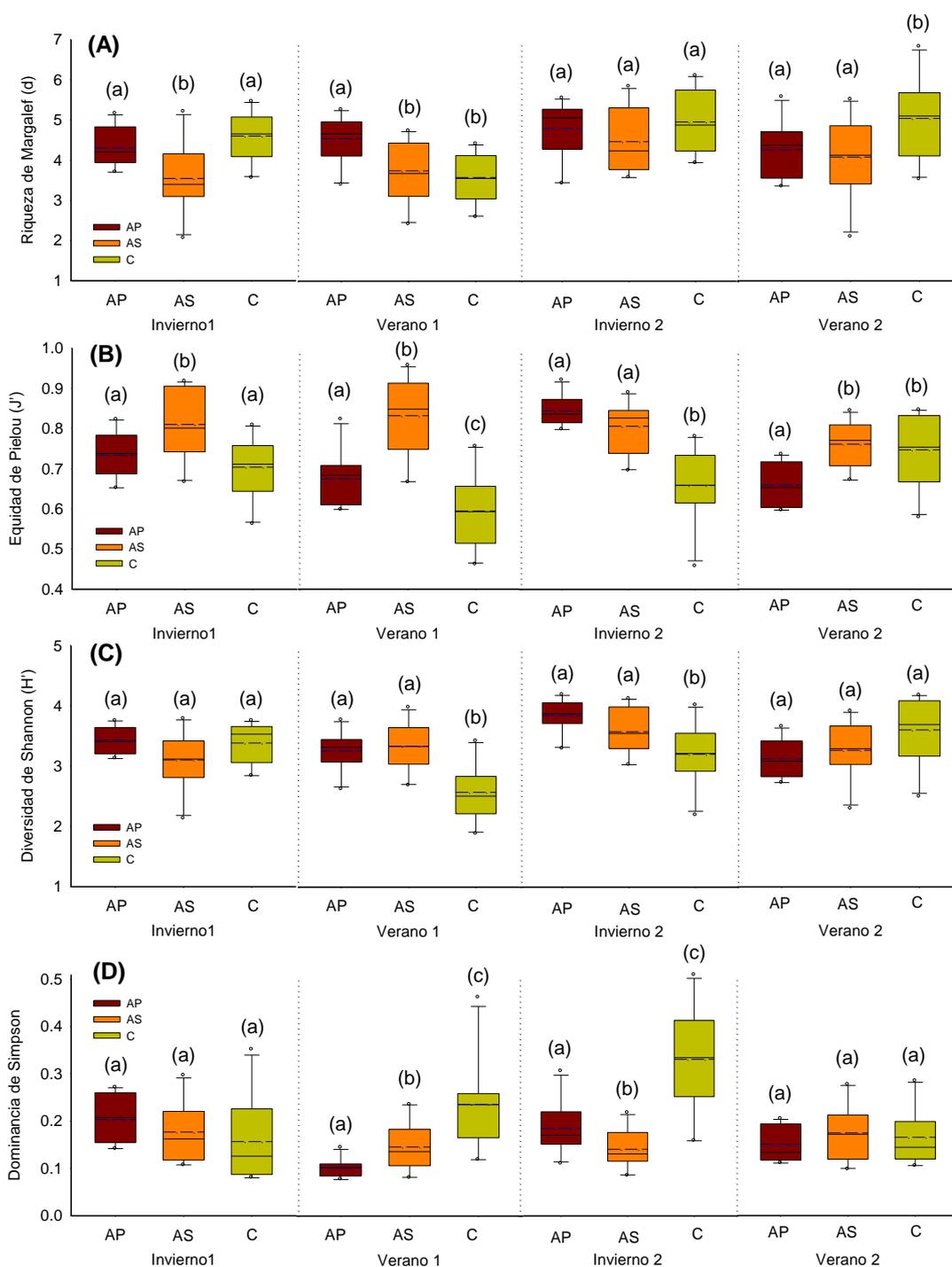
Respecto a la variación de la dominancia de los biotopos en cada temporada: En Invierno 1 (I-1) no se observaron diferencias significativas entre los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 0.67$ ,  $p = 0.74$ ). En Verano 1 (V-1) se encontraron diferencias significativas entre los tres biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 15.09$ ,  $p < 0.01$ ), observándose que la dominancia fue significativamente mayor en C que en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), a su vez la dominancia en AS resultó significativamente mayor a la dominancia en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ). En Invierno 2 (I-2), la dominancia presentó diferencias significativas entre los biotopos (Kruskal-

Wallis:  $H = 16.11$ ,  $p < 0.01$ ), observándose que la dominancia fue significativamente menor en AS que en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), a su vez la dominancia en AP resultó significativamente menor a la dominancia en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ). Por último, en Verano 2 (V-2) no se observaron diferencias significativas en la diversidad entre los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 3.58$ ,  $p = 0.17$ ) (Figura 16 D).

Por último, se observaron diferencias significativas en la equidad de Pielou (J') de la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 22.19$ ,  $p < 0.01$ ), encontrándose una equidad significativamente mayor en I-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En la comunidad asociada al sustrato subyacente (AS) no se observaron diferencias significativas en la equidad (J') durante el periodo de estudio (Kruskal-Wallis:  $H = 3.87$ ,  $p = 0.28$ ). Por otro lado, se encontraron diferencias significativas en la equidad (J') de la comunidad asociada al sustrato adyacente (C) (Kruskal-Wallis:  $H = 11.40$ ,  $p < 0.05$ ), encontrándose una disminución de la equidad entre I-1 y V-1 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ), la cual se incrementa en I-2 y continúa incrementándose significativamente entre I-2 y V-2 (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) (Figura 16 B).

En cuanto al análisis en cada temporada: En Invierno 1 (I-1) se observaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 7.14$ ,  $p < 0.05$ ), encontrándose una mayor equidad (J') en AS (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ). En Verano 1 (V-1) se encontraron diferencias significativas en los tres biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 15.98$ ,  $p < 0.01$ ), observándose que la equidad fue significativamente mayor en AS que en AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), a su vez la equidad en AP resultó significativamente mayor a la equidad en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.05$ ). En Invierno 2 (I-

2), la equidad presentó diferencias significativas entre los biotopos (Kruskal-Wallis:  $H = 17.01$ ,  $p < 0.01$ ), con un menor valor de equidad en C (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ) respecto a los demás biotopos. Por último, en Verano 2 (V-2) se observaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis:  $H = 8.49$ ,  $p < 0.05$ ) en los biotopos, encontrándose un valor significativamente menor en la equidad de la comunidad de AP (U de Mann-Whitney:  $p < 0.01$ ), respecto a los demás biotopos (Figura 16 B).

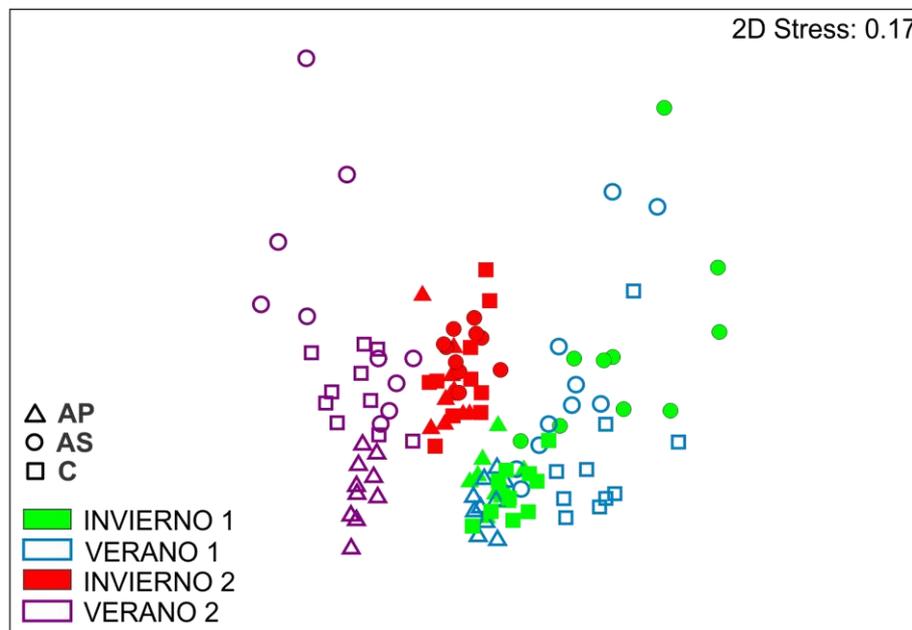


**Figura 16** Riqueza de Margalef (A), Equidad de Pielou (B), Diversidad de Shannon (C) y Dominancia de Simpson (D) de las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente al parche (AS) y al sustrato adyacente al parche (C) en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2 y Verano 2). Las líneas negras al interior de la caja representan la mediana, las líneas azules discontinuas representan la media, los bordes de las cajas los percentiles 25 y 75 y los bigotes el 1<sup>er</sup> y 99<sup>no</sup> percentil. Donde (a), (b) y (c) representan los grupos diferenciados estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

## 7.5.5 Análisis multivariados

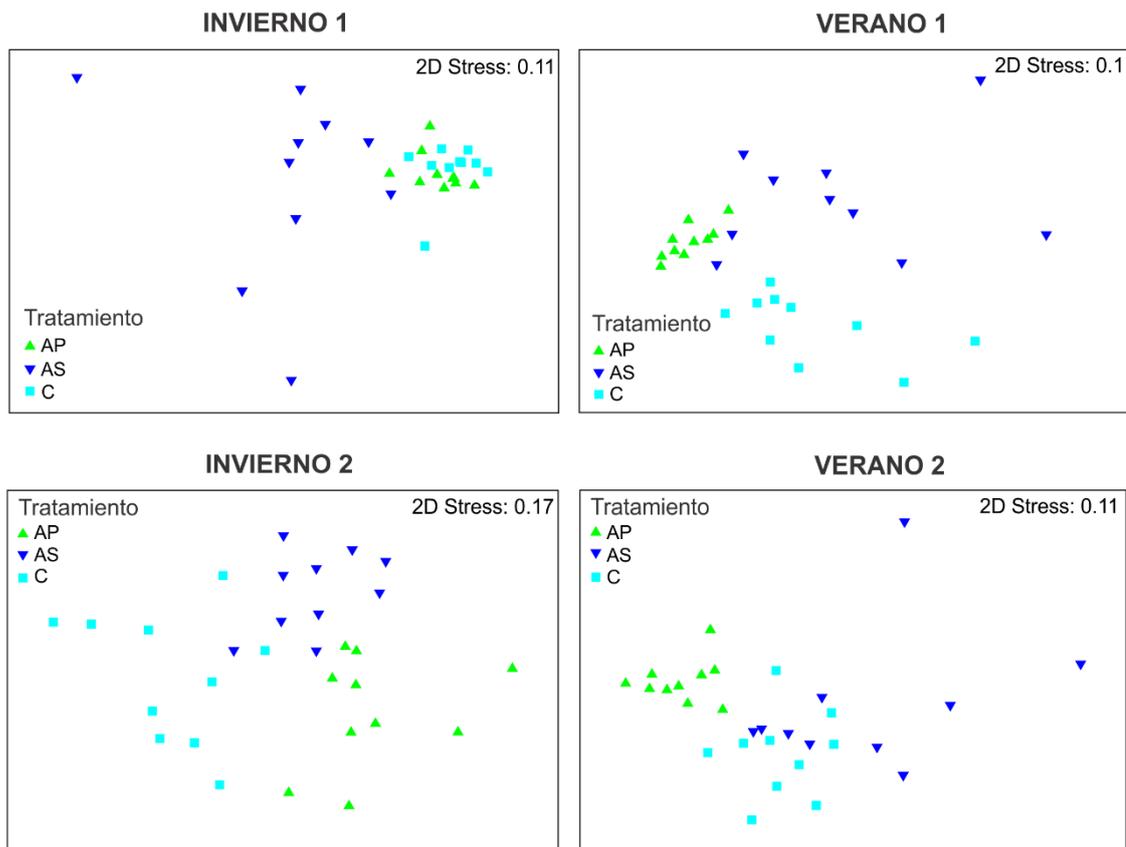
### 7.5.5.1 Análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional (MDS)

El análisis MDS basado en la matriz de similaridad de Bray Curtis aplicado a los valores de abundancia transformados a la raíz cuadrada, muestra el ordenamiento de las muestras a través de los dos factores de interés: Biotopo (AP, AS y C) y estaciones (Invierno 1, verano 1, invierno 2 y verano 2), permitiendo diferenciar notoriamente las comunidades de invertebrados macrobentónicos de las 4 estaciones de estudio, mientras que en cada estación se observa diferencias, no tan marcadas, entre las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociadas a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C). En el caso del Verano 2 las diferencias no se aprecian claramente. (Figura 17)



**Figura 17** Análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional (MDS), basado en la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados registradas en los filamentos de *Ch. crassa* (AP), el sustrato subyacente al parche (AS) y el sustrato adyacente al parche (C), en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2, Verano 2). Nivel de estrés útil de 0.17.

Para una mejor visualización se realizaron análisis MDS de los distintos niveles de cada factor de interés. Los análisis MDS muestran claras diferencias entre las comunidades de los tres biotopos, resaltando el marcado agrupamiento de las muestras de la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* debido a una elevada similitud entre ellas, en cada estación.

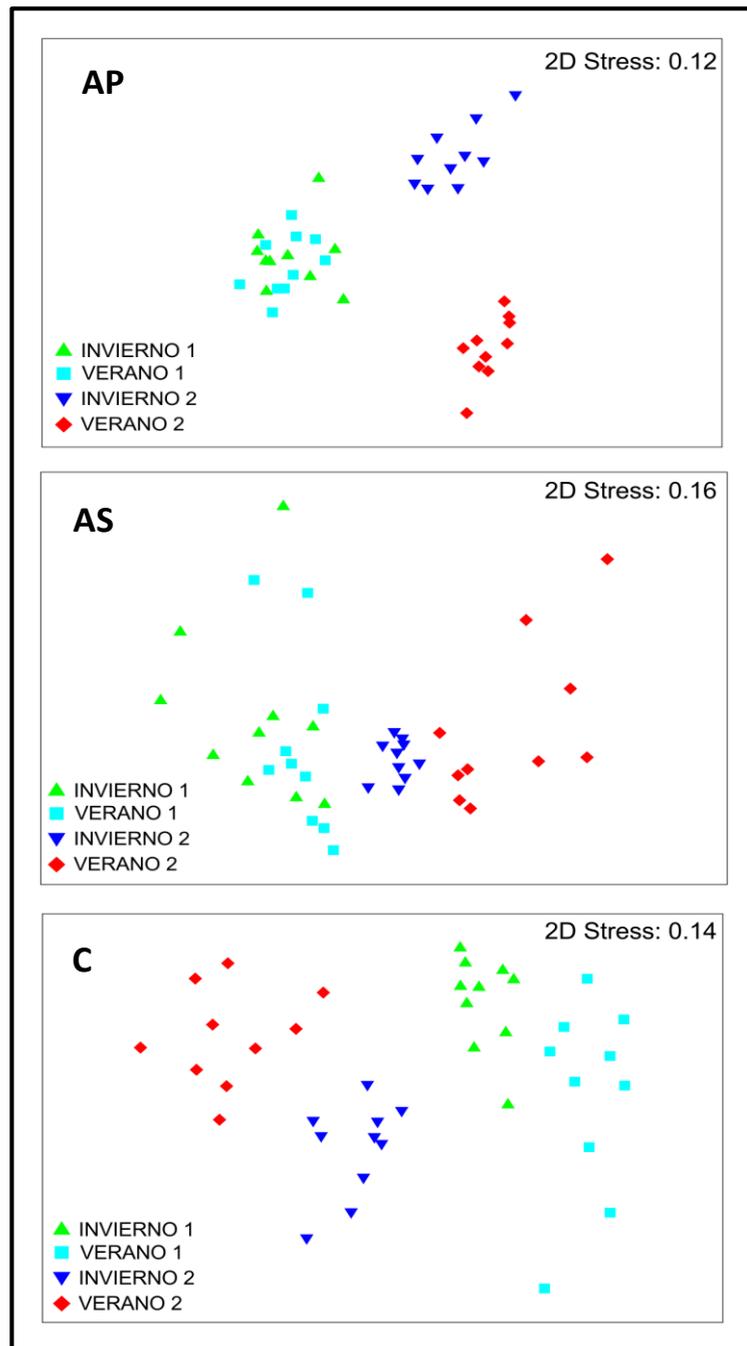


**Figura 18** Análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional (MDS), basado en la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados de los filamentos de *Ch. crassa* (AP), el sustrato subyacente al parche (AS) y el sustrato adyacente al parche (C) registradas en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2, Verano 2).

Los análisis MDS realizados para cada biotopo muestran claras diferencias entre las comunidades de AP, AS y C a lo largo de las distintas estaciones de estudio (I-1, V-1, I-2 y V-2), resaltando que las diferencias entre las comunidades de los biotopos AP, AS y C del Invierno 1 y Verano 1, no fueron tan claramente definidas (Figura 18).

Además se puede observar que las comunidades asociadas a los parches de *Ch. crassa* de cada estación poseen mayor similitud que las comunidades asociadas a los

sustratos subyacentes y adyacentes. Y que las comunidades asociadas al sustrato subyacente al parche son menos similares dentro de cada estación (Figura 19).



**Figura 19** Análisis de ordenamiento de escalamiento multidimensional (MDS), basado en la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo (Invierno 1, Verano 1, Invierno 2, Verano 2) registradas en los filamentos de *Ch. crassa* (AP), el sustrato subyacente al parche (AS) y el sustrato adyacente al parche (C).

### 7.5.5.2 Análisis de varianza multivariado basado en permutaciones (PERMANOVA)

El análisis PERMANOVA de dos vías cruzado, mostró que las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociados los filamentos de *Ch. crassa*, al sustrato subyacente y al sustrato adyacente se diferenciaron significativamente (PERMANOVA,  $P(\text{perm}) < 0.01$ ). Asimismo se encontraron diferencias significativas entre las comunidades de invertebrados macrobentónicos en las temporadas de estudio (PERMANOVA,  $P(\text{perm}) < 0.01$ ). De igual forma se observa que la interacción de ambos factores explica la diferenciación de las comunidades de invertebrados macrobentónicos (PERMANOVA,  $P(\text{perm}) < 0.01$ ). Las diferencias fueron producidas por los cambios en el biotopo a lo largo de las distintas estaciones de muestreo (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resumen del análisis PERMANOVA de dos vías cruzado basado en la similaridad de Bray curtis con los valores de abundancia de la comunidad de invertebrados macrobentónicos. (Factor 1: Estación, Facto 2: Biotopo e interacción EsxBi: Estación por Biotopo). \*:  $P(\text{perm}) < 0.01$ .

Análisis Global (PERMANOVA)				
Fuente de variación	gl	Pseudo-F	P(perm)	perms
Estación *	3	22.333	0.001	995
Biotopo *	2	13.965	0.001	998
EsxBi *	6	4.548	0.001	998
Res	108			
Total	119			

Las pruebas pareadas entre los biotopos en cada estación muestran diferencias significativas entre la comunidad de invertebrados macrobentónicos asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP), comunidad de invertebrados macrobentónicos asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* (AS) y la

comunidad de invertebrados macrobentónicos asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en las cuatro estaciones de muestreo (PERMANOVA,  $P(\text{perm}) < 0.01$ ), exceptuando a las comunidades de AS y C en el verano 2 que también mostró diferencias significativas aunque con un menor nivel de significancia (PERMANOVA,  $P(\text{perm}) < 0.05$ ) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Comparaciones pareadas (PERMANOVA) entre los biotopos a lo largo del factor estación. AP: Comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa*, AS: Comunidad asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* y C: Comunidad asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa*. \*:  $P(\text{perm}) < 0.01$ , \*\*:  $P(\text{perm}) < 0.05$ .

<b>Invierno 1</b>				
Pair-wise test	t	P(perm)	perms	P(MC)
AP vs AS *	2.6877	0.001	994	0.001
AP vs C *	1.985	0.001	992	0.005
AS vs C *	2.8023	0.001	993	0.001
<b>Verano 1</b>				
Pair-wise test	t	P(perm)	perms	P(MC)
AP vs AS *	2.7078	0.001	990	0.001
AP vs C *	3.407	0.001	992	0.001
AS vs C *	2.0324	0.001	992	0.002
<b>Invierno 2</b>				
Pair-wise test	t	P(perm)	perms	P(MC)
AP vs AS *	2.0875	0.001	996	0.001
AP vs C *	2.5857	0.001	996	0.001
AS vs C *	2.5423	0.001	994	0.001
<b>Verano 2</b>				
Pair-wise test	t	P(perm)	perms	P(MC)
AP vs AS *	3.3656	0.001	996	0.001
AP vs C *	3.3216	0.001	989	0.001
AS vs C **	1.5665	0.016	992	0.036

En cuanto a las comparaciones pareadas de cada biotopo a lo largo del factor estación se encontró que las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociadas a los filamentos de *Ch. crassa* muestran diferencias significativas (PERMANOVA,  $P(\text{perm}) < 0.01$ ) a lo largo de todas las estaciones. Las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociadas al sustrato subyacente

al parche de *Ch. crassa* muestran diferencias significativas (PERMANOVA,  $P(\text{perm}) < 0.01$ ) a lo largo de casi todas las estaciones, exceptuando las comunidades analizadas en I-1 y V-1 cuyas disimilaridades no fueron estadísticamente significativas. Las comunidades de invertebrados macrobentónicos asociadas al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* muestran diferencias significativas (PERMANOVA,  $P(\text{perm}) < 0.01$ ) a lo largo de todas las estaciones. (Tabla 7).

**Tabla 7.** Comparaciones pareadas (PERMANOVA) de cada biotopo (AP, AS y C) a lo largo del factor estación. I-1: Invierno 1, V-1; Verano 1, I-2: Invierno 2, V-2: Verano 2. . \*:  $P(\text{perm}) < 0.01$ .

<b>Comunidad asociada a los filamentos de <i>Ch. crassa</i></b>				
Pair-wise test	t	P(perm)	perms	P(MC)
I-1 vs V-1 *	2.6448	0.001	992	0.001
I-1 vs I-2 *	3.7507	0.001	991	0.001
I-1 vs V-2 *	4.7977	0.001	994	0.001
V-1 vs I-2 *	3.8514	0.001	993	0.001
V-1 vs V-2 *	5.0309	0.001	994	0.001
I-2 vs V-2 *	3.9429	0.001	994	0.001
<b>Comunidad asociada al sustrato subyacente al parche de <i>Ch. crassa</i></b>				
Pair-wise test	t	P(perm)	perms	P(MC)
I-1 vs V-1	1.1608	0.163	991	0.216
I-1 vs I-2 *	2.9	0.001	996	0.001
I-1 vs V-2 *	2.8415	0.001	989	0.001
V-1 vs I-2 *	2.5893	0.001	992	0.001
V-1 vs V-2 *	2.8409	0.001	991	0.001
I-2 vs V-2 *	2.8195	0.001	996	0.001
<b>Comunidad asociada al sustrato adyacente al parche de <i>Ch. crassa</i></b>				
Pair-wise test	t	P(perm)	perms	P(MC)
I-1 vs V-1 *	2.999	0.001	992	0.001
I-1 vs I-2 *	3.8706	0.001	996	0.001
I-1 vs V-2 *	4.158	0.001	992	0.001
V-1 vs I-2 *	3.6522	0.001	991	0.001
V-1 vs V-2 *	3.9466	0.001	992	0.001
I-2 vs V-2 *	3.0514	0.001	991	0.001

### 7.5.5.3 Análisis de similitud de porcentajes (SIMPER)

En los filamentos que conforman los parches de *Ch. crassa* (AP), los taxa con mayores contribuciones a la similitud a lo largo de todo el periodo de estudio fueron *O. kroeyeri*, *M. buccinoides*, *A. chilensis* y *Gammaropsis* sp. quienes en conjunto contribuyeron al 35.61 % de la similitud de AP como resultado de su dominancia en la abundancia de las muestras de AP (Tabla 8).

En el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* (AS), el análisis SIMPER reveló que los taxa *D. chilensis*, *M. buccinoides*, *O. kroeyeri*, *A. chilensis* y *M. branchiferus* explicaron el 44.52 % de la similitud en AS (Tabla 9).

En el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* (C), los taxa con mayores contribuciones a la similitud fueron *O. kroeyeri*, *D. chilensis*, *Gammaropsis* sp. *M. buccinoides*, explicando el 29.23 % de la similitud en C (Tabla 10).

**Tabla 8.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa*. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	6.12	10.24	10.24
<i>Mitrella buccinoides</i>	5.14	8.85	19.08
<i>Anthothoe chilensis</i>	5.82	8.27	27.35
<i>Gammaropsis</i> sp.	5.46	8.26	35.61
<i>Crepipatella dilatata</i>	4.4	7.27	42.88
<i>Erichthonius punctatus</i>	4.93	6.51	49.39
<i>Pagurus villosus</i>	3.3	5.67	55.06
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.02	4.64	59.7
<i>Alia unifasciata</i>	2.64	4.48	64.18
<i>Eurypanopeus transversus</i>	2.57	3.82	68

Tabla 9. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa*. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Diopatra chiliensis</i>	2.98	12.13	12.13
<i>Mitrella buccinoides</i>	2.76	9.96	22.09
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	2.36	7.59	29.68
<i>Anthothoe chilensis</i>	2.52	7.45	37.13
<i>Mediomastus branchiferus</i>	2.36	7.39	44.52
<i>Crepidatella dilatata</i>	1.54	4.28	48.8
<i>Eurypanopeus transversus</i>	1.29	4.21	53.01
<i>Alia unifasciata</i>	1.26	3.85	56.85
Oligochaeta	1.14	3.58	60.43
<i>Owenia collaris</i>	1.54	3.36	63.79
<i>Tegula luctuosa</i>	1.10	3.26	67.05

Tabla 10. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa*. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	5.7	11.18	11.18
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.82	6.59	17.77
<i>Gammaropsis</i> sp.	2.99	5.79	23.57
<i>Mitrella buccinoides</i>	3.37	5.66	29.23
<i>Crepidatella dilatata</i>	3.87	5.48	34.71
<i>Anthothoe chilensis</i>	3.1	5.32	40.03
<i>Mediomastus branchiferus</i>	3.52	5	45.03
<i>Pagurus villosus</i>	2.15	4.2	49.23
<i>Caulleriella</i> sp.	2.42	4.15	53.37
<i>Eurypanopeus transversus</i>	2.16	4.11	57.49
Oligochaeta	2.73	4.02	61.5
<i>Erichthonius punctatus</i>	2.3	3.67	65.17
<i>Nassarius dentifer</i>	2.07	3.53	68.7

En cuanto a las diferencias entre biotopos, los taxa *A. chilensis*, *Gammaropsis* sp., *O. kroeyeri*, *E. punctatus* y *C. dilatata* explicaron conjuntamente el 29.83 % de la disimilaridad entre AP y AS, debido a las mayores abundancias medias de estos taxa en AP (Tabla 11).

Las diferencias entre AP y C fueron explicadas principalmente por las especies *E. punctatus*, *C. dilatata*, *A. chilensis*, *Gammaropsis* sp. y *M. branchiferus* quienes conjuntamente contribuyeron al 25.05 % de la disimilaridad, debido a una mayor abundancia media de los cuatro primeros taxa en AP, mientras que *M. branchiferus* presentó mayor abundancia media en C (Tabla 12).

Por último la comparación entre AS y C reveló que *O. kroeyeri*, *C. dilatata*, *M. branchiferus*, *Cauleriella* sp. y *Oligochaeta* contribuyeron conjuntamente al 25.9 % de la disimilaridad entre AS y C, debido a una mayor abundancia promedio de estos taxa en C (Tabla 13).

**Tabla 11.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS). Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. AS	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Anthothoe chilensis</i>	5.82	2.52	3.57	6.34	6.34
<i>Gammaropsis</i> sp.	5.46	1.56	3.54	6.28	12.63
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	6.12	2.36	3.5	6.21	18.84
<i>Erichthonius punctatus</i>	4.93	1.15	3.44	6.1	24.94
<i>Crepidatella dilatata</i>	4.4	1.54	2.75	4.89	29.83
<i>Mitrella buccinoides</i>	5.14	2.76	2.39	4.25	34.08
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.02	2.98	2.11	3.75	37.83
<i>Pagurus villosus</i>	3.3	1.15	2.07	3.67	41.5
<i>Mediomastus branchiferus</i>	0.85	2.36	1.72	3.06	44.55
<i>Caprella scaura</i>	2.31	0.39	1.71	3.03	47.58
<i>Eurypanopeus transversus</i>	2.57	1.29	1.45	2.58	50.16
<i>Alia unifasciata</i>	2.64	1.26	1.35	2.4	52.57
<i>Tegula luctuosa</i>	2.09	1	1.33	2.36	54.92
<i>Nereis callaona</i>	1.84	0.54	1.32	2.34	57.27
<i>Nassarius dentifer</i>	1.69	1.36	1.17	2.07	59.34
Oligochaeta	1.27	1.14	1.1	1.96	61.3
<i>Platynereis australis</i>	1.28	0.48	1.05	1.87	63.17
<i>Owenia collaris</i>	0.11	1.54	1.04	1.84	65.01
<i>Elasmopus</i> sp.	1.26	0.39	1.02	1.81	66.81

**Tabla 12.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C). Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Erichthonius punctatus</i>	4.93	2.3	2.68	5.47	5.47
<i>Crepidatella dilatata</i>	4.4	3.87	2.42	4.93	10.41
<i>Anthothoe chilensis</i>	5.82	3.1	2.41	4.92	15.32
<i>Gammaropsis</i> sp.	5.46	2.99	2.4	4.9	20.22
<i>Mediomastus branchiferus</i>	0.85	3.52	2.37	4.83	25.05
<i>Mitrella buccinoides</i>	5.14	3.37	1.91	3.9	28.95
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	6.12	5.7	1.85	3.78	32.73
Oligochaeta	1.27	2.73	1.85	3.77	36.51
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.02	3.82	1.63	3.33	39.83
<i>Caulleriella</i> sp.	0.42	2.42	1.62	3.31	43.15
<i>Owenia collaris</i>	0.11	1.96	1.24	2.54	45.68
<i>Alia unifasciata</i>	2.64	1.46	1.16	2.37	48.06
<i>Caprella scaura</i>	2.31	0.64	1.16	2.36	50.42
<i>Pagurus villosus</i>	3.3	2.15	1.04	2.13	52.55
<i>Tegula luctuosa</i>	2.09	1.11	0.92	1.87	54.42
<i>Nassarius dentifer</i>	1.69	2.07	0.91	1.85	56.27
<i>Eurypanopeus transversus</i>	2.57	2.16	0.88	1.79	58.06
<i>Elasmopus</i> sp.	1.26	0.53	0.86	1.77	59.83
<i>Glycera americana</i>	0.5	1.35	0.83	1.69	61.52
Hesionidae	1.21	1.25	0.8	1.63	63.14
<i>Nereis callaona</i>	1.84	1.62	0.78	1.6	64.75
<i>Platynereis australis</i>	1.28	0.53	0.78	1.59	66.34
<i>Cumingia mutica</i>	0.7	1.51	0.77	1.57	67.9
Nemertea	1.07	1.25	0.72	1.46	69.37

**Tabla 13.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa*. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AS	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	2.36	5.7	3.92	7.06	7.06
<i>Crepidatella dilatata</i>	1.54	3.87	3.24	5.84	12.89
<i>Mediomastus branchiferus</i>	2.36	3.52	2.44	4.4	17.29
<i>Caulleriella</i> sp.	0.57	2.42	2.41	4.34	21.63
Oligochaeta	1.14	2.73	2.37	4.27	25.9
<i>Mitrella buccinoides</i>	2.76	3.37	2.33	4.2	30.1
<i>Diopatra chiliensis</i>	2.98	3.82	2.19	3.94	34.04
<i>Anthothoe chilensis</i>	2.52	3.1	2.11	3.8	37.84
<i>Gammaropsis</i> sp.	1.56	2.99	1.98	3.57	41.41
<i>Erichthonius punctatus</i>	1.15	2.3	1.86	3.36	44.77
<i>Nassarius dentifer</i>	1.36	2.07	1.51	2.72	47.49
<i>Eurypanopeus transversus</i>	1.29	2.16	1.41	2.54	50.03
<i>Nereis callaona</i>	0.54	1.62	1.33	2.4	52.43
<i>Pagurus villosus</i>	1.15	2.15	1.29	2.33	54.76
<i>Owenia collaris</i>	1.54	1.96	1.17	2.12	56.88
Hesionidae	0.58	1.25	1.11	1.99	58.87
<i>Steggoa magalaensis</i>	0.18	1.05	1	1.81	60.67
<i>Alia unifasciata</i>	1.26	1.46	0.92	1.66	62.34
<i>Glycera americana</i>	0.76	1.35	0.92	1.65	63.99
<i>Sthenelais helenae</i>	0.27	0.91	0.88	1.59	65.58
Nemertea	1.09	1.25	0.85	1.54	67.12
<i>Cumingia mutica</i>	0.99	1.51	0.84	1.51	68.63
<i>Odontosyllis liniata</i>	0.22	0.87	0.71	1.27	69.91

El análisis SIMPER realizado para evaluar la similaridad dentro de cada Biotopo y la disimilaridad entre biotopos en la estación Invierno 1 reveló lo siguiente:

En los filamentos que conforman los parches de *Ch. crassa* (AP), los taxa con mayores contribuciones a la similaridad fueron *A. chilensis*, *D. chilensis*, *O. kroeyeri*, *C. dilatata*, *M. buccinoides* y *E. punctatus* quienes en conjunto contribuyeron al 55.13 % de la similitud de AP como resultado de su elevada abundancia media en AP (Tabla 14).

En el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* (AS), el análisis SIMPER reveló que los taxa *D. chilensis*, *A. chilensis*, *Oligochaeta*, *O. kroeyeri* y *M. buccinoides* explicaron el 64.4 % de la similitud debido a su elevada abundancia media en AS (Tabla 15).

En el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* (C), los taxa con mayores contribuciones a la similaridad fueron *C. dilatata*, *O. kroeyeri*, *M. buccinoides*, *A. chilensis* y *D. chilensis* explicando el 50.78 % de la similitud en C (Tabla 16).

En cuanto a las diferencias entre biotopos, los taxa *A. chilensis*, *C. dilatata*, *E. punctatus*, *O. kroeyeri*, y *M. buccinoides* explicaron conjuntamente el 35.76 % de la disimilaridad entre AP y AS, debido a las mayores abundancias medias de estos taxa en AP (Tabla 17).

Las diferencias entre AP y C fueron explicadas principalmente por las especies *C. dilatata*, *A. chilensis*, *D. chilensis*, *Cauleriella* sp. y *O. kroeyeri* quienes conjuntamente contribuyeron al 30.36 % de la disimilaridad, debido a una mayor abundancia media de casi todos los taxa en C, exceptuando *A. chilensis* quien presentó mayor abundancia media en AP (Tabla 18).

Por último la comparación entre AS y C reveló que *C. dilatata*, *O. kroeyeri*, *M. buccinoides*, *D. chilensis* y *E. punctatus* contribuyeron conjuntamente al 37.46 % de la disimilaridad entre AS y C, debido a una mayor abundancia promedio de estos taxa en el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* (C) (Tabla 19).

**Tabla 14.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* en el Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Anthothoe chilensis</i>	9.97	15.73	15.73
<i>Diopatra chiliensis</i>	5.41	8.85	24.58
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	5.35	8.71	33.29
<i>Crepipatella dilatata</i>	6.03	8.37	41.65
<i>Mitrella buccinoides</i>	4.83	7.73	49.38
<i>Ericthonius punctatus</i>	3.72	5.75	55.13
<i>Pagurus villosus</i>	3.08	5.17	60.3
<i>Eurypanopeus transversus</i>	3.2	4.94	65.24
<i>Caprella scaura</i>	3.17	4.07	69.31

**Tabla 15.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Diopatra chiliensis</i>	2.58	20.12	20.12
<i>Anthothoe chilensis</i>	3.31	16.15	36.27
Oligochaeta	2.38	9.68	45.95
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	2.02	9.55	55.5
<i>Mitrella buccinoides</i>	1.68	8.9	64.4
<i>Eurypanopeus transversus</i>	1.07	4.6	69.01

**Tabla 16.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Crepidatella dilatata</i>	11.1	14.13	14.13
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	6.82	10.8	24.93
<i>Mitrella buccinoides</i>	6.14	9.27	34.2
<i>Anthothoe chilensis</i>	6.06	9	43.2
<i>Diopatra chiliensis</i>	5.87	7.58	50.78
<i>Eurypanopeus transversus</i>	3.16	4.82	55.6
<i>Nereis callaona</i>	3.02	4.47	60.07
Hesionidae	3.25	4.4	64.47

**Tabla 17.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilitud promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS) en el Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilitud promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilitud media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. AS	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Anthothoe chilensis</i>	9.97	3.31	6.69	10.88	10.88
<i>Crepidatella dilatata</i>	6.03	1.16	4.8	7.81	18.69
<i>Erichthonius punctatus</i>	3.72	0.82	3.79	6.16	24.85
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	5.35	2.02	3.51	5.71	30.56
<i>Mitrella buccinoides</i>	4.83	1.68	3.19	5.2	35.76
<i>Diopatra chiliensis</i>	5.41	2.58	2.82	4.59	40.34
<i>Pagurus villosus</i>	3.08	0.51	2.62	4.26	44.6
<i>Caprella scaura</i>	3.17	0.58	2.51	4.08	48.69
<i>Gammaropsis</i> sp.	2.64	0.24	2.41	3.92	52.6
Oligochaeta	2.75	2.38	2.31	3.75	56.36
<i>Eurypanopeus transversus</i>	3.2	1.07	2.24	3.65	60
Hesionidae	2.25	0.78	1.5	2.44	62.45
<i>Nereis callaona</i>	2.15	0.79	1.45	2.36	64.8
<i>Alia unifasciata</i>	1.56	0.47	1.31	2.13	66.93
<i>Tegula luctuosa</i>	1.14	0	1.22	1.99	68.92

**Tabla 18.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C) en Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Crepidatella dilatata</i>	6.03	11.1	3.96	10.92	10.92
<i>Anthothoe chilensis</i>	9.97	6.06	2.77	7.66	18.57
<i>Diopatra chilensis</i>	5.41	5.87	1.56	4.29	22.86
<i>Caulleriella</i> sp.	1.19	2.7	1.43	3.94	26.8
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	5.35	6.82	1.29	3.56	30.36
<i>Mitrella buccinoides</i>	4.83	6.14	1.29	3.55	33.9
<i>Erichthonius punctatus</i>	3.72	3.48	1.26	3.48	37.38
<i>Caprella scaura</i>	3.17	1.37	1.24	3.42	40.8
Oligochaeta	2.75	2.75	1.22	3.36	44.16
Hesionidae	2.25	3.25	1.16	3.2	47.36
<i>Mediomastus branchiferus</i>	0	1.49	1.05	2.9	50.26
<i>Pagurus villosus</i>	3.08	1.92	0.98	2.71	52.97
<i>Alia unifasciata</i>	1.56	1.17	0.95	2.62	55.59
<i>Gammaropsis</i> sp.	2.64	1.9	0.9	2.49	58.07
<i>Nassarius dentifer</i>	1.44	2.27	0.79	2.18	60.25
<i>Elasmopus</i> sp.	1.12	0.75	0.72	1.99	62.25
<i>Eurypanopeus transversus</i>	3.2	3.16	0.71	1.97	64.21
<i>Tegula luctuosa</i>	1.14	0.31	0.7	1.93	66.15
<i>Nereis callaona</i>	2.15	3.02	0.67	1.86	68
Nemertea	1.26	1.49	0.64	1.78	69.78

**Tabla 19.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa* en Invierno 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AS	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Crepidatella dilatata</i>	1.16	11.1	8.86	13.92	13.92
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	2.02	6.82	4.44	6.98	20.89
<i>Mitrella buccinoides</i>	1.68	6.14	4.08	6.4	27.29
<i>Diopatra chiliensis</i>	2.58	5.87	3.44	5.41	32.7
<i>Ericthonius punctatus</i>	0.82	3.48	3.03	4.76	37.46
<i>Anthothoe chilensis</i>	3.31	6.06	3.01	4.73	42.19
Hesionidae	0.78	3.25	2.34	3.68	45.87
<i>Caulleriella</i> sp.	0.54	2.7	2.2	3.46	49.33
<i>Nereis callaona</i>	0.79	3.02	2.06	3.23	52.56
Oligochaeta	2.38	2.75	1.94	3.05	55.6
<i>Eurypanopeus transversus</i>	1.07	3.16	1.93	3.02	58.63
<i>Gammaropsis</i> sp.	0.24	1.9	1.53	2.4	61.02
<i>Mediomastus branchiferus</i>	0.4	1.49	1.44	2.25	63.28
<i>Odontosyllis liniata</i>	0.38	1.82	1.4	2.2	65.48
<i>Pagurus villosus</i>	0.51	1.92	1.38	2.16	67.64
<i>Nassarius dentifer</i>	0.95	2.27	1.34	2.1	69.74

El análisis SIMPER realizado en la estación Verano 1 reveló que en los filamentos que conforman los parches de *Ch. crassa* (AP), los taxa con mayores contribuciones a la similaridad fueron *O. kroeyeri*, *A. chilensis*, *M. buccinoides*, *E. transversus*, *Gammaropsis* sp. quienes en conjunto contribuyeron al 52.32 % de la similitud de AP como resultado de su elevada abundancia media en AP (Tabla 20).

En el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* (AS), el análisis SIMPER reveló que los taxa *O. kroeyeri*, *D. chilensis*, *A. chilensis*, *E. transversus* y *M. buccinoides* explicaron el 60.63 % de la similitud debido a su elevada abundancia media en AS (Tabla 21).

En el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* (C), los taxa con mayores contribuciones a la similitud fueron *O. kroeyeri*, *Cauleriella* sp., *E. transversus*, *A. chilensis* y *P. villosus* explicando el 58.5 % de la similitud como resultado de su elevada abundancia promedio en C (Tabla 22).

**Tabla 20.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* en el Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	11.88	15.64	15.64
<i>Anthothoe chilensis</i>	10.04	11.71	27.35
<i>Mitrella buccinoides</i>	6.33	9.28	36.63
<i>Eurypanopeus transversus</i>	5.72	7.87	44.51
<i>Gammaropsis</i> sp.	5.89	7.81	52.32
<i>Crepidatella dilatata</i>	4.94	6.18	58.49
<i>Pagurus villosus</i>	3.76	5.28	63.77
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.85	4.84	68.62

**Tabla 21.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	3.99	13.86	13.86
<i>Diopatra chiliensis</i>	2.97	13.44	27.3
<i>Anthothoe chilensis</i>	4.36	13.36	40.67
<i>Eurypanopeus transversus</i>	3.07	11.17	51.84
<i>Mitrella buccinoides</i>	2.98	8.89	60.73
Oligochaeta	1.95	7.09	67.82

**Tabla 22.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	9.96	24.97	24.97
<i>Cauleriella sp.</i>	4.38	11.93	36.89
<i>Eurypanopeus transversus</i>	3.93	10.17	47.07
<i>Anthothoe chilensis</i>	2.85	6	53.07
<i>Pagurus villosus</i>	1.89	5.44	58.5
<i>Nassarius dentifer</i>	2.04	5.17	63.68
Oligochaeta	2.56	5.1	68.78

En cuanto a las diferencias entre biotopos, los taxa *O. kroeyeri*, *A. chilensis*, *Gammaropsis sp.*, *M. buccinoides* y *C. dilatata* explicaron conjuntamente el 38.84 % de la disimilaridad entre AP y AS, debido que todos estos taxa presentaron elevados valores de abundancia media en AP (Tabla 23).

Las diferencias entre AP y C fueron explicadas principalmente por las especies *A. chilensis*, *Gammaropsis sp.*, *O. kroeyeri*, *Cauleriella sp.* y *C. dilatata* quienes conjuntamente contribuyeron al 34.78 % de la disimilaridad, debido a una mayor abundancia media de *A. chilensis*, *Gammaropsis sp.*, *O. kroeyeri*, y *C. dilatata* en AP, mientras que *Cauleriella sp.* presentó mayor abundancia media en C (Tabla 24).

Por último la comparación entre AS y C reveló que *O. kroeyeri*, *Cauleriella sp.*, *A. chilensis*, *M. buccinoides* y *E. transversus* contribuyeron conjuntamente al 36.96 % de la disimilaridad entre AS y C, debido a una mayor abundancia media de *O. kroeyeri*, *Cauleriella*

sp. y *E. transversus* en AS, mientras que los taxa *A. chilensis*, *M. buccinoides* presentaron mayor abundancia media en C (Tabla 25).

**Tabla 23.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS) en el Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. AS	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	11.88	3.99	6.77	12.1	12.1
<i>Anthothoe chilensis</i>	10.04	4.36	5.24	9.36	21.46
<i>Gammaropsis</i> sp.	5.89	0.74	4.19	7.48	28.94
<i>Mitrella buccinoides</i>	6.33	2.98	3.07	5.49	34.43
<i>Crepipatella dilatata</i>	4.94	2.32	2.47	4.41	38.84
<i>Eurypanopeus transversus</i>	5.72	3.07	2.39	4.27	43.11
<i>Pagurus villosus</i>	3.76	1.23	2.19	3.91	47.02
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.85	2.97	1.47	2.63	49.65
<i>Trophoniella</i> sp.	2.12	0.83	1.45	2.59	52.24
Polynoinae	2.07	0.81	1.37	2.45	54.69
<i>Nereis callaona</i>	1.96	0.3	1.36	2.43	57.13
<i>Caprella scaura</i>	2.08	0.63	1.35	2.42	59.54
<i>Betaeus truncatus</i>	1.93	0.44	1.32	2.37	61.91
<i>Alia unifasciata</i>	1.88	0.34	1.31	2.34	64.25
<i>Erichthonius punctatus</i>	1.95	0.56	1.23	2.2	66.46
Oligochaeta	1.59	1.95	1.15	2.05	68.51

**Tabla 24.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C) en Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Anthothoe chilensis</i>	10.04	2.85	5.16	9.37	9.37
<i>Gammaropsis</i> sp.	5.89	0	4.26	7.73	17.1
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	11.88	9.96	3.59	6.52	23.62
<i>Caulleriella</i> sp.	0.1	4.38	3.23	5.87	29.49
<i>Crepipatella dilatata</i>	4.94	0.84	2.91	5.29	34.78
<i>Mitrella buccinoides</i>	6.33	2.49	2.9	5.26	40.04
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.85	2.54	1.87	3.39	43.43
<i>Eurypanopeus transversus</i>	5.72	3.93	1.61	2.92	46.35
Oligochaeta	1.59	2.56	1.48	2.69	49.04
<i>Pagurus villosus</i>	3.76	1.89	1.46	2.65	51.69
<i>Betaeus truncatus</i>	1.93	0	1.46	2.65	54.34
<i>Trophoniella</i> sp.	2.12	0.27	1.39	2.52	56.86
<i>Alia unifasciata</i>	1.88	0	1.35	2.45	59.31
<i>Caprella scaura</i>	2.08	0.2	1.33	2.42	61.73
<i>Ericthonius punctatus</i>	1.95	0	1.33	2.42	64.15
Polynoinae	2.07	0.81	1.18	2.13	66.28
<i>Steggoa magalaensis</i>	0.3	1.67	1.12	2.03	68.31

**Tabla 25.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa* en Verano 1. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AS	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	3.99	9.96	8.01	13.62	13.62
<i>Caulleriella sp.</i>	0.27	4.38	5.26	8.95	22.57
<i>Anthothoe chilensis</i>	4.36	2.85	3.21	5.46	28.03
<i>Mitrella buccinoides</i>	2.98	2.49	2.72	4.63	32.66
<i>Eurypanopeus transversus</i>	3.07	3.93	2.53	4.3	36.96
Oligochaeta	1.95	2.56	2.46	4.19	41.15
<i>Diopatra chiliensis</i>	2.97	2.54	2.44	4.16	45.31
<i>Crepidatella dilatata</i>	2.32	0.84	2.06	3.5	48.81
<i>Nassarius dentifer</i>	1.13	2.04	1.83	3.1	51.91
<i>Steggoa magalaensis</i>	0.34	1.67	1.78	3.03	54.95
<i>Nereis callaona</i>	0.3	1.68	1.74	2.95	57.9
<i>Pagurus villosus</i>	1.23	1.89	1.32	2.25	60.15
<i>Mediomastus branchiferus</i>	0.94	0.41	1.27	2.16	62.31
<i>Sthenelais helenae</i>	0.61	1.31	1.22	2.08	64.39
Polynoinae	0.81	0.81	1.13	1.92	66.31
Nemertea	1.39	1.36	1.07	1.82	68.13
<i>Glycera americana</i>	0.63	0.67	0.93	1.58	69.7

El análisis SIMPER realizado para la estación Invierno 2 reveló que en los filamentos que conforman los parches de *Ch. crassa* (AP), los taxa con mayores contribuciones a la similaridad fueron *O. kroeyeri*, *M. buccinoides*, *Gammaropsis sp.*, *Crepidatella sp.* y *A. unifasciata*, quienes en conjunto contribuyeron al 52.13 % de la similitud de AP como resultado de su elevada abundancia media en AP (Tabla 26).

En el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* (AS), el análisis SIMPER reveló que los taxa *M. branchiferus*, *M. buccinoides*, *D. chilensis*, *O. kroeyeri* y *P. villosus* explicaron el 50.84 % de la similitud debido a su elevada abundancia media en AS (Tabla 27).

En el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* (C), los taxa con mayores contribuciones a la similitud fueron *M. branchiferus*, *Gammaropsis*, *Oligochaeta*, *O. kroeyeri*, *D. chilensis* explicando el 44.74 % de la similitud como resultado de su elevada abundancia promedio en C (Tabla 28).

**Tabla 26.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* en el Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	4.1	12.51	12.51
<i>Mitrella buccinoides</i>	3.77	11.07	23.59
<i>Gammaropsis</i> sp.	3.62	10.5	34.08
<i>Crepidatella dilatata</i>	3.51	10.25	44.33
<i>Alia unifasciata</i>	2.45	7.8	52.13
<i>Pagurus villosus</i>	2.46	6.97	59.1
<i>Cumingia mutica</i>	1.95	5.25	64.35
<i>Tegula luctuosa</i>	1.62	4.05	68.4

**Tabla 27.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Mediomastus branchiferus</i>	5.72	18.37	18.37
<i>Mitrella buccinoides</i>	3.25	10.39	28.76
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.26	9.86	38.62
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	2.34	6.19	44.81
<i>Pagurus villosus</i>	1.86	6.03	50.84
<i>Gammaropsis</i> sp.	2.3	5.81	56.65
<i>Crepidatella dilatata</i>	1.92	5.66	62.31
<i>Alia unifasciata</i>	1.67	4.61	66.92

**Tabla 28.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Mediomastus branchiferus</i>	10.18	15.52	15.52
<i>Gammaropsis</i> sp.	4.21	9.01	24.53
Oligochaeta	5.59	7.55	32.09
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	3.88	6.43	38.52
<i>Diopatra chilensis</i>	3.01	6.23	44.74
<i>Glycera americana</i>	2.98	5.76	50.5
<i>Cumingia mutica</i>	2.85	5.2	55.7
<i>Mitrella buccinoides</i>	2.6	4.7	60.4
<i>Ericthonius punctatus</i>	2.33	4.14	64.54
<i>Pagurus villosus</i>	2.07	4.04	68.57

En cuanto a las diferencias entre biotopos, los taxa *M. branchiferus*, *D. chilensis*, *O. kroeyeri*, *C. dilatata*, *Gammaropsis* sp. y *A. chilensis* explicaron conjuntamente el 31.34 % de la disimilaridad entre AP y AS, debido que *O. kroeyeri*, *C. dilatata*, *Gammaropsis* sp. y *A. chilensis* presentaron mayores valores de abundancia media en AP, mientras que los poliquetos *M. branchiferus*, *D. chilensis* presentaron mayores valores de abundancia media en AS (Tabla 29).

Las diferencias entre AP y C fueron explicadas principalmente por las especies *M. branchiferus*, Oligochaeta, *E. punctatus*, *G. america* y *D. chilensis* quienes conjuntamente contribuyeron al 33.53 % de la disimilaridad, debido a una mayor abundancia media de estos taxa en C (Tabla 30).

Por último la comparación entre AS y C reveló que *M. branchiferus*, Oligochaeta, *E. punctatus*, *Gammaropsis* sp. y *O. kroeyeri*

contribuyeron conjuntamente al 33.52 % de la disimilaridad entre AS y C, debido a su mayor abundancia media en C (Tabla 31).

**Tabla 29.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS) en el Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. AS	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Mediomastus branchiferus</i>	2.26	5.72	4.2	9.71	9.71
<i>Diopatra chiliensis</i>	1.42	3.26	2.21	5.12	14.83
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	4.1	2.34	2.07	4.8	19.62
<i>Crepidatella dilatata</i>	3.51	1.92	1.88	4.34	23.97
<i>Gammaropsis</i> sp.	3.62	2.3	1.84	4.26	28.23
<i>Anthothoe chilensis</i>	1.51	1.25	1.34	3.11	31.34
<i>Mitrella buccinoides</i>	3.77	3.25	1.25	2.89	34.22
<i>Nassarius dentifer</i>	1.24	1.18	1.22	2.82	37.05
Nemertea	0.79	1.22	1.15	2.66	39.7
<i>Cumingia mutica</i>	1.95	1.77	1.09	2.53	42.23
<i>Tegula luctuosa</i>	1.62	1.46	1.04	2.41	44.64
<i>Pagurus villosus</i>	2.46	1.86	1.01	2.33	46.98
<i>Alia unifasciata</i>	2.45	1.67	1	2.31	49.28
<i>Platynereis australis</i>	0.66	1.14	1	2.3	51.59
<i>Semimytilus algosus</i>	0.91	0.68	0.99	2.28	53.86
<i>Eurypanopeus transversus</i>	1.17	0.94	0.98	2.26	56.12
Oligochaeta	0.74	0.22	0.96	2.22	58.34
Terebellidae	0.44	1.06	0.96	2.22	60.56
<i>Glycera americana</i>	1	1.39	0.95	2.19	62.75
<i>Hiatella arctica</i>	0.89	0.2	0.9	2.08	64.83
<i>Trophoniella</i> sp.	0.86	0.44	0.87	2.02	66.85
<i>Nereis callaona</i>	0.76	0.59	0.87	2.02	68.87

**Tabla 30.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C) en Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Mediomastus branchiferus</i>	2.26	10.18	7.01	14.08	14.08
Oligochaeta	0.74	5.59	4.69	9.42	23.5
<i>Erichthonius punctatus</i>	0.56	2.33	1.79	3.59	27.09
<i>Glycera americana</i>	1	2.98	1.72	3.46	30.55
<i>Diopatra chiliensis</i>	1.42	3.01	1.48	2.98	33.53
<i>Omalogyra</i> sp.	0.72	1.77	1.45	2.92	36.45
<i>Crepidatella dilatata</i>	3.51	2.48	1.44	2.9	39.35
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	4.1	3.88	1.39	2.79	42.14
<i>Mitrella buccinoides</i>	3.77	2.6	1.29	2.59	44.73
<i>Nassarius dentifer</i>	1.24	1.24	1.21	2.43	47.16
<i>Cauleriella</i> sp.	0.24	1.43	1.12	2.26	49.42
<i>Cumingia mutica</i>	1.95	2.85	1.06	2.13	51.55
<i>Gammaropsis</i> sp.	3.62	4.21	1.02	2.05	53.6
<i>Eurypanopeus transversus</i>	1.17	1.37	0.95	1.9	55.5
Hesionidae	0.69	1.01	0.89	1.8	57.3
<i>Anthothoe chilensis</i>	1.51	1.98	0.87	1.75	59.05
<i>Aricidea</i> sp.	0	1.02	0.84	1.7	60.75
<i>Tegula luctuosa</i>	1.62	1.55	0.81	1.64	62.38
<i>Alia unifasciata</i>	2.45	1.94	0.81	1.62	64.01
Nemertea	0.79	1.26	0.79	1.59	65.6
<i>Schistomeringos annulata</i>	0	0.99	0.77	1.56	67.16
<i>Semimytilus algosus</i>	0.91	0.3	0.77	1.55	68.7

**Tabla 31.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa* en Invierno 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AS	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Mediomastus branchiferus</i>	5.72	10.18	5.13	10.96	10.96
Oligochaeta	0.22	5.59	5.07	10.84	21.79
<i>Erichthonius punctatus</i>	0.2	2.33	1.95	4.16	25.95
<i>Gammaropsis</i> sp.	2.3	4.21	1.79	3.82	29.77
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	2.34	3.88	1.76	3.76	33.52
<i>Omalogyra</i> sp.	0.34	1.77	1.47	3.14	36.67
<i>Glycera americana</i>	1.39	2.98	1.44	3.07	39.74
<i>Nassarius dentifer</i>	1.18	1.24	1.3	2.79	42.52
<i>Cumingia mutica</i>	1.77	2.85	1.19	2.54	45.07
<i>Crepidatella dilatata</i>	1.92	2.48	1.16	2.48	47.55
<i>Anthothoe chilensis</i>	1.25	1.98	1.09	2.33	49.88
<i>Mitrella buccinoides</i>	3.25	2.6	1.06	2.26	52.14
<i>Caulleriella</i> sp.	0.71	1.43	0.96	2.05	54.19
<i>Alia unifasciata</i>	1.67	1.94	0.93	2	56.19
<i>Eurypanopeus transversus</i>	0.94	1.37	0.93	1.99	58.18
Terebellidae	1.06	0.76	0.91	1.94	60.12
Hesionidae	0.66	1.01	0.91	1.94	62.07
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.26	3.01	0.88	1.88	63.95
<i>Aricidea</i> sp.	0	1.02	0.88	1.87	65.82
<i>Platynereis australis</i>	1.14	0.65	0.78	1.67	67.49
<i>Tegula luctuosa</i>	1.46	1.55	0.78	1.66	69.15

El análisis SIMPER realizado para evaluar las similaridad dentro de cada Biotopo y la disimilaridad entre biotopos en la estación Verano 2 reveló que en los filamentos que conforman los parches de *Ch. crassa* (AP), los taxa con mayores contribuciones a la similaridad fueron *E. punctatus*, *Gammaropsis* sp., *M. buccinoides*, *T. luctuosa*, *A. unifasciata* quienes en conjunto contribuyeron al 50.85 % de la similitud de AP como resultado de su elevada abundancia media en AP (Tabla 32).

En el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* (AS), el análisis SIMPER reveló que los taxa *O. collaris*, *M. buccinoides*, *A. unifasciata*, *E. punctatus* y *T. luctuosa* explicaron el 49.1 % de la similitud debido a su elevada abundancia media en AS (Tabla 33).

En el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* (C), los taxa con mayores contribuciones a la similaridad fueron *O. collaris*, *Gammaropsis* sp., *D. chilensis*, *E. punctatus* y *N. dentifer* explicando el 45.21 % de la similitud en C (Tabla 34).

En cuanto a las diferencias entre AP y AS, los taxa *E. punctatus*, *Gammaropsis* sp. *O. collaris*, *C. scaura* y *P. villosus* explicaron conjuntamente el 36.04 % de la disimilaridad, debido a que *E. punctatus*, *Gammaropsis* sp., *C. scaura* y *P. villosus* presentaron mayores abundancias media en AP mientras que el poliqueto *O. collaris* presentó mayores abundancias media en AS (Tabla 35).

Las diferencias entre AP y C fueron explicadas principalmente por las especies *E. punctatus*, *O. collaris*, *Gammaropsis* sp. *M. buccinoides* y *C. scaura* quienes conjuntamente contribuyeron al 33.78 % de la disimilaridad, debido a una mayor abundancia media de casi todos los taxa en AP, exceptuando *O. collaris* quien presentó mayor abundancia media en C (Tabla 36).

Por último, la comparación entre AS y C reveló que *O. collaris*, *Gammaropsis* sp. *D. chilensis*, *P. villosus* y *E. punctatus* contribuyeron conjuntamente al 26.39 % de la disimilaridad entre AS y C, debido a una mayor abundancia promedio de estos taxa en el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* (C) (Tabla 37).

**Tabla 32.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* en el Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Erichthonius punctatus</i>	13.48	17.63	17.63
<i>Gammaropsis</i> sp.	9.71	11.61	29.24
<i>Mitrella buccinoides</i>	5.6	7.58	36.82
<i>Tegula luctuosa</i>	5	7.12	43.93
<i>Alia unifasciata</i>	4.66	6.91	50.85
<i>Caprella scaura</i>	4	5.52	56.36
<i>Pagurus villosus</i>	3.92	5.45	61.81

**Tabla 33.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similaridad de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* en el Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similaridad promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Owenia collaris</i>	6.14	14.42	14.42
<i>Mitrella buccinoides</i>	3.13	11.33	25.75
<i>Alia unifasciata</i>	2.54	8.38	34.13
<i>Erichthonius punctatus</i>	3.02	7.53	41.66
<i>Tegula luctuosa</i>	1.89	7.44	49.1
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.12	7.18	56.28
<i>Cumingia mutica</i>	1.91	6.84	63.12

**Tabla 34.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la similitud de la comunidad macrobentónica asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* en el Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de similitud promedio. A.M. = abundancia media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Owenia collaris</i>	7.34	12.8	12.8
<i>Gammaropsis sp.</i>	5.85	11.92	24.72
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.84	8.47	33.19
<i>Erichthonius punctatus</i>	3.4	6.28	39.48
<i>Nassarius dentifer</i>	2.73	5.73	45.21
<i>Pagurus villosus</i>	2.72	5.64	50.85
<i>Tegula luctuosa</i>	2.47	5.07	55.92
<i>Alia unifasciata</i>	2.75	4.7	60.62
<i>Cumingia mutica</i>	2.47	4.47	65.09

**Tabla 35.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilitud promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato subyacente (AS) en el Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilitud promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. AS = abundancia media de AS, D.M. = disimilitud media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. AS	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Erichthonius punctatus</i>	13.48	3.02	7.99	12.38	12.38
<i>Gammaropsis sp.</i>	9.71	2.95	5.71	8.85	21.23
<i>Owenia collaris</i>	0.45	6.14	4.15	6.43	27.66
<i>Caprella scaura</i>	4	0.34	2.96	4.59	32.25
<i>Pagurus villosus</i>	3.92	0.99	2.44	3.79	36.04
<i>Tegula luctuosa</i>	5	1.89	2.41	3.74	39.78
<i>Mitrella buccinoides</i>	5.6	3.13	2.05	3.17	42.95
<i>Semimytilus algosus</i>	2.8	0.1	1.94	3.01	45.96
<i>Diopatra chiliensis</i>	1.41	3.12	1.94	3.01	48.97
<i>Crepidatella dilatata</i>	3.13	0.77	1.87	2.89	51.86
<i>Alia unifasciata</i>	4.66	2.54	1.8	2.79	54.65
<i>Platynereis australis</i>	2.69	0.67	1.68	2.6	57.25
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	3.14	1.11	1.64	2.54	59.79
<i>Elasmopus sp.</i>	2.38	0.34	1.64	2.54	62.33
<i>Nereis callaona</i>	2.49	0.5	1.59	2.47	64.8
<i>Mediomastus branchiferus</i>	1.03	2.37	1.55	2.41	67.21
<i>Nassarius dentifer</i>	2.41	2.17	1.26	1.95	69.16

**Tabla 36.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa* (AP) y al sustrato adyacente (C) en Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AP = abundancia media de AP, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similitud promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similitud de los taxa.

Taxa	A.M. AP	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Erichthonius punctatus</i>	13.48	3.4	6.34	11.58	11.58
<i>Owenia collaris</i>	0.45	7.34	4.52	8.26	19.85
<i>Gammaropsis</i> sp.	9.71	5.85	3.41	6.23	26.08
<i>Mitrella buccinoides</i>	5.6	2.26	2.17	3.96	30.04
<i>Caprella scaura</i>	4	0.98	2.05	3.75	33.78
<i>Tegula luctuosa</i>	5	2.47	1.69	3.09	36.87
<i>Semimytilus algosus</i>	2.8	0.2	1.63	2.97	39.85
<i>Diopatra chiliensis</i>	1.41	3.84	1.61	2.94	42.79
<i>Alia unifasciata</i>	4.66	2.75	1.53	2.8	45.59
<i>Cumingia mutica</i>	0.46	2.47	1.41	2.57	48.16
<i>Elasmopus</i> sp.	2.38	0.58	1.35	2.47	50.64
<i>Crepipatella dilatata</i>	3.13	1.05	1.35	2.46	53.1
<i>Nereis callaona</i>	2.49	1.02	1.23	2.24	55.34
<i>Platynereis australis</i>	2.69	1.24	1.17	2.13	57.47
<i>Steggoa magalaensis</i>	0.44	1.87	1.15	2.1	59.57
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	3.14	2.16	1.14	2.08	61.65
<i>Mediomastus branchiferus</i>	1.03	2	1.03	1.89	63.54
<i>Pagurus villosus</i>	3.92	2.72	0.98	1.78	65.32
<i>Anthothoe chilensis</i>	1.76	1.53	0.82	1.5	66.82
<i>Dodecaceria opulens</i>	0	1.18	0.81	1.48	68.29
<i>Glycera americana</i>	0	1.23	0.8	1.46	69.75

Tabla 37. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxa, mostrando las especies con mayores contribuciones a la disimilaridad promedio entre la comunidad macrobentónica asociada al sustrato subyacente (AS) y al sustrato adyacente (C) al parche de *Ch. crassa* en Verano 2. Se muestran los resultados hasta el 70% de disimilaridad promedio. A.M. AS = abundancia media de AS, A.M. C = abundancia media de C, D.M. = disimilaridad media, C (%) = porcentaje de contribución a la similaridad promedio, y Ac. (%) = porcentaje acumulado de las contribuciones a la similaridad de los taxa.

Taxa	A.M. AS	A.M. C	D.M.	C (%)	Ac. (%)
<i>Owenia collaris</i>	6.14	7.34	4.24	8.03	8.03
<i>Gammaropsis</i> sp.	2.95	5.85	3.82	7.23	15.26
<i>Diopatra chiliensis</i>	3.12	3.84	1.98	3.75	19.01
<i>Pagurus villosus</i>	0.99	2.72	1.96	3.7	22.71
<i>Erichthonius punctatus</i>	3.02	3.4	1.94	3.68	26.39
<i>Mediomastus branchiferus</i>	2.37	2	1.93	3.66	30.05
<i>Steggoa magalaensis</i>	0.28	1.87	1.61	3.05	33.1
<i>Nassarius dentifer</i>	2.17	2.73	1.58	2.99	36.1
<i>Mitrella buccinoides</i>	3.13	2.26	1.46	2.77	38.87
<i>Ophiactis kroeyeri</i>	1.11	2.16	1.46	2.76	41.63
<i>Alia unifasciata</i>	2.54	2.75	1.38	2.61	44.24
<i>Dodecaceria opulens</i>	0.56	1.18	1.25	2.37	46.61
<i>Caulleriella</i> sp.	0.77	1.16	1.23	2.32	48.93
Tanaidacea	0.28	1.52	1.22	2.32	51.25
<i>Anthothoe chilensis</i>	1.17	1.53	1.13	2.13	53.38
<i>Cumingia mutica</i>	1.91	2.47	1.11	2.11	55.49
Phyllodocidae	0.71	1.26	1.09	2.07	57.56
<i>Capitella</i> sp.	0.81	0.36	1.01	1.91	59.46
<i>Platynereis australis</i>	0.67	1.24	1	1.89	61.35
<i>Tegula luctuosa</i>	1.89	2.47	0.94	1.78	63.13
<i>Crepipatella dilatata</i>	0.77	1.05	0.88	1.66	64.79
<i>Nereis callaona</i>	0.5	1.02	0.86	1.63	66.42
<i>Spiophanes bombyx</i>	0.75	0.7	0.84	1.59	68.01
<i>Glycera americana</i>	0.92	1.23	0.82	1.56	69.57

## 8. DISCUSION

### 8.1 Análisis de parámetros ambientales

#### 8.1.1 Análisis Granulométrico y de contenido de Materia Orgánica

El análisis granulométrico mostró que el área de estudio posee un tipo de sustrato blando compuesto predominantemente por partículas finas: arena fina, limo y arcilla, y un menor porcentaje de grava. Tanto en el sustrato subyacente al parche (AS) como en el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa* (C) el porcentaje de arena fue predominante, mientras que la proporción de limo y arcilla varió entre 3.7 - 6.3 y 1.4-8.6, respectivamente. Este sustrato es considerado como areno-fangoso, según la clasificación propuesta por Flemming (2000) como modificación de la clasificación de Reineck & Seifert (1980), y según la clasificación propuesta por Flemming (2000) modificando la clasificación propuesta por Folk et al. (1970), corresponde a un sustrato areno arcilloso y areno ligeramente arcilloso. Según Gray & Elliot (2009) la acumulación de partículas de arena fina, limo y arcilla son características de sistemas donde la acción de las corrientes son mínimas, lo cual podría deberse a que la zona de estudio está ubicada en la orilla protegida de la Isla San Lorenzo; sin embargo, la presencia de partículas de arena gruesa y grava estarían indicando que a su vez se presentan corrientadas de alta energía capaz de mover y sedimentar ese tipo de sedimento, eventos que también son frecuentes en la zona de estudio.

No se observaron variaciones en cuanto al análisis granulométrico de los sustratos que se encontraban subyacentes (AS) y adyacentes (C) al parche de *Ch. crassa*, lo que indicaría que el parche de *Ch. crassa* no está homogenizando su sustrato subyacente debido a una dominancia permanente en el sistema, como lo encontrado en otros sistemas de

macroalgas filamentosas por Thomsen et al. (2012), Raffaelli et al. (1998) y Norkko (2000), donde grandes extensiones de macroalgas filamentosas flotantes homogenizan el sustrato ejerciendo predominancia de partículas limosa y arcillosas e inducen la deficiencia de oxígeno, incrementando su potencial de alterar significativamente la estructura y la función del sistema bentónico. Esto podría explicarse por el efecto de ciertos factores ambientales que regulan el abundancia del parche de *Ch. crassa* a escala estacional. Por el contrario, se observaron ligeros cambios en los tipos de sustratos, pasando de arena arcillosa a arena ligeramente arcillosa, a lo largo de las estaciones, lo que evidenciaría que existen factores ambientales que actúan a escala estacional modificando la dinámica sedimentaria de la zona de estudio.

En cuanto al contenido de materia orgánica (MO), el menor contenido de MO hallado en el sustrato subyacente al parche (AS) respecto al sustrato adyacente al parche (C), evidenciaría que los filamentos de *Ch. crassa*, estarían funcionando como un filtro que almacena un porcentaje de la materia orgánica entre sus filamentos, lo que fue registrado por Krause-Jensen *et. al.* (1996) en parches de macroalgas filamentosas donde el crecimiento activo de éstos pueden ser importantes a la dinámica de nutrientes de aguas costeras al interceptar el flujo de nutrientes del sedimento a la columna de agua, por medio de los filamentos.

Por otra parte, la disminución del contenido de MO observada tanto en el sustrato subyacente al parche (AS) como en el sustrato adyacente al parche (C), podría deberse a cambios estacionales, fuerza de corrientes y/o masas de agua, que no están precisadas en el presente estudio.

### **8.1.2 Análisis de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)**

El análisis de la variación de la TSM durante la temporada de estudio reflejó la dinámica clásica encontrada en la costa central de Perú, sin embargo durante abril, mayo y junio de 2014, periodo previo al segundo muestreo de Invierno (I-2), se previsionó un posible evento de El Niño Costero, debido al arribo de Ondas Kelvin cálidas que se evidenció por la profundización de las isotermas de 13°C a 15°C, así como el incremento del nivel medio del mar (NMM) a lo largo de la costa del Perú (ENFEN, 2014 a). En abril de 2014, la temperatura superficial del mar (TSM) se incrementó hasta alcanzar anomalías positivas entre 2° y 3°C, sin embargo el Índice Costero El Niño (ICEN), se mantuvo neutro con tendencia hacia valores positivos, manteniéndose la previsión de un evento El Niño Costero (ENFEN, 2014 b). Entre la segunda semana de abril y el mes de junio, se presentó en las costas del Perú un evento El Niño Costero de magnitud débil, el cual finalizó en el mes de julio a partir de donde se observaron condiciones océano-atmosféricas normales en la costa peruana (ENFEN, 2014 c).

### **8.2 Análisis de la variabilidad del parche de *Ch. crassa***

La variación de la biomasa del parche de *Ch. crassa* a nivel estacional, tanto en condiciones normales (I-1, V-1 y V-2) como después de las condiciones de anomalías (I-2), demostraron la existencia de factores ambientales que influyeron en la dinámica poblacional de esta macroalga. Interacciones de este tipo se han registrado en la costa central del Perú. Tarazona *et. al.* (1999) registraron que la densidad de la población del alga roja *Chondracanthus chamissoi* de la bahía de Ancón, se incrementó de 610 ind. x 32 m<sup>-1</sup> a 2684 ind. x 32 m<sup>-1</sup>. durante un evento El Niño entre 1996 e inicios de 1998. En contraste, Fernandez *et. al.* (1999) encontraron que la densidad de la macroalga submareal *Lessonia trabeculata*

dominante entre los 3-5 m de profundidad en la Isla Independencia, acusó un decaimiento de diciembre de 1997 hasta agosto de 1998 cuyos valores llegaron a ser nulos (0 ind. x m<sup>-2</sup>).

De manera similar, en este estudio la población de *Ch. crassa* presente entre los 5 y 7 m. de profundidad en el submareal somero de la Isla San Lorenzo, se vio afectada en julio de 2014 tras El Niño costero de magnitud débil ocurrido meses anteriores, disminuyendo hasta alcanzar una densidad promedio de 0.328 g x 0.3534 x m<sup>-3</sup>.

### **8.3 Composición de la comunidad macrobentónica**

#### **8.3.1. Asociada a los filamentos de *Ch. crassa***

La comunidad del macrobentos asociado a los filamentos de *Ch. crassa* estuvo constituida por 87 taxa pertenecientes a 9 phyla. Encontrándose una riqueza mayor a la observada en los experimentos en campo realizados por Österling y Pihl (2001) donde estudiaron el efecto estructurador de las algas verdes filamentosas en la macrofauna a dos niveles de abundancia en la bahía de la costa oeste de Suecia, encontrando apenas 13 taxa en todos sus tratamientos. Asimismo, el número de taxa fue mayor al encontrado por Carbajal (2013) en los rizoides de *M. pyrifera* en la Isla San Lorenzo donde fueron encontradas 78 taxa asociadas a sus discos de fijación.

Respecto a la variación del número de taxa promedio en las estaciones, está puede ser atribuida a la variación estacional de la biomasa de *Ch. crassa*. En I-2 la disminución de la biomasa de *Ch. crassa* se traduce en una disminución del hábitat para los organismos epibentónicos lo que conlleva a una disminución en el número de taxa de la comunidad macrobentónica asociada a los filamentos de *Ch. crassa*, resultado similar

a lo encontrado por Veiga et. al. (2014), donde una biomasa significativamente menor de la macroalga soporta un número significativamente menor de especies epibentónicas.

### **8.3.2. Asociada al sustrato subyacente a los filamentos de *Ch. crassa***

La comunidad del macrobentos asociado al sustrato subyacente a los filamentos de *Ch. crassa* estuvo constituida por 91 taxa pertenecientes a 10 phyla. Encontrándose un número de taxa significativamente mayor al encontrado por Österling y Pihl (2001) en la bahía de la costa Oeste de Suecia, quienes registraron un total de 26 taxa en los sedimentos de todos los tratamientos analizados en el experimento de campo realizado para probar el efecto de las algas verdes filamentosas sobre la macrofauna de fondos blandos someros (1 m de profundidad).

La variación del número de taxa promedio en las estaciones podría ser atribuida también a una variación en la biomasa de *Ch. crassa*, aunque en un sentido contrario a lo encontrado en los filamentos (AS). En este sentido, el mayor número de taxa encontrados en I-2 coincide con una menor biomasa de *Ch. crassa*, lo que concuerda con los resultados hallados por Österling y Pihl (2001), donde los sedimentos bajo los tratamientos que albergaban una biomasa intermedia de algas verdes filamentosas, albergaron una mayor riqueza de especies en comparación a los tratamientos que contenían una mayor biomasa algal.

### **8.3.3. Asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa***

La comunidad del macrobentos asociado al sustrato adyacente a los filamentos de *Ch. crassa* estuvo constituida por 97 taxa pertenecientes a 11 phyla. Encontrándose un número de taxa significativamente mayor al encontrado por Santamaría (2014) en los sustratos arenosos (83 taxa) y

fangosos (57 taxa) en el submareal somero de la Isla San Lorenzo; sin embargo el número de taxa fue menor al encontrado en sustratos mixtos de la Isla San Lorenzo donde se registró un total de 145 taxa.

La variación del número de taxa promedio en las estaciones, que fue poco perceptible, podría ser atribuida a las variaciones estacionales que ocurren en la comunidad bentónica asociados a cambios en el ambiente y en el ciclo de vida de las poblaciones de invertebrados que conforman la comunidad (Hynes, 1970).

#### **8.4. Abundancia de la comunidad macrobentónica**

##### **8.4.1. Asociada a los filamentos de *Ch. crassa***

La abundancia promedio registrada en los filamentos de *Ch. crassa* fue mayor a la encontrada por Santamaría (2014) en los sustratos de fondo blando de la Isla San Lorenzo, tanto en los sustratos fangosos (209 ind.) como en los sustratos arenosos (203 ind.). Esto puede deberse a un incremento en la complejidad del hábitat en fondos blandos normalmente desnudos (Langtry & Jacoby, 1996), ocasionado por el parche de *Ch. crassa*.

En cuanto a la variación estacional de la abundancia promedio por muestra se encontró que la abundancia de individuos estaría relacionada a la cantidad de hábitat disponible en los filamentos de *Ch. crassa*, esto concuerda con estudios anteriores donde concluyen que la cantidad de hábitat fue generalmente el mejor predictor para explicar la variación en la abundancia de la epifauna asociada a la macroalga (Stoner and Lewis, 1985; Leite and Turra, 2003). Otro factor importante en la variación de la abundancia promedio por muestra demostró ser la estación debido a la presencia de abundantes ejemplares en las temporadas de verano, en las

cuales ocurre un mayor reclutamiento de especies en la Isla San Lorenzo (Argüelles et. al., 2011).

El phylum Arthropoda fue el dominante en abundancia en los filamentos de *Ch. crassa*, dentro de este phylum resalta la abundancia de los anfípodos *Erichthonius punctatus* y *Gammaropsis* sp. resultados similares a los encontrados por Allen (1992), donde la presencia de parches de macroalgas verdes influenciaron incrementando la abundancia de los anfípodos del intermareal de fondos blandos en Elkhorn Slough, California. Asimismo Ragnarsson (1996) realizó experimentos en orillas arenosas del estuario de Ythan, encontrando que las especies epibentónicas como el anfípodo *Gammarus spp.* fueron más abundantes dentro de los parches de algas que en los demás tratamientos. Algunos autores como Thiel y Vásquez (2000) afirman que los anfípodos utilizarían a las macroalgas no solo como hábitat y refugio sino también como lugar de reclutamiento.

El phylum Mollusca contribuyó en gran medida a la abundancia total del parche de *Ch. crassa*, representado principalmente por los gasterópodos *Mitrella buccinoides* y *Crepidatella dilatata*. La elevada abundancia del caracol *M. buccinoides* se acerca a lo encontrado por Norkko et. al. (2000) en muestreos y experimentos en acuarios realizados sobre la fauna bentónica asociada a parches de macroalgas flotantes, donde destaco la dominancia y la elevada tasa de supervivencia del caracol *Hydrobia sp.* en la fauna algal. Por su parte, *C. dilatata* presenta una elevada abundancia con predominancia de individuos en estadios juveniles, reforzando la hipótesis de que los parches de que los parches de macroalgas constituirían áreas de asentamiento, reclutamiento y refugio de esta especie. Grandes valores de abundancia de *C. dilatata* en estadios juveniles fueron encontrados en los discos de fijación de *M. pyrifera*

evidenciando que los discos de fijación constituirían áreas de asentamiento, reclutamiento y refugio, desde donde podrían migrar a los ambientes circundantes (Cancino y Santelices, 1984; Carbajal, 2013).

El phylum Cnidaria, destacó también en su abundancia y estuvo representado únicamente por la actinia *Anthothoe chilensis*, mientras que el Phylum Echinodermata estuvo representado principalmente por el ofiuroido *Ophiactis kroeyeri*. Ambas especies se encontraron en gran abundancia en el parche con predominancia de individuos en estadios juveniles sugiriendo que el parche de *Ch. crassa*, estaría funcionando al igual que como áreas de asentamiento, reclutamiento y refugio de estas especies. Es importante resaltar que la abundancia de estas especies parece estar influenciada por la abundancia del poliqueto *Diopatra chilensis* en los parches de *Ch. crassa*, en concordancia con lo encontrado por Thomsen y McGlathery (2005) donde la presencia de tubos de *D. cuprea* facilitaría la persistencia de algas filamentosas, proporcionando un sustrato estable contra las fuerzas hidrodinámicas, estableciendo un hábitat más favorable para los estadios juveniles de estas especies.

Las especies dominantes en abundancia pertenecientes al phylum Annelida, presentaron distintos patrones de comportamiento dentro del parche en las distintas estaciones. *Owenia collaris* se presenta solamente en V-2, *Mediomastus branchiferus* se encuentra presente casi exclusivamente en I-2, y *Diopatra chilensis* presentó mayor abundancia en I-1, disminuyendo progresivamente a lo largo de las estaciones. Este patrón se repitió en los tres biotopos estudiados por lo que podría deberse a cambios en las condiciones ambientales del área de estudio que podrían estar condicionando la dinámica poblacional de estas especies.

#### 8.4.2. Asociada al sustrato subyacente a los filamentos de *Ch. crassa*

La abundancia promedio en los sustratos subyacentes al parche de *Ch. crassa* fue inferior a la encontrada por Santamaría (2014) en los sustratos de fondo blando de la Isla San Lorenzo, tanto en los sustratos fangosos (209 ind.) como en los sustratos arenosos (203 ind.) resultados que concuerdan con lo encontrado por Osterling y Pihl (2001) donde el número de individuos, que habitaba en el sustrato bajo el tratamiento que simulaba el parche de macroalgas, fue significativamente menor comparado al control. Asimismo se observó una relación inversa ente la biomasa del parche de *Ch. crassa* y la abundancia promedio de individuos que habitan bajo el parche, encontrándose que la abundancia promedio en el sustrato bajo el parche de *Ch. crassa*, fue menor cuando se halló mayor biomasa de *Ch. crassa*. Resultados similares donde grandes cantidades de algas ejercen un estrés a los organismos de la infauna ocasionando un empobrecimiento de la comunidad (Norkko y Bonsdorff, 1996).

El phylum Annelida presentó una mayor abundancia en el sustrato bajo el parche de *Ch. crassa*, con una mayor contribución en V-2 probablemente debido a condiciones ambientales que favorecieron la presencia de especies de poliquetos oportunistas y/o tolerantes a ciertas condiciones de estrés como *Owenia collaris* (en V-2). En concordancia con Raffaelli et. al. (1998), quienes mencionan que especies oportunistas de la infauna como los poliquetos *Capitella sp.*, y *Scolelepis sp.* y algunos oligoquetos incrementan su abundancia en los sedimentos enriquecidos de materia orgánica subyacentes a los parches de macroalgas.

El phylum Mollusca también presentó alta abundancia en el sustrato bajo el parche de *Ch. crassa*. El caracol *Mitrella buccinoides* presentó una alta y constante abundancia a lo largo de las estaciones esto puede deberse a

su capacidad de movimiento que le permitiría movilizarse a través del parche buscando condiciones óptimas.

Los phyla Echinodermata y Cnidaria representados por *O. kroeyeri* y *A. chilensis* presentaron una mayor abundancia en el primer año de estudio (I-1 y V-1), encontrándose que al igual que en la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* los individuos de estas especies se encontraban en estadios juveniles, reforzando la hipótesis de que los parches de *Ch. crassa* funcionarían como áreas de asentamiento, reclutamiento y refugio de estas especies, y que los organismos que se encuentran en este sustrato son aquellos que no pudieron asentarse en el parche formado por los filamentos de *Ch. crassa*.

El phylum Arthropoda presentó una baja abundancia en el sustrato bajo el parche de *Ch. crassa*, concordando con lo encontrado por Hull (1988) donde las matrices de macroalgas afectan negativamente a los anfípodos como *Corophium sp.*

Se observó un patrón distinto en la variación de la abundancia de los anfípodos *E. punctatus* y *Gammaropsis sp.*, en el caso de *E. punctatus* se registró una alta abundancia en I-1, siendo esta especie comúnmente encontrada en los sustratos blandos de la Isla San Lorenzo (Santamaría, 2014; Carbajal, 2013). Mientras que el anfípodo *Gammaropsis sp.* presentó una mayor abundancia en V-2., esto podría deberse a un incremento en la tasa de sedimentación del hábitat (Hagerman, 1966). Por otro lado, *E. transversus* muestra un patrón similar al observado en AP, esto puede deberse a que es una especie cosmopolita y oportunista que es encontrada con frecuencia en los sustratos de fondo blando de la Isla San Lorenzo.

#### 8.4.3. Asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa*

La abundancia promedio fue superior a la encontrada por Santamaría (2014) en los sustratos de fondo blando de la Isla San Lorenzo, tanto en los sustratos fangosos (209 ind.) como en los sustratos arenosos (203 ind.), esto puede deberse al mayor esfuerzo de muestreo realizado en este estudio.

El phylum Annelida presentó la mayor abundancia, esto coincide con otros estudios donde los anélidos constituyen la fauna dominante de fondos blandos (Carrasco, 1996). Observándose un incremento importante de la abundancia en V-2, debido a las altas densidades que alcanzó el poliqueto *Owenia collaris* en dicha estación. Por su parte, *Mediomastus branchiferus* se registró una mayor contribución en I-2, este poliqueto es frecuentemente registrado como una de las especies más abundantes en fondos blandos de la Bahía de San Vicente, Chile (Carrasco et. al., 1996). Este patrón es similar al encontrado en AS, lo que evidenciaría que estos cambios son independientes a los cambios estacionales que ocurren en el parche de *Ch. crassa*.

Los phyla Echinodermata y Cnidaria representados por *O. kroeyeri* y *A. chilensis* presentaron una elevada abundancia. En el caso del ofiuroides este ha sido registrado en el Perú en una amplia gama de hábitats y profundidades en grandes densidades (Hooker et. al., 2011, como los rizoides de *M. pyriferus* en la Isla San Lorenzo (Carbajal, 2013), o los fondos mixtos de la Isla San Lorenzo (Santamaría, 2014). En el caso de la actinia *A. chilensis*, Santamaria (2014), encontró cantidades abundantes de esta especie en estadios juveniles sobre la conchuela o asociada a tubos de poliquetos en el submareal somero de fondo blando de la Isla San Lorenzo. El phylum Mollusca también presentó una importante abundancia debido principalmente al aporte del gasterópodo *C. dilatata*, que se encontró en

grandes densidades resaltando su abundancia en I-1, que es una especie comúnmente registrada en grandes densidades en el submareal somero de fondo rocoso de la Isla San Lorenzo (Santamaría, 2014) e inclusive encontrado en densidades mayores en los discos de fijación de *M. pyrifera* (Carbajal, 2013).

El phylum Arthropoda, representado por los anfípodos *Erichthonius punctatus* y *Gammaropsis* sp. resultó poco abundante en este biotopo, esto puede deberse a la preferencia de los anfípodos y otros pequeños crustáceos de proliferar en ambientes dominados por macroalgas, alimentándose del plancton, de las algas epifitas y del detritus que se congrega por efecto de las macroalgas Foster y Schiel (1985).

## **8.5. Biomasa de la comunidad macrobentónica**

### **8.5.1 Asociada a los filamentos de *Ch. crassa***

La biomasa húmeda promedio fue mayor a la encontrada por Santamaría (2014) en el sustrato arenoso (8.7 g/muestra) y en el sustrato fangoso (3.4 g/muestra) de la Isla San Lorenzo; Sin embargo, fue menor a la encontrada por Carbajal (2013) en los discos de fijación de *M. pyrifera* (50.70 g/muestra) del submareal somero de la Isla San Lorenzo.

Las especies con mayor aporte a la biomasa pertenecieron al phylum Mollusca resaltando el gasterópodo *Xanthochorus cassidiformis*, que se registra con grandes contribuciones a la biomasa en V-1 e I-2; y los gasterópodos *Mitrella buccinoides*, *Tegula luctuosa*, *Nassarius dentifer* y *Alia unifasciata*, que se registraron durante todo el periodo de estudio. Este elevado aporte se debe principalmente a organismos adultos de estas taxa quienes podrían estar utilizando al parche de *Ch. crassa* para alimentarse, ya sea de los juveniles de otras taxa que se asientan en el parche (Antit,

2013) o de los filamentos y/o restos de ellos que conforman el parche. Rueda et. al., (2009) encontraron que organismos adultos de algunas especies de *Mitrella* se ven favorecidos por las macroalgas ya que se alimentan de los huevos de otros moluscos, lo que explicaría su éxito en los hábitat asociados a macroalgas.

El phylum Arthropoda estuvo representado por el cangrejo *Eurypanopeus transversus*, que a pesar de ser menos abundante que los anfípodos alcanza mayor tamaño y por lo tanto mayor masa corporal.

El phylum Annelida presentó la mayor contribución de biomasa en I-1 debido al aporte del poliqueto *Diopatra chilensis*. Thomsen y McGlathery (2005) estudiaron el efecto de *D. cuprea* en la facilitación de la formación de los parches de macroalgas filamentosas en Hog Island Bay, USA, encontrando que su interacción resulta favorable para ambos.

Los phyla Cnidaria y Echinodermata muestran un mínimo aporte a la biomasa a pesar de su gran abundancia, esto debido a las especies que representan a estos grupos se encontraron en los parches de *Ch. crassa*, en estadios juveniles.

#### **8.5.2 Asociada al sustrato subyacente a los filamentos de *Ch. crassa***

La biomasa húmeda promedio fue menor a la encontrada por Santamaría (2014) en el sustrato arenoso (8.7 g/muestra) y mayor a la encontrada en el sustrato fangoso (3.4 g/muestra) de la Isla San Lorenzo.

El phylum Mollusca presentó la mayor contribución de biomasa en las cuatro estaciones de muestreo, debido fundamentalmente a la gran masa corporal que presentan los taxa pertenecientes a este phylum. Los gasterópodos *X. cassidiformis*, *Tegula luctuosa*, *Nassarius dentifer*, *Xanthochorus buxeus* y *M. buccinoides* se registran como los dominantes en biomasa. De estos

solamente *N. dentifer* fue considerado como una especie dominante en la biomasa de fondos blandos (fangosos) de la Isla San Lorenzo (Santamaría, 2014).

El phylum Annelida presentó una contribución intermedia a la biomasa, resaltando el aporte del poliqueto *Diopatra chilensis* durante el primer año de estudio. Mientras que el poliqueto *Owenia collaris* aportó a la biomasa en la estación V-2, no por alcanzar grandes valores de masa corporal, sino debido a un incremento significativo en su abundancia.

EL phylum Arthropoda estuvo representado por el cangrejo *E. transversus*, el cual contribuyó más que los anfípodos debido a su mayor tamaño, sin embargo al no presentar una gran abundancia su biomasa tampoco fue elevada.

Los phyla Cnidaria y Echinodermata, a pesar de contar con una elevada abundancia no aportaron significativamente a la biomasa esto se debe a que las especies que representan a estos phyla se encontraban en estadios juveniles.

### **8.5.3 Asociada al sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa***

La biomasa húmeda promedio fue mayor a la encontrada por Santamaría (2014) en el sustrato arenoso (8.7 g/muestra) y en el sustrato fangoso (3.4 g/muestra) de la Isla San Lorenzo; sin embargo fue menor a la encontrada en sustratos mixtos de la Isla San Lorenzo (29.89 g/muestra). La variación de la biomasa a nivel estacional está relacionada a la presencia de organismos de gran masa corporal como los Mollusca más que a la abundancia de pequeños organismos.

El phylum Mollusca fue el dominante en biomasa debido a su gran tamaño y masa corporal, y su dominancia se dio a lo largo de todas las estaciones

de muestreo. Los gasterópodos *Xanthochorus cassidiformis*, *Mitrella buccinoides*, *Tegula luctuosa* y *Xanthochorus buxeus* se registraron en todas las estaciones con altas contribuciones en la biomasa. Sin embargo, Santamaría (2014) no registra a estas especies como dominantes en biomasa dentro del sustrato blando de la Isla San Lorenzo.

El phylum Annelida presentó una dominancia intermedia, debido principalmente al poliqueto *Diopatra chilensis*, que predominó en I-1 y al poliqueto *Owenia collaris* que predominó en V-2.

La biomasa del phylum Arthropoda fue mínima y se debió principalmente al aporte del cangrejo *Eurypanopeus transversus* el cual se registró en todas las estaciones de estudio aunque registró poca biomasa debido a no ser tan abundante.

Los phyla Cnidaria y Echinodermata, a pesar de contar con una elevada abundancia no aportaron significativamente a la biomasa esto se debe a que las especies que representan a estos phylua se encontraban en estadios juveniles.

## **8.6. Índices ecológicos de diversidad**

En relación a los diferentes tipos de biotopos estudiados en las cuatro estaciones, se registró que las comunidades que habitan los filamentos de *Ch. crassa* así como su sustrato subyacente poseían una riqueza de Margalef casi constante a lo largo de las estaciones, esto probablemente se deba a influencia ejercida por el parche de *Ch. crassa* sobre estas comunidades.

También se encontró, que a lo largo de las estaciones la riqueza de Margalef en el parche de *Ch. crassa* fue mayor, en todo momento, a la encontrada en el sustrato subyacente al parche. Asimismo la riqueza de Margalef registrada en el sustrato adyacente al parche fue mayor a la encontrada bajo el parche. Norkko

et. al. (1996) demostraron que las macroalgas flotantes filamentosas pueden generar estrés a los organismos de la infauna, alterando su estructura y composición. Mientras que la riqueza de Margalef encontrada en el parche y en el sustrato adyacente fue similar, resultados que no concuerda con lo registrado por Veiga et. al., (2014) que encontraron que la riqueza de la epifauna se incrementa significativamente con la cantidad del hábitat disponible, siendo mayor en los parches de macroalgas.

Se analizó la diversidad de Shannon ( $H'$ ) en las cuatro estaciones, encontrándose un incremento significativo en I-2 en la comunidad asociada a los parches de *Ch. crassa* esto debido a un aumento de la equidad en esa estación. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en la diversidad de la comunidad asociada al sustrato subyacente debido a que tanto el número de taxa como la equidad se mantuvieron constantes. En cuanto a la comunidad asociada al sustrato adyacente se encontraron diferencias en las cuatro estaciones, debido a las variaciones en la riqueza y abundancia de los taxa que conforman esta comunidad.

La diversidad encontrada, en todas las estaciones, en el parche de *Ch. crassa* y en el sustrato subyacente fue igual o mayor a la encontrada en el sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa*. Resultados que contrastan con lo encontrado por Norkko y Bonsdorff (1996) a través de experimentos en campo llevados a cabo a 7.5 m de profundidad en la parte central de Mar Báltico, Finlandia, encontrando que los parches de macroalgas flotantes modificaron su sustrato subyacente volviéndolo anaeróbico lo que trajo consigo una disminución de la riqueza abundancia y diversidad de la comunidad macrobentónica. Esto puede explicarse debido a que el parche de *Ch. crassa* presente en la Isla San Lorenzo no se encuentra tan grandes cantidades como para causar ese estrés en su sustrato subyacente. Asimismo, es importante mencionar que la diversidad encontrada en

el parche de *Ch. crassa* alcanzó valores semejantes a los encontrados en los discos de fijación de *M. pyrifera* por Carbajal (2014).

La dominancia de Simpson fue mayor en los sustratos adyacentes al parche de *Ch. crassa*, que a los sustratos subyacentes al parche. Asimismo se encontró una elevada variabilidad entre los valores máximos y mínimos registrados en este biotopo, esto podría deberse a la dominancia de algunas taxa que habitan algunas muestras del sustrato adyacente al parche de *Ch. crassa*.

La equidad de Pielou ( $J'$ ) se mantuvo casi constante en la comunidad asociada a los filamentos de *Ch. crassa* aumentando significativamente sólo en I-2, debido a una disminución de la biomasa del parche de *Ch. crassa* lo que ocasionó que los organismos con menor tolerancia a grandes densidades de la macroalga, migraran hacia ésta, distribuyendo la abundancia de manera más homogénea. En la comunidad asociada al sustrato subyacente no se observaron diferencias significativas en la equidad, esto indicaría que el efecto que causa el parche en su sustrato subyacente se mantuvo constante a lo largo de las estaciones. Mientras que en la comunidad asociada al sustrato adyacente presentó menor equidad durante las estaciones de verano, probablemente debido a que en esta temporada es cuando ocurren los procesos de reclutamiento son más relevantes, aumentando la dominancia de significativamente de algunos taxa.

A lo largo de las estaciones, se observó que la equidad de Pielou encontrada bajo el parche de *Ch. crassa* fue mayor a la equidad encontrada en el parche de *Ch. crassa* y en el sustrato adyacente al parche. Esto podría estar explicado por las bajas abundancias de los taxa encontradas bajo el parche de *Ch. crassa*, lo que permitió una distribución más homogénea de la abundancia. Sin embargo, en I-2 la equidad encontrada en el parche fue similar a la encontrada bajo el parche, esto puede deberse a una disminución de la cantidad del hábitat (parche de *Ch. crassa*).

## 8.7. Diferencias entre las comunidades macrobentónicas

Las comunidades de invertebrados macrobentónicos que habitan en los parches de *Ch. crassa* demostraron ser, por lo general, más diversas y abundantes que aquellas que habitan en el sustrato subyacente al parche, presentando un mayor número de taxa, riqueza de Margalef y abundancia. Exceptuando, lo ocurrido en I-2 donde una reducción significativa de la biomasa del parche de *Ch. crassa* provocó una disminución en la riqueza, abundancia y diversidad de la comunidad que habitaba en sus filamentos reduciéndola a valores similares a los encontrados en el sustrato subyacente al parche. Ragnarsson (1996) encontró en un estudio realizado en fondos arenosos en el estuario de Ythan, Escocia, que las especies epibentónicas como *Hydrobia sp.*, *Gammarus spp.*, *Jaera albifrons* y copépodos harpacticoides fueron más abundantes en los parches de macroalgas que en los fondos desnudos. En general, las especies de la epifauna incrementan su abundancia mientras que las especies que habitan la interface sedimento-agua disminuyen su abundancia cuando se encuentran bajo el efecto de las matrices de macroalgas (Hull 1987, 1988; Everett, 1994). Asimismo, estudios realizados (Raffaelli et al., 1989, 1991, Everett 1991), indican que los organismos que se alimentan de sustratos superficiales (como algunos poliquetos espiónidos) disminuyen su abundancia, mientras que las especies epibentónicas como los caracoles litorínidos, los anfípodos, y algunos cangrejos juveniles alcanzan grandes densidades dentro de las macroalgas.

El sustrato adyacente al parche presentó comunidades de invertebrados macrobentónicos más diversas y abundantes que aquellas que habitan en el sustrato subyacente, presentando un mayor número de taxa, riqueza de Margalef y abundancia. Resultados que coinciden con lo encontrado por Norkko y Bonsdorff (1996) en sus experimentos de campo realizados a 7.5 m. de profundidad en

Aland, Finlandia, donde colocaron tratamientos con una mixtura de algas filamentosas flotantes, concluyendo que la riqueza de especies, la abundancia total y la biomasa total disminuían en los sustratos subyacentes a los parches, debido a que estos sustratos se convertían en anaeróbicos.

Los parches de *Ch. crassa* albergan comunidades de invertebrados macrobentónicos igual de diversas que aquellas que habitan en el sustrato adyacente al parche, presentando un similar número de taxa, riqueza de Margalef. Excepto en I-2 donde una reducción significativa de la biomasa del parche de *Ch. crassa* provocó una disminución en la riqueza y diversidad de la comunidad que habitaba en sus filamentos reduciéndola a valores menores a los encontrados en el sustrato adyacente al parche. Resultados que coinciden con lo encontrado por Carbajal (2013) quien no encontró diferencias significativas entre el número de especies en las praderas de *Lessonia trabeculata* y los espacios interdiscos, lo cual fue atribuido a la presencia de otras especies “atractoras” de diversidad como mitílidos o tunicados.

Los parches de *Ch. crassa* albergan comunidades de invertebrados macrobentónicos que presentaron mayor abundancia que aquellas que habitan en los sustratos adyacente al parche de *Ch. crassa* en las estaciones de verano, observándose un patrón inverso en las estaciones de invierno. Esto puede deberse a los procesos de reclutamiento de algunos taxa que se evidencia con la abundancia de estadios juveniles de algunos grupos como los anfípodos *E. punctatus*, *Gammaropsis* sp., la actinia (*A. chilensis*) y el ofiuroido *O. kroeyeri* en los parches de *Ch. crassa*, en las estaciones de Verano. Foster y Schiel (1985) mencionan que los anfípodos y otros pequeños crustáceos proliferan en ambientes dominados por macroalgas, alimentándose del plancton y del detritus almacenado en estos hábitats. Mientras que, Carbajal (2013) encontró una

dominancia en número de ofiuroides arguyendo que esto podría deberse a que estos organismos aprovecharían la gran cantidad de detritus almacenado en esos hábitats.

Las comunidades de invertebrados macrobentónicos que habitan en el parche de *Ch. crassa* y en los sustratos adyacente al parche de *Ch. crassa* registraron mayor biomasa húmeda promedio que aquellas que habitan en el sustrato subyacente al parche. Debido a que el Phylum Mollusca fue el predominante en biomasa es probable que estas diferencias se produzcan debido a la preferencia de los moluscos de habitar en el parche formado por los filamentos de *Ch. crassa* que en el sustrato subyacente al parche y/o debido a la capacidad de los moluscos de moverse fuera del parche hacia los sustratos adyacentes en busca de condiciones favorables para su desarrollo. Raffaelli et. al. (1998), menciona que aquellos invertebrados que habitan en los sustratos subyacentes a los parches de macroalgas pueden ser afectados negativamente por la persistencia de altas densidades de los parches siendo obligados a migrar a las áreas adyacentes. Norkko et. al. (2000) encontraron en un experimento realizado en laboratorio que el caracol *Hydrobia spp.* Se vio favorecido y presentó más supervivencia, abundancia, por ende biomasa, en los parches de macroalgas, debido principalmente a sus hábitos alimenticios y a su gran capacidad de moverse.

Las comunidades de invertebrados macrobentónicos que habitan tanto a los filamentos que conforman el parche de *Ch. crassa*, al sustrato subyacente al parche y al sustrato adyacente al parche se diferenciaron a través de análisis multivariados (MDS y PERMANOVA), lo cual sustenta en la poca similaridad en la estructura, más que en la composición, de estas comunidades. Estas diferencias estarían determinadas por la presencia del parche de *Ch. crassa* que, a través de su estructura y disposición de sus filamentos, incrementa la complejidad y

cantidad de hábitat, teniendo en cuenta que una mayor complejidad de hábitat incrementa la diversidad y abundancia de las especies, lo cual es atribuido al mayor número de nichos ecológicos posibles (Kovalenko et al 2012). Y al mismo tiempo, por el estrés que ejerce el parche de *Ch. crassa* en el sustrato subyacente, reduciendo el intercambio de oxígeno y nutrientes del sedimento-agua.

Además, estas diferencias estarían relacionadas con la variación estacional de la abundancia del parche *Ch. crassa*, debido a que, si bien es cierto que una mayor abundancia de *Ch. crassa* genera mayor cantidad y complejidad de hábitat, lo que a su vez incrementa la diversidad y abundancia de especies (McArthur and MacArthur, 1961) como ha sido reconocido en muchos trabajos en el ambiente marino (Hull, 1997; Attrill et al., 2000; Hauser et al., 2006; Hansen et al., 2010, 2011); También debemos tener en cuenta que una mayor abundancia de los parches de *Ch. crassa* generan, al mismo tiempo, un ambiente fisicoquímicamente hostil en el sustrato subyacente al parche, ocasionando que los organismos que habitan en el sustrato subyacente disminuyan drásticamente (Raffaelli et. al., 1998).

## 9. CONCLUSIONES

- Los filamentos de *Ch. crassa* incrementan la cantidad y complejidad del hábitat disponible en el submareal somero de la Isla San Lorenzo.
- La abundancia del parche de *Ch. crassa* en la Isla San Lorenzo, oscila estacionalmente generando una variación estacional en la cantidad de hábitat disponible.
- La comunidad macrobentónica que habita en los filamentos de *Ch. crassa* presentó los mayores valores de abundancia y biomasa, donde resaltó la dominancia de algunos taxa como los anfípodos y estadios juveniles de *C. dilatata*, *A. chilensis* y *O. kroeyeri*.
- La comunidad macrobentónica que habita en el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* presentó la menor abundancia y biomasa, resaltando la dominancia de algunos taxa tolerantes a niveles de estrés y especies oportunistas.
- La comunidad que habita en el sustrato adyacente al parche *Ch. crassa* en el submareal somero de la Isla San Lorenzo, presentó grandes valores de abundancia, biomasa y riqueza de taxa, no menores a los encontrados en el parche de *Ch. crassa*, lo que evidenciaría la existencia de una interacción entre estas comunidades.
- El parche de *Ch. crassa* induce cambios opuestos en la estructura de la comunidad macrobentónica, incrementando la riqueza y abundancia de la comunidad que habita en el parche de *Ch. crassa* y disminuyendo la riqueza y abundancia de la comunidad que habita en el sustrato subyacente al parche de *Ch. crassa* del submareal somero de la Isla San Lorenzo.

- La estructura y composición de la comunidad macrobentónica asociada al parche de *Ch. crassa* dependería de: 1) la comunidad presente en los sustratos adyacentes, 2) la abundancia del parche de *Ch. crassa*, 3) La variación estacional de abundancia del parche de *Ch. crassa* y 4) la variabilidad temporal de la dinámica poblacional de las especies.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEA C. & C. VALDOVINOS. 2005. Moluscos del Intermareal Rocoso del Centro-Sur de Chile (36° - 38°S): Taxonomía y Clave de Identificación. Gayana (Concepc.) 69 (2): 364-396.
- ALLEN J. 1992. Benthic invertebrates living in macroalgal mats on intertidal mudflats of Elkhorn Slough, California. Thesis for the degree of Master on Science. Faculty of Moss Landing Marine Laboratories. San Jose State University.
- ALVES A., C. MOURA, G. ALVES & L. GESTINARI. 2009. Os gêneros *Chaetomorpha* Kütz. nom. cons. e *Rhizoclonium* Kütz. (Chlorophyta) do litoral do Estado da Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 32 (3) 545-570.
- ANDERSON M. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Austral Ecology. 26: 32-46.
- ANTIT M., A. DAOULATLI, J. RUEDA & C. SALAS. 2013. Temporal variation of the algae-associated molluscan assemblage of artificial substrata in the Bay of Tunis (Tunisia). Mediterranean Marine Science 14(2): 390-402.
- APAYDIN Y. & I. TURAN. 2002. A New Record for the Algal Flora of Turkey: *Chaetomorpha crassa* (C.Ag.) Kütz. (Cladophoraceae, Chlorophyceae). Turkish Journal of Botany 26: 171-174.
- ARGÜELLES J., A. TAÍPE, E. ESPINOZA, S. AGUILAR, W. GARCÍA, J. TENORIO, J. ZAVALA, A. GAMARRA, & C. SANTOS. 2010. Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en la región Lima entre Chancay a Cerro Azul. Informe interno del IMARPE. Pp. 25-42.
- ARGÜELLES J., J. QUISPE, J. LEDESMA et. al., 2011. Estudio Línea Base – ELBA Callao, primavera 2011. Informe IMARPE. 39(3-4): 149-198.
- ATTRILL M., J. STRONG & A. ROWDEN. 2000. Are macroinvertebrate communities influenced by seagrass structural complexity? Ecography 23: 114-121.
- BUSCHBAUM C., A. CHAPMAN & B. SAIER. 2006. How an introduced seaweed can affect epibiota diversity in different coastal systems. Marine Biology 148: 743–754.
- CANCINO J. & B. SANTELICES. 1984. Importancia ecológica de los discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. Revista Chilena de Historia Natural. 57: 23-33.

- CARBAJAL P. 2013. Estructura y composición de la comunidad de invertebrados macrobentónicos asociados a praderas de algas pardas laminariales frente a la costa del Perú. Tesis, Título Profesional en Biología, mención Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- CARRASCO F. 1996. La macroinfauna bentónica de la Bahía Concepción, Chile: Alta dominancia ecológica en el sublitoral somero frente a Lirquén. *Gayana Oceanología* 4(1): 1-12.
- CARRASCO F., W. CARBAJAL & M. PALMA. 1996. El macrobentos del sublitoral de Bahía de San Vicente, Chile: dominancia ecológica y diversidad específica en un gradiente de enriquecimiento orgánico. *Gayana Oceanologia* 4(2): 195-211.
- CLARKE K. & R. WARWICK. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation. 2<sup>nd</sup> edition: Primer-e, Plymouth, UK. 172p.
- COULL B. & J. WELLS. 1983. Refuges from fish predation: experiments with phytal meiofauna from the New Zealand rocky intertidal. *Ecology* 64, 1599-1609.
- CREMONA F., D. PLANAS & M. LUCOTTE. 2008. Biomass and composition of macroinvertebrate communities associated with different types of macrophyte architectures and habitats in a large fluvial lake. *Fundamental and Applied Limnology*.171 (2): 119-130.
- CYR H. & J. DOWNING. 1988. The abundance of phytophilous invertebrates on different species of submerged macrophytes. *Freshwater Biology*. 20: 365-374.
- DUFFY J. & M. HAY. 1994. Herbivore resistance to seaweed chemical defence: the roles of mobility and predation risk. *Ecology* 72:1286–1298.
- EDGARD G. 1983. The ecology of south-east Tasmanian phytal animal communities. Factors affecting the distribution of amphitoid amphipods among algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 70: 205-225.
- ECKMAN J., D. DUGGINS, & A. SEWELL. 1989. Ecology of understory kelp environments. Effects of kelps on flow and particle transport near the bottom. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 129, 173–188.
- ENFEN. 2014a. Comunicado Oficial ENFEN N° 4 – 2014.
- ENFEN. 2014b. Comunicado Oficial ENFEN N° 6 – 2014.
- ENFEN. 2014c. Comunicado Oficial ENFEN N° 12 – 2014.
- ESPOZ C., D. LINDERG, J. CASTILLA & B. SIMISON. 2004. Los patelogastrópodos intermareales de Chile y Perú. *Revista Chilena de Historia Natural* 77 (2): 257–283.

- EVERETT R. 1991. Intertidal distribution of infauna in a central California lagoon: the role of seasonal blooms of macroalgae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 150, 223–47.
- EVERETT R. 1994. Macroalgae in marine soft-sediment communities: effects on benthic faunal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 175, 253–274.
- FAUCHALD K. 1977. The Polychaete Worms Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Museum of Los Angeles Country. Science series 28: 1–160.
- FERNANDEZ E., C. CORDOVA & J. TARAZONA. 1999. Condiciones de la pradera submareal de *Lessonia trabeculata* en la Isla Independencia durante “El Niño 1997-98”. *Revista Peruana de Biología*. Volumen extraordinario: 47-59.
- FLEMMING B. 2000. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. *Continental Shelf Research* 20: 1125-1137.
- FOLK R., P. ANDREWS & D. LEWIS. 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 13: 937-968.
- FOSTER M. & D. SCHIEL. 1985. The ecology of giant kelp forests in California: a community profile. United States Fish and Wildlife Service Biological Report 85: 1-152.
- GRAY J. & M. ELLIOTT. 2009. *Ecology of Marine Sediments: From Science to Management*. Oxford University Press, New York. 22-33 pp.
- GREGG W. & F. ROSE. 1982. The effects of aquatic macrophytes on the stream microenvironment. *Aquatic Botany*. 14, 309-324.
- GUZMAN N., S. SAÁ & L. ORTILEB. 1998. Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gastropoda y Pelecypoda) de la Zona de Antofagasta, 23°S (Chile). *Estudios Oceanológicos* 17: 17–86.
- HAGERMAN L. 1966. The macro and microfauna associated with *Fucus serratus*. *Ophelia* 3: 1-43.
- HANSEN J., J. SAGERMAN & S. WIKSTRÖM. 2010. Effects of plant morphology on small-scale distribution of invertebrates. *Marine Biology* 157: 2143-2155.
- HANSEN J., S. WIKSTRÖM, H. AXEMAR & L. KAUTSKY, 2011. Distribution differences and active habitat choices of invertebrates between macrophytes of different morphological complexity. *Aquatic Ecology* 45: 11-22.

- HAUSER A., M. ATTRILL & P. COTTON. 2006. Effects of habitat complexity on the diversity and abundance of macrofauna colonising artificial kelp holdfasts. *Marine Ecology Progress Series* 325: 93-100.
- HOLBROOK N., N. DENNY & M. KOEHL. 1991. Intertidal trees: consequences of aggregation on the mechanical and photosynthetic properties of sea palms *Postelsia palmaeformis* Ruprecht. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 146: 39–68.
- HOFFMAN A. & B. SANTELICES. 1997. Flora marina de Chile central. Ediciones de la Universidad Católica de Chile, Santiago. Pp. 85-87.
- HOOKER Y. 2011. Criterios de zonificación para áreas marinas protegidas del Perú. Unidad Marino Costera, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP-MINAN), Perú. *Revista de áreas marinas protegidas, Perú* N°1.
- HUDTWALCKER J. 2009. Geografía y paisaje de la Isla San Lorenzo. *Revista de Marina* 102(1):59–74.
- HULL S. 1987. Macroalgal mats and species abundances: a field experiment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 25, 519–32.
- HULL S. 1988. The growth of macroalgal mats on the Ythan Estuary, with respect to their effects on invertebrate abundance. PhD thesis, University of Aberdeen.
- HULL S. 1997. Seasonal changes in diversity and abundance of ostracods on four species of intertidal algae with differing structural complexity. *Marine Ecology Progress Series*. 161: 71-82.
- HYNES H. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Toronto University Press, Toronto. 555p.
- IMARPE. 2008a. Evaluación de las praderas de macroalgas en la zona marino costera de Quilca a Matarani, Región Arequipa, 14-21 de junio de 2008.
- IMARPE. 2008b. Situación actual de las praderas de las macroalgas marinas en el litoral costero de la región Sur del Perú, octubre-noviembre del 2008.
- IMARPE 2015 (en línea). Área funcional de sensoramiento remoto, portal web [[http://satelite.imarpe.gob.pe/uprsig/sst\\_prov.html](http://satelite.imarpe.gob.pe/uprsig/sst_prov.html)]
- KEEN M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America*. Standford University Press. 2nd ed. California.
- KOVALENKO K., S. THOMAS & D. WARFE. 2012. Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia* 685: 1-17

- KRAUSE-JENSEN D., K. MCGLATHERY, S. RYSGAARD & P. BOND-CHRISTENSEN. 1996. Production within dense mats of the filamentous macroalga *Chaetomorpha linum* in relation to light and nutrient availability. *Marine Ecology Progress Series* 134: 207-216.
- LANGTRY S. & CH. JACOBY. 1996. Fish and decapod crustaceans inhabiting drifting algae in Jervis Bay, New South Wales. *Australian Journal Ecology* 21 (3): 264–271.
- LELIAERT F. 2004. Taxonomic and phylogenetic studies in the Cladophorophyceae (Chlorophyta). Tesis, Grado Académico de Doctor en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad de Gent.
- LEITE F. & A. TURRA. 2003. Temporal variation in *Sargassum* biomass, *Hypnea* epiphytism and associated fauna. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 46: 665-671.
- MCARTHUR R. & J. MACARTHUR. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- MACARTHUR R. 1965. Patterns of species diversity. *Biological Reviews*. 40: 510-533.
- MAGURRAN A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179p.
- MAGURRAN A. 2004. *Measuring biological diversity*. 1st ed. Oxford. Blackwell Publishing. 256p.
- MARINCOVICH L. 1973. Intertidal mollusk of Iquique, Chile. *Natural History Museum Los Angeles County Science Bulletin* 16: 1-49.
- MARX J. & W. HERMKIND. 1985. Factors regulating microhabitat use by young juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus*: food and shelter. *Journal of Crustacean Biology*. 5: 650-657.
- MÉNDEZ M. & P. AGUILAR. 1977. Notas sobre Crustáceos del Mar del Perú y la Familia Porcellanidae (Decapoda, Reptantia, Anomura). *Anales Científicos UNA* 15 (1-4): 85–108.
- MÉNDEZ M. 1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín Instituto del Mar del Perú – Callao* 5: 1-170.
- MORSE D., J. LAWTON, M. DODSON, & M. WILLIAMSON. 1985. Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body length. *Nature* 314: 731-733.

- MINAM, Dirección General de Diversidad Biológica. 2010. Cuarto informe nacional sobre la aplicación del convenio de diversidad biológica Años 2006-2009 capítulos i, ii, iii, iv. Apéndices, y anexo áreas protegidas. Pp. 42-43.
- NORKKO A. & E. BONSDORFF. 1996. Population responses of coastal zoobenthos to stress induced by drifting algal mats. *Marine Ecology Progress Series* 140: 141–151.
- NORKKO A. 1998. The impact of loose-lying algal mats and predation by the brown shrimp *Crangon crangon* (L.) on infaunal prey dispersal and survival. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 221: 99–116.
- NORKKO J., E. BONSDORFF & A. NORKKO. 2000. Drifting algal mats as an alternative habitat for benthic invertebrates: Species-specific responses to a transient resource. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 248: 79–104.
- ÖSTERLING M. & L. PIHL. 2001. Effects of filamentous green algal mats on benthic macrofaunal functional feeding groups. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 263: 159–183.
- PAREDES C. & F. CARDOSO. 2007. La Familia Calyptraeidae en el Perú (Gastropoda: Caenogastropoda). *Revista Peruana de Biología* 13 (3): 177–184.
- PIHL L., G. MAGNUSSON, I. ISAKSSON & I. WALLENTINUS. 1996. Distribution and growth dynamics of ephemeral macroalgae in shallow bays on the Swedish west coast. *Journal of Sea Research* 35 (1): 169–180.
- RAFFAELLI, D., S. HULL, S. & H. MILNE. 1989. Long-term changes in nutrients, macroalgal mats and shorebirds in an estuarine system. *Cahiers de Biologie Marine* 30: 259–70.
- RAFFAELLI D., J. LIMIA, S. HULL & S. PONT. 1991. Interactions between invertebrates and macroalgal mats on estuarine mudflats. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 71: 899–908.
- RAFFAELLI D., J. RAVEN & L. POOLE. 1998. Ecological impact of green macroalgal blooms. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 36: 97-125.
- RAGNARSSON S. 1996. Successional patterns and biotic interactions in intertidal sediments. PhD thesis, University of Aberdeen.
- REINECK H. & W. SIEFERT. 1980. Faktoren der Schlickbildung im Sahlenburger Watt und Neuwerker Watt. *Die KuK ste* 35: 26-51.
- ROMERO L., C. PAREDES & R. CHÁVEZ. 1988. Estructura de la macrofauna asociada a los rizoides de *Lessonia* sp. (Laminareales, Phaeophyta). *Boletín del Instituto del Mar del Perú- Callao. Vol. Extraordinario*: 133-139.

- RUEDA J., S. GOFAS, J. URRÁ & C. SALAS. 2009. A highly diverse molluscan assemblage associated with eelgrass beds (*Zostera marina* L.) in the Alboran Sea: Micro-habitat preference, feeding guilds and biogeographical distribution. *Scientia Marina* 73 (4): 669-700.
- RUSSO A. 1990. The role of seaweed complexity in structuring Hawaiian epiphytal amphipod communities. *Hydrobiologia* 194: 1-12.
- SALOVIUS S. & P. KRAUFVELIN. 2004. Filamentous green alga *Cladophora glomerata* as a habitat for littoral macrofauna in the Northern Baltic Sea. *Ophelia* 58 (2): 65-78.
- SANTAMARÍA J. 2014. Macroinvertebrados bentónicos del submareal somero de la Isla San Lorenzo, Callao, Perú. Tesis, Título Profesional en Biología, mención en Hidrobiología y Pesquería. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- SCHMIDT A. & R. SCHEIBLING. 2006. A comparison of epifauna and epiphytes on native kelps (*Laminaria* species) and an invasive alga (*Codium fragile* ssp *tomentosoides*) in Nova Scotia, Canada. *Botanica Marina* 49(4): 315-330.
- STONER A. & F. LEWIS. 1985. The influence of quantitative and qualitative aspects of habitat complexity in tropical sea-grass meadows. *Journal of Experimental and Marine Biology and Ecology*. 94: 19-40.
- TARAZONA J., D. GUTIÉRREZ, C. PAREDES & A. INDACOCHEA. 2003. Overview and challenges of Marine Biodiversity Research in Peru. *Gayana* 67 (2): 206-231.
- TARAZONA J., A. INDACOCHEA, S. VALLE et. al., 1999. Impacto de "El Niño 1997-98" sobre el ecosistema Marino somero de la costa central del Perú. *Revista Peruana de Biología*. Volumen extraordinario: 18-31.
- THIEL M. & J. VASQUEZ. 2000. Are kelp holdfasts islands on the ocean floor? – Indication for temporarily closed aggregations of peracarid crustaceans. *Hydrobiologia*, 440: 45-54.
- THOMSEN M. & K. MCGLATHERY. 2005. Facilitation of macroalgae by the sedimentary tube forming polychaete *Diopatra cuprea*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62: 63–73.
- THOMSEN M., T. WERNBERG, A. ENGELEN, et al., 2012. A Meta-Analysis of Seaweed Impacts on Seagrasses: Generalities and Knowledge Gaps. *PLoS One* 7(1): 528-595.
- TOKESHI M. & S. ARAKAKI. 2012. Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. *Hydrobiologia* 685: 27-47.

- VEIGA P., M. RUBAL & I. SOUSA-PINTO. 2014. Structural complexity of macroalgae influences epifaunal assemblages associated with native and invasive species. *Marine Environmental Research* 101: 115-123.
- VIEJO R. 1999. Mobile epifauna inhabiting the invasive *Sargassum muticum* and two local seaweeds in northern Spain. *Aquatic Botany* 64: 131–149.
- WARFE D., L. BARMUTA. 2004. Habitat structural complexity mediates the foraging success of multiple predator species. *Oecologia* 141: 171-178.
- WILLIS, S., K.O. WINEMILLER & H. LOPEZ-FERNANDEZ. 2005. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. *Oecologia* 142: 284-295.
- WYNNE M. 2011. Proposal of the Name *Chaetomorpha vieillardii* (Kütz.), n. comb. for a Large-Celled Tropical *Chaetomorpha* (Chlorophyta). *Pacific Science* 65 (1): 109-115.
- YUPANQUI W., E. ENRÍQUEZ, L. QUIPÚZCOA, R. MARQUINA, F. VELAZCO, C. PAREDES & D. GUTIERREZ. 2011. Informe interno del IMARPE. Composición funcional del grupo Polychaeta en la bahía de Paita y la plataforma adyacente (5°S), Perú. Febrero 2003 a octubre 2008. *Boletín Instituto del Mar del Perú* 26 (1-2).
- ZAR J. 1984. *Biostatistical Analysis*, 2nd edn. New Jersey: Prentice-Hall.