

Reg. 279655

M  
AC 174  
2019

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

Estudio comparativo de las características granulométricas en la desembocadura del  
Humedal Mantagua en el invierno de 2015 y verano de 2016

TESIS



Cristián Andrés Acevedo Godoy

2019

**CRISTIAN ANDRÉS ACEVEDO GODOY**

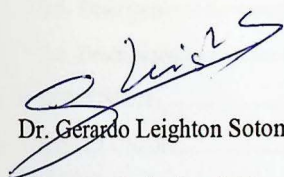
Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título  
profesional de Biólogo Marino

**COMISIÓN DE TÍTULO**

  
Hernán Vergara Cortés

**Director**

Universidad de Valparaíso



Dr. Gerardo Leighton Sotomayor

**Miembro de la Comisión**

Universidad de Valparaíso



Víctor Gudiño Gacitúa

**Miembro de la Comisión**

Universidad de Valparaíso

## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. OBJETIVOS .....	14
2.1. Objetivo general.....	14
2.2. Objetivos específicos .....	14
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
4.1. Área de estudio.....	16
4.2. Metodología .....	18
4.3. Análisis granulométrico .....	18
4.4. Análisis estadísticos .....	19
5. RESULTADOS .....	25
5.1. Descripción del sedimento submareal, campaña invierno 2015 .....	25
5.2. Descripción del sedimento submareal, campaña verano 2016.....	32
5.3. Dinámica temporal del sedimento submareal .....	39
5.4. Descripción sedimento intermareal, invierno 2015.....	43
5.5. Descripción sedimento intermareal, verano 2016 .....	50
5.6. Descripción sedimento intermareal, verano 2016 .....	50
6. DISCUSIÓN .....	61
7. CONCLUSIÓN.....	64
8. LITERATURA CITADA.....	65

## AGRADECIMIENTOS

Se me hace difícil poder agradecer a todos los que de una u otra manera aportaron para lograr el objetivo de ser un profesional, de igual forma debo nombrar a quienes marcaron algo en esta etapa.

En primera instancia debo agradecer a mis padres Santiago y Blanca por darme la posibilidad de estudiar, principalmente a mi madre quien forjó nuestro destino con mucho esfuerzo y dedicación. A mi hijo Cristian, quien revivió en mí el querer ser alguien mejor y un motivo de lucha constante para dar siempre lo mejor. A mis hermanos Santiago y Ariel, así como a mis sobrinos Isabel, Mateo y Panchito, que son parte de mi motivación de cumplir mis metas. A Bárbara quien siempre confió en mí y logro encontrar mi mejor versión, quien por años recorrió junto a mí en este período de crecimiento profesional, quien me acompañó como polola por largos años y hoy en día es mi esposa, mi compañera, amiga y por sobre todo, mi amor. También a su familia que me recibió como uno más de ellos y dieron su apoyo constante.

A Víctor Gudiño por ser un buen amigo y compartir sus conocimientos sin pedir nada a cambio. Al profesor Hernán Vergara por sus conocimientos e insistencia en cerrar el ciclo de convertirme en profesional. A todos quienes forman parte de esta facultad, los profesionales, asistentes y administrativos que dieron alguna palabra de aliento para mantener la motivación.

A mis amigos, esos que pasan a ser la familia que uno elige, ya sean mis amigos de la vida, como los que he conseguido en el largo camino de ser un Biólogo, Rodrigo Retamales, Manuel Silva, Andrés Alarcón, Daniel Alarcón, Benjamín Ganga, Daniel González, Pía Pinto, Laura Gutiérrez, Fernanda Vargas y a todos los que con alguna buena o mala palabra me alentaron para llegar a la meta.

Por último a todos aquellos que partieron dejando huellas tremendas en mi persona, mi padre hermoso Santiago Acevedo, mis tíos Nelson y Wille, mi tía Belly, mi tía Lucy y mis amigos Fernando y el negro Javier.

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE ESTACIONES DE MUESTREO. CAMPAÑA I (AGOSTO DE 2015) Y II (ENERO DE 2016). HUMEDAL MANTAGUA, REGIÓN DE VALPARAÍSO.....	17
TABLA 2. ESCALA DE TAMAÑO DE LOS GRANOS DE SEDIMENTO Y SU TERMINOLOGÍA DESCRIPTIVA. (MODIFICADO DE BLOTT & PYE 2001).....	19
TABLA 3. ESCALA CUALITATIVA DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR GRÁFICA INCLUSIVA ( $\Sigma_1$ ).....	20
TABLA 4. ESCALA DESCRIPTIVA CUALITATIVA DE LA ASIMETRÍA ( $SK_1$ ).....	21
TABLA 5. ESCALA CUALITATIVA PARA LA CURTOSIS (KG).....	22
TABLA 6. TAMAÑO PROMEDIO GRÁFICO. ....	23
TABLA 7. RESUMEN DE LA FRACCIÓN DE SEDIMENTO DOMINANTE (ESCALA DE WENTWORTH) EN LOS SEDIMENTOS SUBMAREALES DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO DE 2015 (%). ....	25
TABLA 8. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL SEDIMENTO SUBMAREAL. MONITOREO INVIERNO 2015, HUMEDAL MANTAGUA. ....	31
TABLA 9. RESUMEN DE LA FRACCIÓN DE SEDIMENTO DOMINANTE (ESCALA DE WENTWORTH) EN LOS SEDIMENTOS SUBMAREALES DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	32
TABLA 10. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL SEDIMENTO SUBMAREAL. MONITOREO VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	38
TABLA 11. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SIMILITUD (ANOSIM) DE UNA VÍA, EN EL SEDIMENTO SUBMAREAL, INVIERNO 2015-VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	40
TABLA 12. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS (PROMEDIOS) DE SEDIMENTOS SUBMAREALES, PERIODO INVIERNO 2015 Y VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA.....	42

<b>TABLA 13.</b> RESUMEN DE LA FRACCIÓN DE SEDIMENTO DOMINANTE (ESCALA DE WENTWORTH) EN LOS SEDIMENTOS INTERMAREALES DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO DE 2015.....	43
<b>TABLA 14.</b> ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL SEDIMENTO INTERMAREAL. MONITOREO INVIERNO 2015, HUMEDAL MANTAGUA. ....	49
<b>TABLA 15.</b> RESUMEN DE LA FRACCIÓN DE SEDIMENTO DOMINANTE (ESCALA DE WENTWORTH) EN LOS SEDIMENTOS INTERMAREALES DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016.....	50
<b>TABLA 16.</b> ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL SEDIMENTO INTERMAREAL. MONITOREO VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	56
<b>TABLA 17.</b> RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SIMILITUD (ANOSIM) DE UNA VÍA PARA VALIDAR DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN EL SEDIMENTO INTERMAREAL, INVIERNO 2015-VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	58
<b>TABLA 18.</b> ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS (PROMEDIOS) DE SEDIMENTOS INTERMAREALES, PERIODO INVIERNO 2015 Y VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> IMAGEN SATELITAL DEL HUMEDAL MANTAGUA, DONDE SE IDENTIFICA LA ZONA DE ESTUDIO Y LAS 4 ESTACIONES DE MUESTREO. (IMAGEN OBTENIDA DESDE GOOGLE EARTH, AGOSTO 2017) .....	17
<b>FIGURA 2.</b> ESQUEMA DE MONITOREO DE LA ZONA INTERMAREAL (DAHL 1952).....	18
<b>FIGURA 3.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERTENECIENTE A LA TRANSECTA T1, DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO 2015. ....	26
<b>FIGURA 4.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERTENECIENTE A LA TRANSECTA T2, DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO 2015. ....	26
<b>FIGURA 5.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERTENECIENTE A LA TRANSECTA T3, DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO 2015. ....	27
<b>FIGURA 6.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERTENECIENTE A LA TRANSECTA T4, DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO 2015. ....	27
<b>FIGURA 7.</b> DIAGRAMA TERNARIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES EN EL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERIODO INVIERNO 2015, HUMEDAL MANTAGUA. ....	29
<b>FIGURA 8.</b> ANÁLISIS DE CLÚSTER DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES EN EL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERIODO INVIERNO 2015, HUMEDAL MANTAGUA. ....	29
<b>FIGURA 9.</b> ANÁLISIS NMDS DE LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONES DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERIODO INVIERNO 2015, HUMEDAL MANTAGUA.....	30

<b>FIGURA 10.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, CORRESPONDIENTE A LA TRANSECTA T 1, DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	33
<b>FIGURA 11.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, CORRESPONDIENTE A LA TRANSECTA T 2, DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	33
<b>FIGURA 12.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, CORRESPONDIENTE A LA TRANSECTA T 3, DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	34
<b>FIGURA 13.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, CORRESPONDIENTE A LA TRANSECTA T 4, DE LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	34
<b>FIGURA 14.</b> DIAGRAMA TERNARIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES EN EL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERIODO VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	36
<b>FIGURA 15.</b> ANÁLISIS DE CLÚSTER DE LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONES SUBMAREAL, PERIODO VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	37
<b>FIGURA 16.</b> NMDS DE LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONES DEL SEDIMENTO SUBMAREAL, PERIODO VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	37
<b>FIGURA 17.</b> ANÁLISIS NMDS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES SUBMAREAL, INVIERNO 2015-VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	40
<b>FIGURA 18.</b> GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES DEL TAMAÑO MEDIO DE PARTÍCULA, EN EL SEDIMENTO SUBMAREAL CAMPAÑAS DE INVIERNO 2015-VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	41

<b>FIGURA 19.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO INTERMAREAL DE LA TRANSECTA 1, PERTENECIENTE A LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO 2015. ....	44
<b>FIGURA 20.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO INTERMAREAL DE LA TRANSECTA 2, PERTENECIENTE A LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO 2015. ....	44
<b>FIGURA 21.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO INTERMAREAL DE LA TRANSECTA 3, PERTENECIENTE A LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO 2015. ....	45
<b>FIGURA 22.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO INTERMAREAL DE LA TRANSECTA 4, PERTENECIENTE A LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE INVIERNO 2015. ....	45
<b>FIGURA 23.</b> DIAGRAMA TERNARIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES EN EL SEDIMENTO INTERMAREAL, PERIODO INVIERNO 2015, HUMEDAL MANTAGUA. ....	47
<b>FIGURA 24.</b> ANÁLISIS DE CLÚSTER DE LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONES INTERMAREAL, PERIODO INVIERNO 2015, HUMEDAL MANTAGUA. ....	47
<b>FIGURA 25.</b> ANÁLISIS NMDS DE LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONES INTERMAREAL, PERIODO INVIERNO 2015, HUMEDAL MANTAGUA. ....	48
<b>FIGURA 26.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO INTERMAREAL, PARA LA TRANSECTA T 1, PERTENECIENTE A LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	51

<b>FIGURA 27.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO INTERMAREAL, PARA LA TRANSECTA T 2, PERTENECIENTE A LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	51
<b>FIGURA 28.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO INTERMAREAL, PARA LA TRANSECTA T 3, PERTENECIENTE A LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	52
<b>FIGURA 29.</b> COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PORCENTUAL (ESCALA DE WENTWORTH) DEL SEDIMENTO INTERMAREAL, PARA LA TRANSECTA T 4, PERTENECIENTE A LA DESEMBOCADURA DEL HUMEDAL MANTAGUA EN LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2016. ....	52
<b>FIGURA 30.</b> DIAGRAMA TERNARIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES EN EL SEDIMENTO INTERMAREAL, PERIODO VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	53
<b>FIGURA 31.</b> ANÁLISIS DE CLÚSTER DE LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONES INTERMAREAL, PERIODO VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	54
<b>FIGURA 32.</b> ANÁLISIS NMDS DE LA DISTRIBUCIÓN ESTACIONES INTERMAREAL, PERIODO VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	54
<b>FIGURA 33.</b> ANÁLISIS NMDS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL SEDIMENTO INTERMAREAL, INVIERNO 2015-VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	58
<b>FIGURA 34.</b> GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES DEL TAMAÑO MEDIO DE PARTÍCULA, EN EL SEDIMENTO INTERMAREAL. CAMPAÑAS DE INVIERNO 2015- VERANO 2016, HUMEDAL MANTAGUA. ....	59

## RESUMEN

Se analizó una matriz de datos granulométricos correspondientes a sedimentos intermareales y submareales del Humedal Mantagua, Región de Valparaíso. Los datos fueron obtenidos en el contexto del proyecto “Los alumnos primero: hacia una mayor eficacia y eficiencia curricular del pregrado en la UV, UVA 1315”, el cual se realizó entre invierno de 2015 y verano 2016. Las muestras de sedimentos se obtuvieron con un corer de 90 cm<sup>2</sup> de área de mordida. Posteriormente, las muestras fueron secadas y tamizadas, para luego ser pesadas y clasificadas según la escala de Udden-Wentworth (1922). A partir de tales datos, se calcularon los estadísticos descriptivos con el fin de describir las características del sedimento. De forma complementaria se utilizaron análisis multivariados no paramétricos y gráficos, para evaluar diferencias significativas en las escalas espaciales y temporales.

Los resultados indicaron que el sedimento submareal en ambos períodos de estudio, se caracterizó por el dominio de la fracción arena fina. Por su parte, el sedimento intermareal presentó la tendencia hacia los tamaños arena fina y arena media. En ambos tipos de sedimentos, los análisis estadísticos aplicados detectaron diferencias significativas entre las épocas de invierno y verano. Estas diferencias se explican por el aumento en el verano de los tamaños de las partículas.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Chile se ha puesto poca atención al rol que cumplen los estuarios y lagunas costeras, a pesar de su reconocida importancia a nivel mundial. Su característica determinante es la presencia permanente o temporal de agua a lo largo de todo el año, situación que favorece el desarrollo exitoso de una amplia diversidad de flora, fauna y microorganismos que interactúan en complejas relaciones para mantener un equilibrio ecológico de alta fragilidad (Arteaga 2014). Los humedales costeros de Chile central y las dunas costeras que a veces los acompañan, son ambientes extremadamente dinámicos y frágiles, cuya existencia se encuentra condicionada por una gran variedad de factores naturales y antrópicos, entre los que se cuentan la variabilidad hidrológica y climática, el alto contenido energético litoral, la variabilidad en la disposición de sedimentos, la sismicidad y los procesos tectónicos de la costa chilena, que generan cambios morfológicos mayores en los sectores costeros (Contreras *et al.* 2017). De manera general, estos sistemas se caracterizan por ser áreas costeras donde las aguas continentales ("aguas dulces") se mezclan gradualmente con las aguas oceánicas salobres determinando la existencia de amplios gradientes de salinidad, temperatura y densidad. Además se caracterizan por tener una dinámica interna muy particular en sus variables químicas, físicas y biológicas, las cuales están determinadas en gran medida por sus cuatro grandes componentes: caudal y escurrimiento de los ríos, entrada de agua de mar por efecto de las mareas, la roca madre del lecho y el transporte de sedimentos y la atmósfera (Stuardo & Valdovinos 1989). Debido al aporte continental de una cantidad importante de nutrientes, materia orgánica particulada y sedimentos, transportados por los ríos, esteros y/o arroyos, estos sistemas son unos de los más productivos del mundo (CEA 2010). Debido a esta gran productividad y heterogeneidad de

ambientes, los estuarios y humedales sustentan una alta diversidad biológica de acuerdo a su origen, localización, régimen acuático, características del suelo y vegetación (Scott & Carbonell 1986, RAMSAR 1998, Bó & Malvárez 1999, Vila *et al.* 2006) cumpliendo un rol natural importantísimo como sitios de reproducción, desarrollo y crecimiento de muchas especies de animales y plantas estuariales y de muchas especies marinas que remontan hacia el estuario durante su período reproductivo y de una manera especial y fundamental para las comunidades de aves acuáticas (Céspedes 2006). Además, realizan grandes aportes de energía a las áreas costeras adyacentes, teniendo por ello gran importancia para las pesquerías (Stuardo & Valdovinos 1989). Por lo tanto, las zonas estuarinas representan ecosistemas con gran valor ecológico, económico y social a nivel regional y mundial (González *et al.* 2012). Por otra parte, estos sistemas incluyen también áreas donde los procesos de sedimentación son muy intensos, lo que suele manifestarse en la formación de extensas barras de arena que interrumpen la activa interacción entre las aguas continentales y oceánicas que constituían en zonas muy lábiles, especialmente a las actividades humanas y a la descarga de efluentes industriales y urbanos que normalmente se sitúan en los márgenes de estos sistemas (Stuardo & Valdovinos 1989).

El estudio de los sedimentos, en particular su granulometría, entrega información sobre la estructura y composición del fondo marino, información de significativa importancia, puesto que se relaciona con otros aspectos del ambiente, como lo son el tipo de organismos que habitan los sedimentos, cantidad de materia orgánica que se deposite en el fondo somero. Diversos estudios muestran que la distribución de ciertas especies bentónicas está asociada directamente al tamaño del grano y a la clasificación de sedimentos, puesto que estos determinan la porosidad y capilaridad del medio (Wieser 1959). Algunas

comunidades asociadas al fondo presentan características de asociarse a sustratos particulares, mediante adaptaciones morfo y fisiológicas. Del mismo modo existen una serie de estudios que al considerar de forma conjunta la composición granulométrica y el contenido orgánico del sedimento, establecen una relación inversamente proporcional entre el contenido de materia orgánica y el tamaño de las partículas de sedimento, asociando a las fracciones más finas una carga orgánica mayor (Cabrera *et al.* 2004).

También el tamaño de las partículas que componen los sedimento es el indicador más utilizado para clasificar el tipo de sedimentos en humedales y lagunas, y son utilizados para identificar el origen de los aportes de sólidos y sedimentos que entran a un cuerpo de agua (Vargas & Linero 2017).

La información obtenida, procesada e interpretada en esta tesis es el producto del proyecto “Los alumnos primero: hacia una mayor eficacia y eficiencia curricular del pregrado en la UV, UVA 1315”, el cual se realizó entre agosto de 2015 y junio 2016.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Determinar las características del sedimento en el sistema de desembocadura del Humedal Mantagua.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar el fondo intermareal de la zona de estudio de acuerdo al tamaño de las partículas.
- Caracterizar el fondo submareal de la zona de estudio de acuerdo al tamaño de las partículas.
- Determinar si existen diferencias significativas en el tamaño del grano en los sitios monitoreados.
- Comparar las características del sedimento entre periodos de invierno de 2015 y verano de 2016.

### 3. HIPÓTESIS

Si el tamaño de las partículas del sedimento intermareal y submareal difiere significativamente entre las estaciones de invierno y verano, ello generará diferencias de índole granulométricos del Humedal Mantagua.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el borde costero correspondiente al Humedal Mantagua, el cual se encuentra ubicado en la comuna de Quintero, Región de Valparaíso. El Humedal Mantagua ( $32^{\circ} 53' 1,11''$  S -  $71^{\circ} 30' 38,91''$  O) es un cuerpo de agua perteneciente a la cuenca del estero de Mantagua. Se encuentra conformada por una laguna costera y un estuario, abarcando una superficie de 200 há.

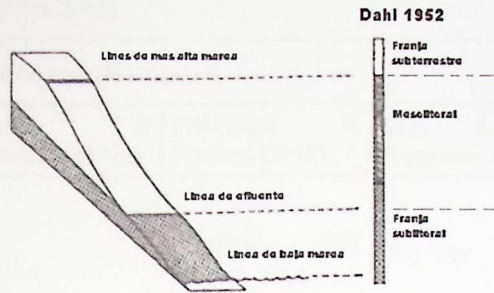
En el área de estudio, se establecieron 4 sitios de muestreo (T1, T2, T3 y T4), los cuales se localizaron en la zona estuarina del estero Mantagua (Figura 1). En cada estación se recolectaron muestras en el intermareal (supralitoral, mesolitoral, infralitoral) y submareal (alto, medio y bajo), por triplicado, según la metodología propuesta por Dahl 1952 (Figura 2). Dichos puntos fueron georreferenciados mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Datum 84 (Tabla 1 y Figura 1).



**Figura 1.** Imagen satelital del humedal Mantagua, donde se identifica la zona de estudio y las 4 estaciones de muestreo. (Imagen obtenida desde Google Earth, agosto 2017)

**Tabla 1.** Coordenadas geográficas de estaciones de muestreo. Campaña I (agosto de 2015) y II (enero de 2016). Humedal Mantagua, Región de Valparaíso.

Estación	Coordenadas geográficas	
	Latitud	Longitud
T1	32°52'58.99"S	71°30'36.52"O
T2	32°52'56.88"S	71°30'39.24"O
T3	32°53'6.02"S	71°30'42.68"O
T4	32°53'3.40"S	71°30'37.33"O



**Figura 2.** Esquema de monitoreo de la zona intermareal (Dahl 1952).

#### 4.2. Metodología

Las muestras de sedimentos fueron obtenidas por medio de un corer de 90 cm<sup>2</sup> de área de mordida. El instrumento está diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DGTM – MM).

#### 4.3. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico de los sedimentos (análisis por tamaño) se efectuó mediante el tamizaje de 100 gramos de sedimento de cada muestra, los cuales inicialmente fueron secados en una estufa Memmert a 50° C, posteriormente fueron tamizados en un agitador mecánico Marca Tyler, modelo Ro Taps TX-29-E por un periodo de 15 minutos por muestra. Luego las fracciones retenidas en los diferentes tamices fueron pesados por separado en una balanza analítica de precisión de 0,001 g, Marca Precisa, modelo 505 M-2020 C – DR SCS, con el fin de obtener la composición porcentual del tipo de sedimento, donde finalmente se clasificaran según la escala de Udden-Wentworth (1922).

**Tabla 2.** Escala de tamaño de los granos de sedimento y su terminología descriptiva. (Modificado de Blott & Pye 2001).

Tamaño del grano		Terminología descriptiva			
Phi	mm/ $\mu$ m	Udden & Wentworth (1922)	Friedman & Sanders (1978)	Blott & Pye (2001) Programa Gradistat	
-2	4 mm		Guijarros muy finos	Muy fina	Grava
-1	2 mm	Gránulos			
0	1 mm	Arena muy gruesa	Arena muy gruesa	Muy gruesa	
1	500 $\mu$ m	Arena muy gruesa	Arena muy gruesa	Muy gruesa	
2	250 $\mu$ m	Arena media	Arena media	Media	Arena
3	125 $\mu$ m	Arena fina	Arena fina	Fina	
4	63 $\mu$ m	Arena muy fina	Arena muy fina	Muy fina	
5	31 $\mu$ m	Limo	Limo muy grueso Limo grueso	Muy grueso Grueso	Limo

#### 4.4. Análisis estadísticos

Para trabajar la información de granulometría, los datos fueron procesados estadísticamente calculados de acuerdo a Folk & Ward (1957) mediante el programa Gradistat (Blott & Pye, 2001), el cual considera el empleo de la desviación estándar gráfica inclusiva ( $\sigma_1$ ), la asimetría ( $SK_1$ ) y la curtosis ( $Kg$ ).

De esta manera, la Desviación Estándar Gráfica Inclusiva ( $\sigma_1$ ), se obtiene a partir de la siguiente relación:

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{516}}{6,6}$$

Donde  $\phi_x$ , corresponde al percentil  $x$  en una curva de distribución granulométrica. El referido valor  $\sigma_1$ , es comparado posteriormente con la siguiente escala cualitativa, que permite indicar la clasificación relativa del sedimento:

**Tabla 3.** Escala cualitativa de Desviación Estándar Gráfica Inclusiva ( $\sigma_1$ ).

Rango de $\sigma_1$	Clasificación
$\sigma_1 < 0,35$	Muy Bien Clasificada
0,35 – 0,50	Bien Clasificada
0,50 – 1,00	Clasificación Moderada
1,00 – 2,00	Poco Clasificada
2,00 – 4,00	Mal Clasificada
$\sigma_1 > 4,00$	Muy Mal Clasificada

Fuente: Folk (1974).

En tanto, para la determinación de las medidas de Asimetría de Folk & Ward ( $SK_1$ ), se utilizó la siguiente ecuación:

$$S_{ki} = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2(\phi_{50})}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2(\phi_{50})}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Así, el valor obtenido a partir de esta relación, es comparada con la siguiente escala descriptiva cualitativa:

**Tabla 4.** Escala descriptiva cualitativa de la Asimetría ( $SK_1$ )

Rango de $SK_1$	Clasificación
-1,00 a -0,30	Alto Exceso de Gruesos
-0,30 a -0,10	Moderado Exceso de Gruesos
-0,10 a +0,10	Simétrica
+0,10 a +0,30	Moderado Exceso de Finos
+0,30 a +1,00	Alto Exceso de Finos

Fuente: Folk (1974).

Finalmente, para lograr obtener la medida de Curtosis ( $Kg$ ), se utilizó la siguiente ecuación:

$$Kg = \frac{\sigma_{95} - \sigma_5}{2,44 (\sigma_{75} - \sigma_{25})}$$

Asimismo, es importante señalar que la medida de curtosis permite medir la proporción de la clasificación de extremos de la distribución, comparándola con la parte central de la misma curva y, como tal, es una prueba bastante sensible y apreciable acerca de la normalidad de una curva de distribución granulométrica. La ventaja que presenta esta medición con respecto a otras, está dada en su relación simple con la curva de distribución normal, la cual posee un valor  $Kg= 1,00$ , y de esta forma permite obtener un significado geométrico que puede ser visualizado de manera fácil, utilizando para ello la siguiente escala cualitativa:

**Tabla 5.** Escala cualitativa para la curtosis (Kg).

Rango de Kg	Clasificación
0,67 – 0,90	Platicúrtica
0,90 – 1,11	Mesocúrtica
1,11 – 1,50	Leptocúrtica
1,50 – 3,00	Muy Leptocúrtica
Kg > 3,00	Extremadamente Leptocúrtica

Fuente: Folk (1974).

Como descriptor del valor central se utilizó la promedio gráfico ( $M_z$ ), de acuerdo a la definición de Folk (1974), ya que entrega una mejor idea de la fracción sedimentaria principal.

Se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

Utilizando el valor de  $M_z$ , se determinó la fracción sedimentaria media, mientras que la fracción sedimentaria dominante se estimó directamente de los resultados del análisis de tamices con escala de malla  $\phi$ , considerando la fracción más abundante.

**Tabla 6.** Tamaño promedio gráfico.

Rango de $\sigma_1$	Clasificación
Mayor de $-1,0 \phi$ (2mm)	Grava
$-1,0 \phi$ a $4,0 \phi$  (2 a $1/16$ mm)	Arena
$4,0 \phi$ a $8,0 \phi$  ( $1/16$ a $1/256$ mm)	Limo
$<8,0 \phi$ ( $1/256$ mm)	Arcilla

Fuente: Folk (1974).

El análisis de las proporciones de clases granulométricas, se realizó a través del diagrama ternario de Grava-Fango-Arena (Folk 1974) y gráfico de caja y bigote. Las diferencias espacio-temporales, fueron determinadas por medio de un análisis ANOSIM con PRIMERV5 (Clarke & Gorley 2001).

El gráfico de caja y bigote, es construido a partir de los cuartiles 1, 2 y 3, donde el 50% de los datos está representado por una caja, la cual está dividida por el cuartil 2 que es coincidente con la mediana. Por su parte, los bigotes ubicados en ambos extremos de la caja, representan el 25% superior e inferior de la distribución, respectivamente. En ambos extremos de los bigotes se ubican los valores mínimo y máximo. Del mismo modo, la figura muestra los valores atípicos de la distribución, es decir valores que están

numéricamente distantes del resto de datos. Estos valores atípicos pueden ser leves Outlier  $(Q1-1,5(RI); Q3+1,5(RI))$  o extremos  $(Q1-3RI; Q3+3RI)$ , donde:  $Q1$ =percentil 25%,  $Q2$ =percentil 50% y  $Q3$ =percentil 75% y  $RI=Q3-Q1$ . Todos los gráficos de caja y bigote, fueron contruidos ocupando el software STATISTICA v7.

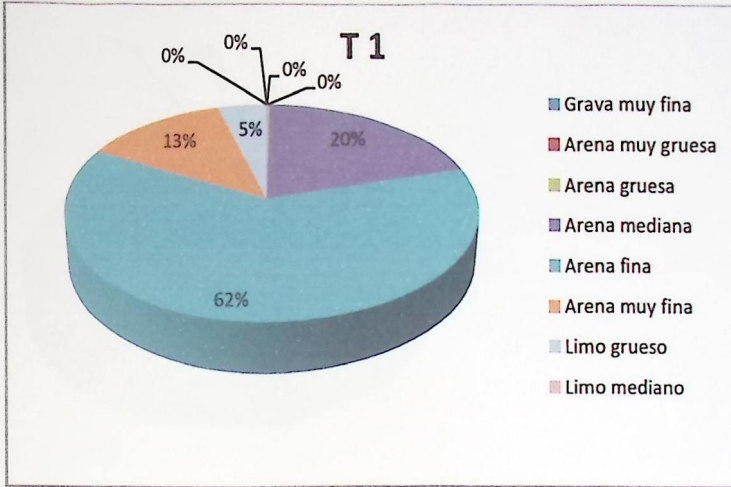
## 5. RESULTADOS

### 5.1. Descripción del sedimento submareal, campaña invierno 2015

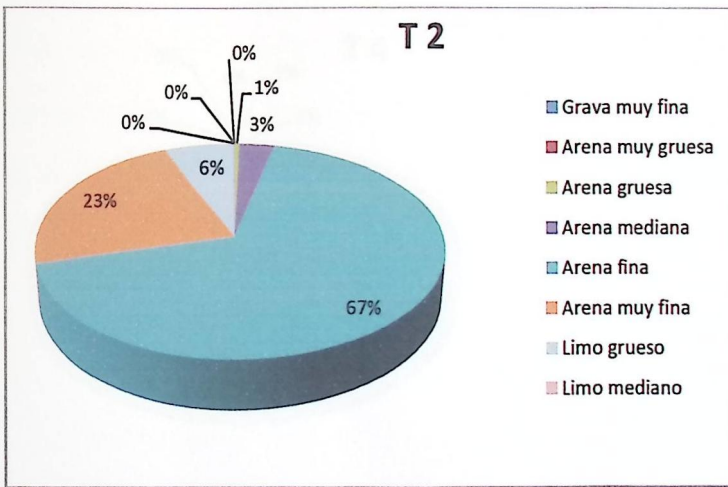
Las Figuras 3, 4, 5 y 6, en conjunto con la Tabla 7, contienen los registros porcentuales de sedimentos escala de Wentworth (1922), de las estaciones T1, T2, T3 y T4, estaciones monitoreadas en la matriz submareal. De las Figuras 3, 4, 5 y 6, se observa que las estaciones, tuvieron en su composición, mayoritariamente la fracción de arena fina, con valores porcentuales de 62, 67, 50 y 46% respectivamente.

**Tabla 7.** Resumen de la fracción de sedimento dominante en los sedimentos submareales de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno de 2015 (%).

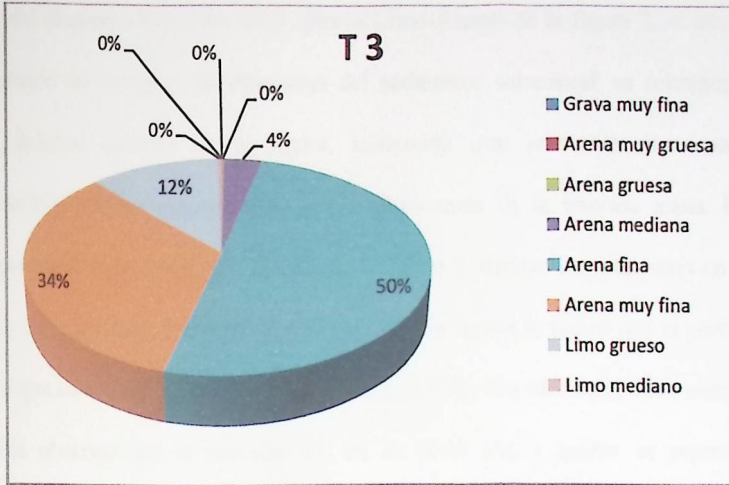
	G	AMG	AG	AM	AF	AMF	LG	LM
T1-ALTO	0,00	0,08	0,15	25,33	58,62	11,63	4,19	0,00
T1-MEDIO	0,00	0,01	0,08	31,07	55,58	8,15	5,12	0,00
T1-BAJO	0,00	0,00	0,41	4,66	71,84	19,26	3,83	0,00
T2-ALTO	0,00	0,00	0,63	1,50	71,73	22,39	3,75	0,00
T2-MEDIO	0,00	0,00	0,66	2,02	68,59	16,70	12,02	0,00
T2-BAJO	0,00	0,04	0,15	5,86	61,97	28,90	3,07	0,00
T3-ALTO	0,00	0,02	0,13	1,65	54,08	34,06	10,06	0,10
T3-MEDIO	0,00	0,00	0,00	0,17	34,13	53,40	12,30	0,00
T3-BAJO	0,00	0,13	0,24	8,62	62,84	13,84	13,23	1,10
T4-ALTO	0,00	0,00	0,04	0,25	29,97	56,57	13,16	0,00
T4-MEDIO	0,00	0,03	0,25	2,84	49,49	36,82	10,57	0,00
T4-BAJO	0,00	0,04	0,46	1,73	58,12	31,48	8,17	0,00



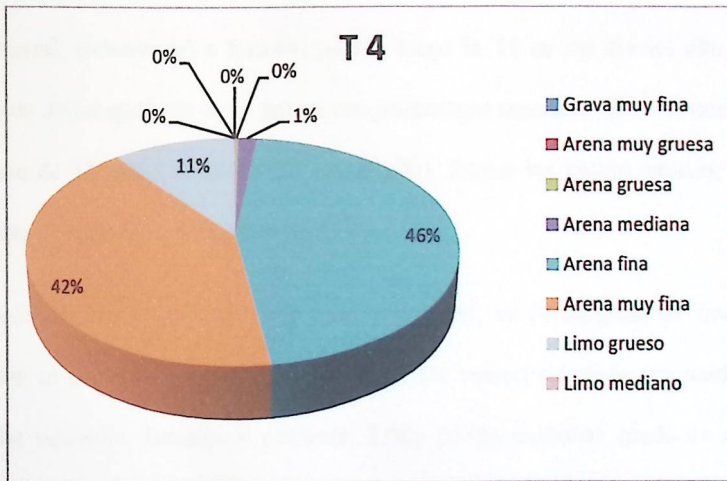
**Figura 3.** Composición granulométrica porcentual del sedimento submareal, perteneciente a la transecta T1, de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno 2015.



**Figura 4.** Composición granulométrica porcentual del sedimento submareal, perteneciente a la transecta T2, de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno 2015.



**Figura 5.** Composición granulométrica porcentual del sedimento submareal, perteneciente a la transecta T3, de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno 2015.



**Figura 6.** Composición granulométrica porcentual del sedimento submareal, perteneciente a la transecta T4, de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno 2015.

A partir del diagrama triangular GLA (Grava-Limo-Arena) de la figura 7, se observa que, en el periodo de invierno, las estaciones del sedimento submareal, se sobreponen en la esquina inferior derecha de la figura, indicando que presentan una composición granulométrica similar, caracterizada por la dominancia de la fracción arena. De forma complementaria, el ordenamiento NMDS de la figura 9, agrupo las estaciones en el centro del plano de ordenación y el análisis de Clúster de la figura 8, indicó que el porcentaje de similitud que caracterizo a las estaciones, supero el 90%. Por otro lado, de la misma figura, es posible observar que la estación T1, en su nivel alto y medio, se separó de esta formación, ubicándose en la esquina superior izquierda del plano, mientras que T3 (nivel medio) y T4 (nivel alto), se ubicaron la esquina inferior derecha del plano de ordenación. A partir de la tabla 7, se identifica, que en específico la arena que domino en las estaciones del submareal, correspondió a fracción media, luego la T1 en sus niveles alto y medio presento un mayor aporte de arena gruesa con porcentajes superiores al 25%, mientras que en el caso de T3 (nivel medio) y T4 (nivel alto), fueron las únicas replicas, en tener porcentajes de arena fina, que superaron el 50%.

Los estadísticos descriptivos del sedimento submareal, en la campaña de invierno, se encuentran en la tabla 8. De esta se observa que los valores promedio, en unidades phi, fueron los siguientes: Tamaño de partícula:  $2,06\phi$  (arena mediana), grado de selección:  $0,65\phi$  (moderadamente seleccionado), asimetría  $0,27\phi$  (asimetría positiva) y la curtosis  $1,07\phi$  (mesocúrtico).

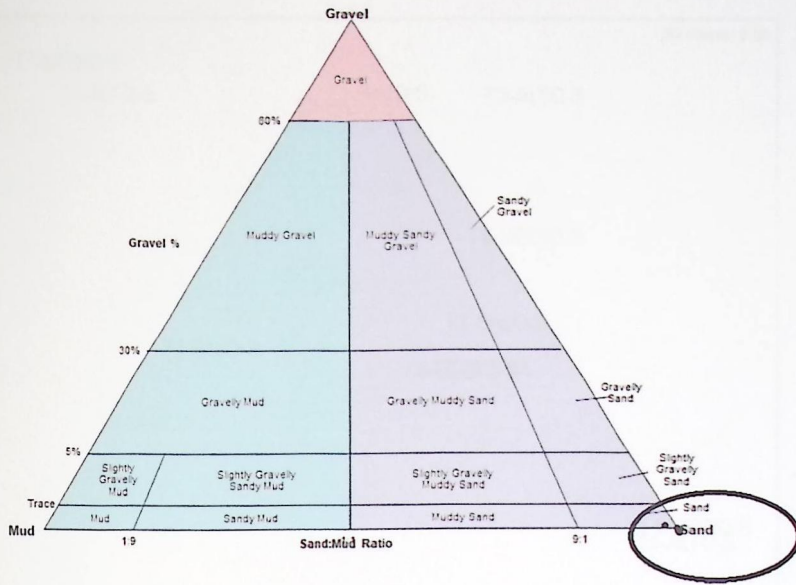


Figura 7. Diagrama ternario de la distribución de estaciones en el sedimento submareal, periodo invierno 2015, Humedal Mantagua.

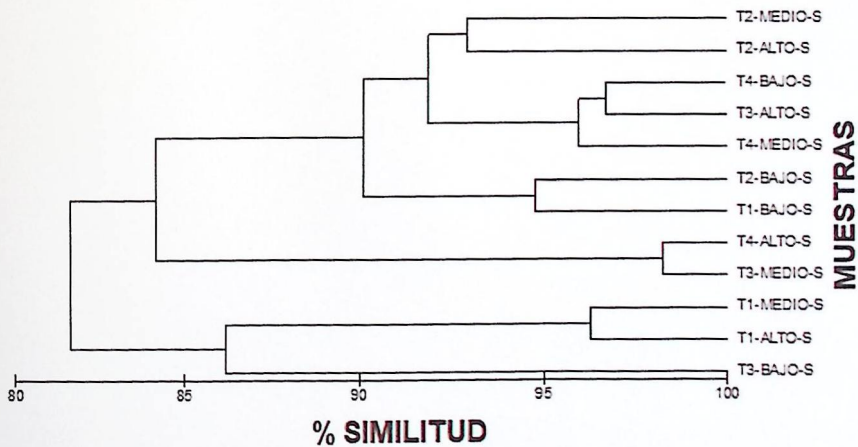
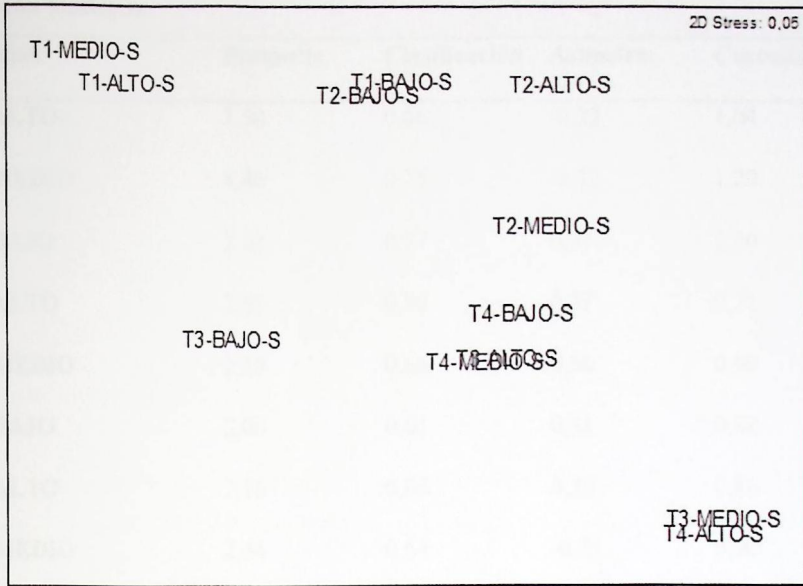


Figura 8. Análisis de Clúster de la distribución de estaciones en el sedimento submareal, periodo invierno 2015, Humedal Mantagua.



**Figura 9.** Análisis NMDS de la distribución estaciones del sedimento submareal, periodo invierno 2015, Humedal Mantagua.

**Tabla 8.** Estadísticos descriptivos del sedimento submareal. Monitoreo invierno 2015, Humedal Mantagua.

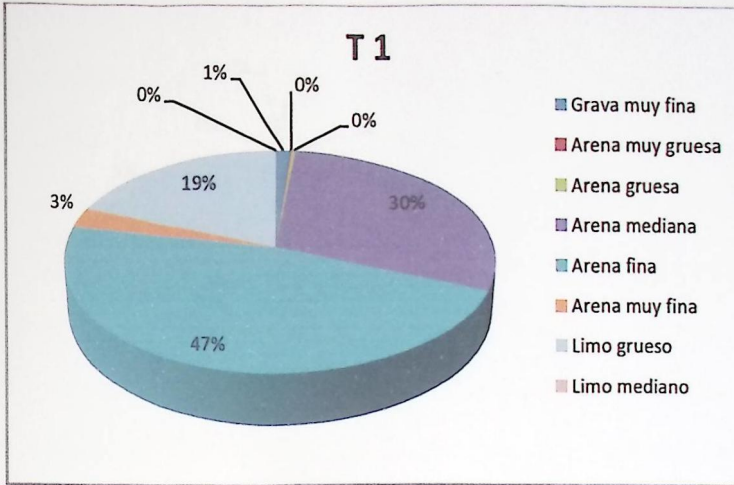
<b>Estación</b>	<b>Promedio</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>
<b>T1-ALTO</b>	1,50	0,66	-0,22	1,04
<b>T1-MEDIO</b>	1,46	0,75	-0,12	1,20
<b>T1-BAJO</b>	2,02	0,57	0,37	2,30
<b>T2-ALTO</b>	2,05	0,50	0,57	0,71
<b>T2-MEDIO</b>	2,10	0,66	0,66	0,99
<b>T2-BAJO</b>	2,06	0,61	0,31	0,88
<b>T3-ALTO</b>	2,16	0,66	0,56	0,86
<b>T3-MEDIO</b>	2,44	0,64	-0,21	0,90
<b>T3-BAJO</b>	2,10	0,81	0,46	1,30
<b>T4-ALTO</b>	2,46	0,64	-0,23	0,93
<b>T4-MEDIO</b>	2,17	0,66	0,53	0,85
<b>T4-BAJO</b>	2,13	0,64	0,58	0,86
<b>Promedio</b>	<b>2,06</b>	<b>0,65</b>	<b>0,27</b>	<b>1,07</b>
<b>Max</b>	<b>2,46</b>	<b>0,81</b>	<b>0,66</b>	<b>2,30</b>
<b>Min</b>	<b>1,46</b>	<b>0,50</b>	<b>-0,23</b>	<b>0,71</b>
<b>Per 25%</b>	<b>2,04</b>	<b>0,63</b>	<b>-0,14</b>	<b>0,86</b>
<b>Per 75%</b>	<b>2,16</b>	<b>0,66</b>	<b>0,56</b>	<b>1,08</b>

## 5.2. Descripción del sedimento submareal, campaña verano 2016

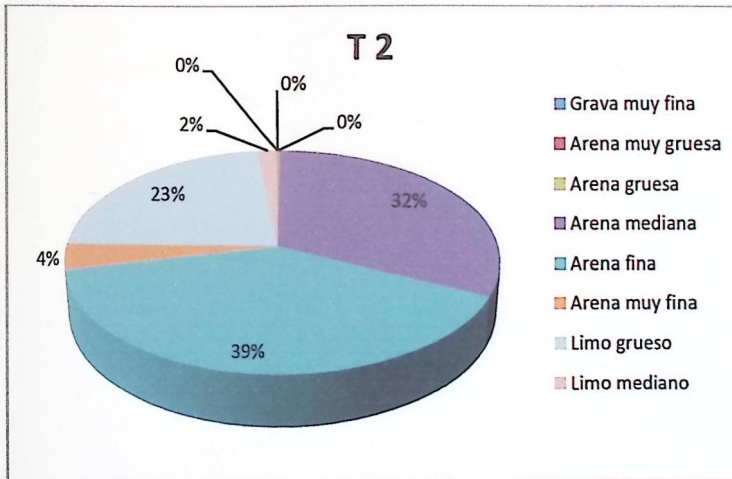
Las Figuras 10, 11, 12 y 13, en conjunto con la Tabla 9, contienen los registros porcentuales de sedimento (Wentworth, 1922) de las estaciones T1, T2, T3 y T4, estaciones monitoreadas en la matriz submareal. De las Figuras 10, 11, 12 y 13, se observa que las estaciones, tuvieron en su composición, mayoritariamente la fracción de arena fina y arena mediana con valores sumados porcentuales de 47% y 30% para T 1, 39% y 32% para T 2, 32% y 52% para T 3 respectivamente, en el caso de T 4, las fracciones mayoritarias corresponden a arena fina y limo grueso, con un 47% y 30% respectivamente.

**Tabla 9.** Resumen de la fracción de sedimento dominante en los sedimentos submareales de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.

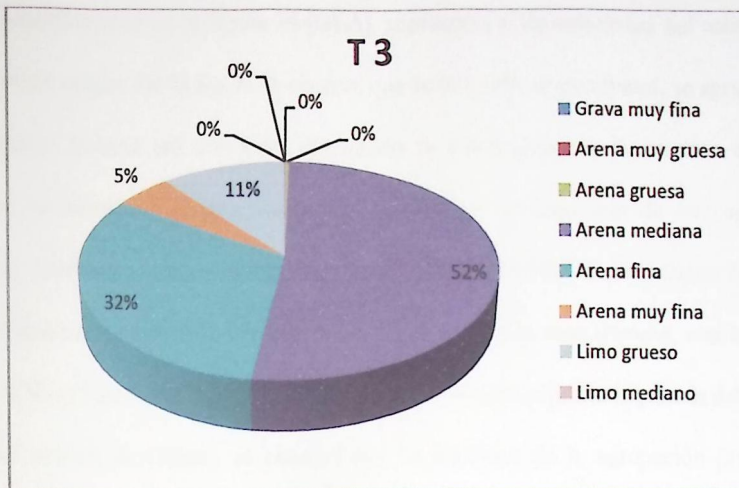
	G	AMG	AG	AM	AF	AMF	LG	LM
<b>T1 ALTO</b>	0,99	0,12	0,37	13,39	60,79	4,08	20,27	0,00
<b>T1 MEDIO</b>	2,44	0,27	0,38	37,21	42,94	2,48	14,29	0,00
<b>T1 BAJO</b>	0,05	0,09	0,10	38,96	35,77	2,05	22,99	0,00
<b>T2 ALTO</b>	0,00	0,06	0,07	31,04	39,77	2,64	25,73	0,70
<b>T2 MEDIO</b>	0,00	0,04	0,24	30,97	34,43	6,31	24,00	4,00
<b>T2 BAJO</b>	0,00	0,06	0,09	34,00	44,46	1,97	19,42	0,00
<b>T3 ALTO</b>	0,00	0,15	0,38	77,22	15,05	4,58	2,62	0,00
<b>T3 MEDIO</b>	0,00	0,04	0,09	5,48	60,55	8,02	25,82	0,00
<b>T3 BAJO</b>	0,00	0,00	0,44	72,88	19,64	2,74	4,31	0,00
<b>T4 ALTO</b>	0,00	0,12	0,17	10,62	59,10	5,94	23,05	1,00
<b>T4 MEDIO</b>	0,05	0,01	0,14	21,05	37,13	10,52	29,50	1,60
<b>T4 BAJO</b>	0,00	0,12	0,21	8,27	44,22	6,08	37,11	4,00



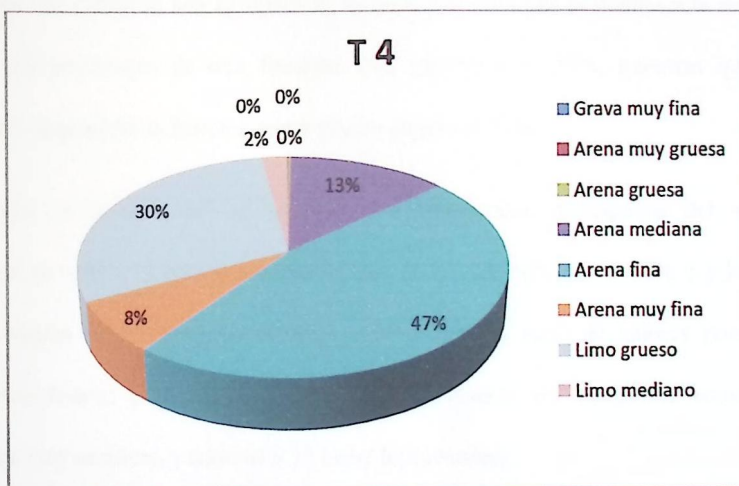
**Figura 10.** Composición granulométrica porcentual del sedimento submareal, correspondiente a la transecta T 1, de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.



**Figura 11.** Composición granulométrica porcentual del sedimento submareal, correspondiente a la transecta T 2, de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.



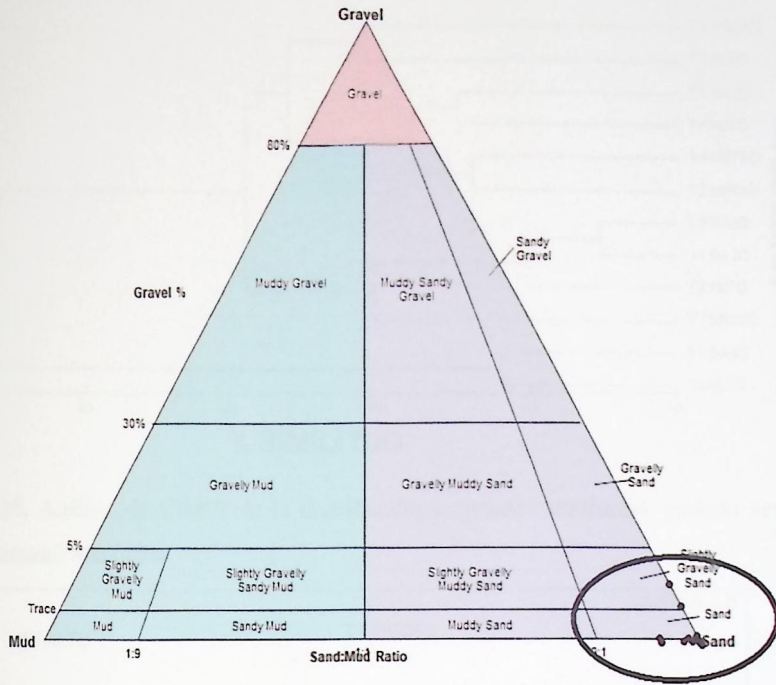
**Figura 12.** Composición granulométrica porcentual del sedimento submareal, correspondiente a la transecta T 3, de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.



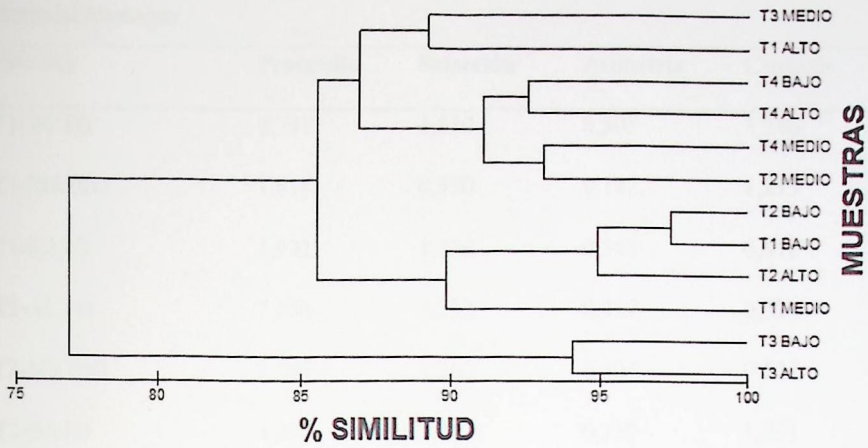
**Figura 13.** Composición granulométrica porcentual del sedimento submareal, correspondiente a la transecta T 4, de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.

El diagrama triangular de la figura 14 (GLA), representa a las estaciones del submareal en el periodo de verano. De la figura se observa que la mayoría de estaciones, se agrupan en la zona inferior derecha del triángulo, denotando la dominancia de la fracción arena, sin embargo, se identifica, además, cuatro estaciones que se disgregan de esta agrupación indicando diferencias en su composición granulométrica. El NMDS de la figura 16, ratifica esta distribución, agrupando a la mayoría de estaciones en la zona derecha, con la estación T3 (nivel alto y bajo) que se disgrega ubicándose en la zona superior izquierda del plano. A partir del análisis de Clúster, se observa que la similitud de la agrupación principal es cercana al 90%, mientras que las estaciones disgregadas, presentan un porcentaje de similitud cercano al 70%, en el caso más extremo. De la tabla 9, se observa que las estaciones que formaron una agrupación, se caracterizaron por la dominancia de la arena media, con porcentajes de esta fracción que superaron el 50%, mientras que en las estaciones disgregadas la fracción arena gruesa supero el 70%.

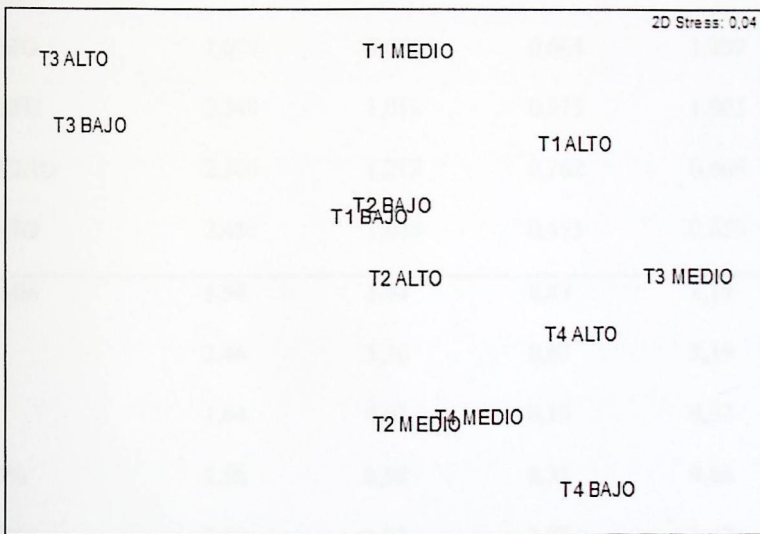
Finalmente, en la tabla 10, se observan los estadísticos descriptivos del sedimento submareal en verano, el valor promedio de tamaño de partícula, fue de  $1,96 \phi$  y los valores más frecuentes se movieron en el rango  $1,90-2,30\phi$ . El resto de valores promedio de estadísticos fueron: grado de selección 1,04 (pobrementemente seleccionado), asimetría 0,43 (asimetría muy positiva), y curtosis 1,19 (muy leptocúrtica).



**Figura 14.** Diagrama ternario de la distribución de estaciones en el sedimento submareal, periodo verano 2016, Humedal Mantagua.



**Figura 15.** Análisis de Clúster de la distribución estaciones submareal, periodo verano 2016, Humedal Mantagua



**Figura 16.** NMDS de la distribución estaciones del sedimento submareal, periodo verano 2016, Humedal Mantagua.

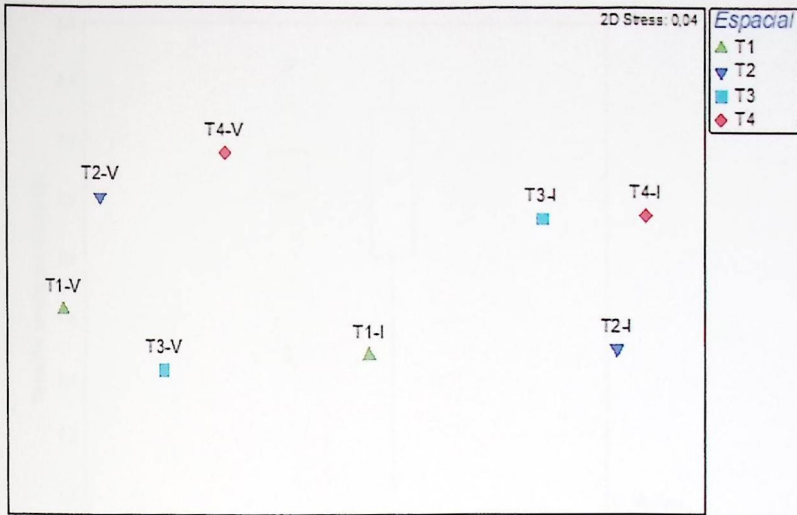
**Tabla 10.** Estadísticos descriptivos del sedimento submareal. Monitoreo verano 2016, Humedal Mantagua.

<b>Estación</b>	<b>Promedio</b>	<b>Selección</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>
<b>T1-ALTO</b>	2,291	1,010	0,505	3,186
<b>T1-MEDIO</b>	1,638	0,990	0,192	1,213
<b>T1-BAJO</b>	1,992	1,236	0,348	0,816
<b>T2-ALTO</b>	2,056	1,237	0,317	0,524
<b>T2-MEDIO</b>	2,084	1,260	0,305	0,527
<b>T2-BAJO</b>	1,990	1,207	0,330	1,231
<b>T3-ALTO</b>	1,039	0,611	0,665	2,757
<b>T3-MEDIO</b>	2,372	0,968	0,551	0,658
<b>T3-BAJO</b>	1,070	0,646	0,664	1,099
<b>T4-ALTO</b>	2,340	1,011	0,513	1,002
<b>T4-MEDIO</b>	2,166	1,219	0,262	0,669
<b>T4-BAJO</b>	2,456	1,045	0,455	0,650
<b>Promedio</b>	<b>1,96</b>	<b>1,04</b>	<b>0,43</b>	<b>1,19</b>
<b>Max</b>	<b>2,46</b>	<b>1,26</b>	<b>0,67</b>	<b>3,19</b>
<b>Min</b>	<b>1,04</b>	<b>0,61</b>	<b>0,19</b>	<b>0,52</b>
<b>Per 25%</b>	<b>1,90</b>	<b>0,98</b>	<b>0,31</b>	<b>0,66</b>
<b>Per 75%</b>	<b>2,30</b>	<b>1,22</b>	<b>0,52</b>	<b>1,22</b>

### 5.3. Dinámica temporal del sedimento submareal

En la figura 17, se encuentra representado el NMDS, que incluye un factor de análisis temporal y espacial, para las épocas invierno 2015 y verano 2016. En el plano de ordenación, se observa que las estaciones T3, T2, T1 y T4, aparecen disgregadas sin un aparente patrón común. El resumen del análisis complementario ANOSIM, que se muestra en la tabla 11, indica que el R-global es cercano a 0, evidenciando que no existen diferencias entre los objetos contrastados, información que es ratificada con el nivel de significancia, el cual es superior al 5% ( $p > 90\%$ ). Por su parte, en el análisis temporal representado en la figura 17, se aprecia que las estaciones de la época estival, se agrupan en la izquierda del plano de ordenación, mientras que la época invernal, se encuentran en la derecha. Por su parte, en los resultados del análisis temporal de ANOSIM (tabla 11), el R-global fue de 0,896, mientras que el p-significancia fue  $p < 5\%$ .

Por su parte, la figura 18, muestra la comparación de invierno-verano, a partir de un gráfico Box and Whisker. De la figura se observa que en invierno el 50% de los datos más frecuentes se acotaron a un estrecho rango de variación, el cual fluctuó desde 2,04 hasta 2,05  $\phi$  con una mediana de 2,10  $\phi$ . En esta época se registraron dos valores outlier en el límite superior, que correspondieron a 2,46  $\phi$  y 2,44  $\phi$ , mientras que los valores extremos, se presentaron en el límite inferior y correspondieron a 1,46  $\phi$  y 1,50  $\phi$ . Por su parte, en la época estival, la distribución del 50% de datos más frecuente presentó un rango de variación más amplio que varió desde 1,90  $\phi$  hasta 2,25  $\phi$  con una mediana de 2,07  $\phi$ . El único valor outlier se registró en el límite inferior de los datos y correspondió a 1,03  $\phi$ .



**Figura 17.** Análisis NMDS de la distribución espacial de las estaciones submareal, invierno 2015-verano 2016, Humedal Mantagua.

**Tabla 11.** Resultados del análisis de similitud (ANOSIM) de una vía, en el sedimento submareal, invierno 2015-verano 2016, Humedal Mantagua.

ANOSIM					
Factor	Grupos				
Temporal	I-V				
Espacial	T1,T2,T3,T4				
	R-global	Significancia (%)	Permutaciones posibles	Permutaciones realizadas	Valores $\geq R$
Temporal	0,896	2,9	35	35	35
Espacial	-0,458	92,4	105	105	97

**Factor temporal:** I: invierno, V: verano; **factor espacial:** T1, T2, T3 y T4

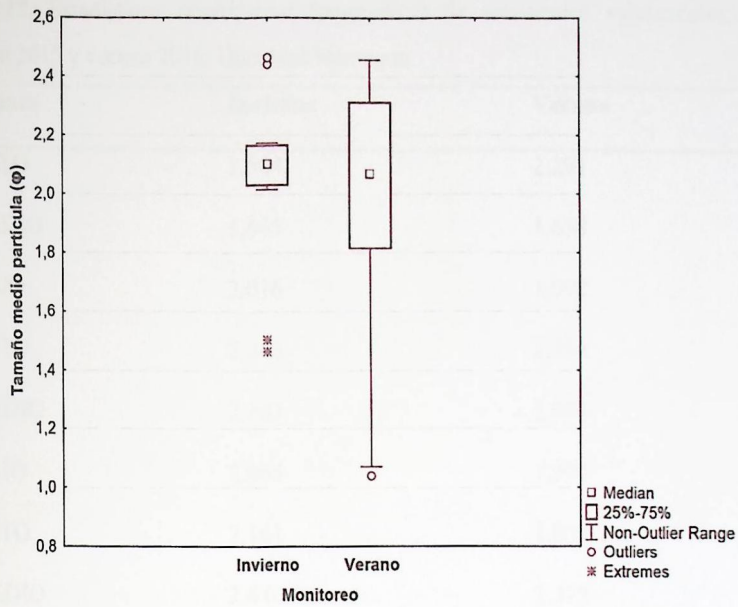


Figura 18. Gráfico de caja y bigotes del tamaño medio de partícula, en el sedimento submareal Campañas de invierno 2015-verano 2016, Humedal Mantagua.

**Tabla 12.** Estadísticos descriptivos (promedios) de sedimentos submareales, periodo invierno 2015 y verano 2016, Humedal Mantagua.

<b>Estaciones</b>	<b>Invierno</b>	<b>Verano</b>
T1-ALTO	1,504	2,291
T1-MEDIO	1,465	1,638
T1-BAJO	2,016	1,992
T2-ALTO	2,045	2,056
T2-MEDIO	2,103	2,084
T2-BAJO	2,064	1,990
T3-ALTO	2,161	1,039
T3-MEDIO	2,440	2,372
T3-BAJO	2,104	1,070
T4-ALTO	2,463	2,340
T4-MEDIO	2,174	2,166
T4-BAJO	2,131	2,456
<b>Per 25%</b>	<b>2,04</b>	<b>1,90</b>
<b>Per 75%</b>	<b>2,05</b>	<b>2,25</b>
<b>Med</b>	<b>2,10</b>	<b>2,07</b>

#### 5.4. Descripción sedimento intermareal, invierno 2015

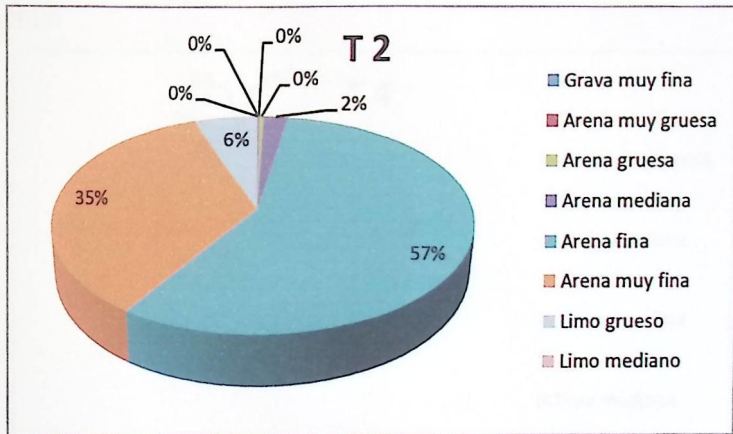
La Tabla 13 y las Figuras 19, 20, 21 y 22, muestran los valores promedios de la composición del sedimento registrado en las estaciones del intermareal en la desembocadura del humedal Mantagua. De los gráficos circulares (Figuras 19, 20, 21 y 22), se observa que en el total de las estaciones monitoreadas, la fracción arena fina y muy fina representó sobre el 70 % de la composición granulométrica. En particular, las estaciones T1 con un 46-30%, T2 un 57-35%, T3 con un 44-37% y T4 con un 37-37% respectivamente.

**Tabla 13.** Resumen de la fracción de sedimento dominante en los sedimentos intermareales de la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno de 2015.

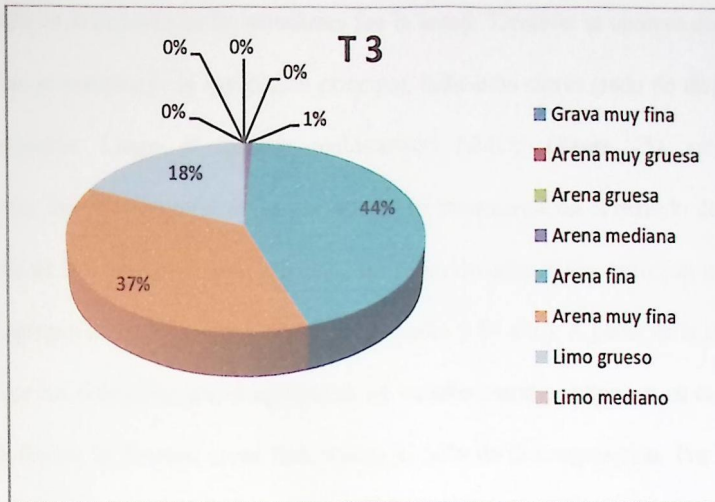
	GF	AMG	AG	AM	AF	AMF	LG	LM
<b>T1-ALTO</b>	0,00	0,00	0,00	0,10	7,20	51,36	31,35	10,00
<b>T1-MEDIO</b>	0,00	0,00	0,15	5,69	62,00	22,10	10,06	0,00
<b>T1-BAJO</b>	0,00	0,00	0,12	14,01	67,61	15,52	2,64	0,10
<b>T2-ALTO</b>	0,00	0,00	0,00	3,50	63,94	24,85	7,61	0,10
<b>T2-MEDIO</b>	0,00	0,00	0,42	1,22	52,36	40,86	5,14	0,00
<b>T2-BAJO</b>	0,19	0,26	0,72	1,70	53,51	40,07	3,56	0,00
<b>T3-ALTO</b>	0,00	0,04	0,00	1,52	45,16	42,01	11,16	0,10
<b>T3-MEDIO</b>	0,00	0,00	0,00	0,12	31,52	41,35	27,02	0,00
<b>T3-BAJO</b>	0,00	0,00	0,35	0,73	55,23	27,69	16,00	0,00
<b>T4-ALTO</b>	0,00	0,11	0,11	0,26	28,96	40,61	29,96	0,00
<b>T4-MEDIO</b>	0,00	0,05	0,13	7,55	43,04	43,15	6,09	0,00
<b>T4-BAJO</b>	0,00	0,00	0,16	31,14	38,27	26,03	4,30	0,10



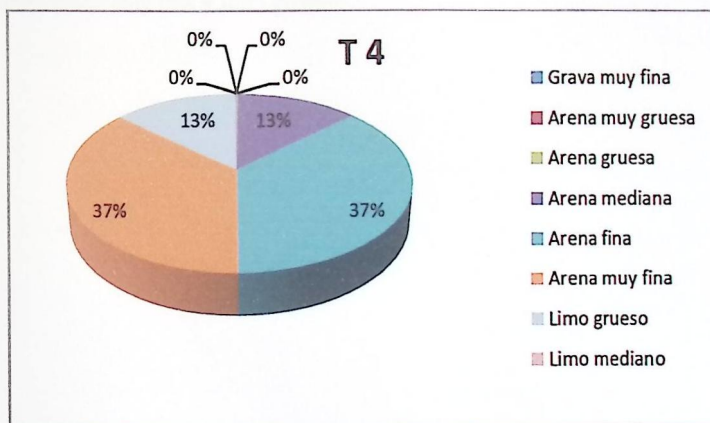
**Figura 19.** Composición granulométrica porcentual del sedimento intermareal de la transecta 1, perteneciente a la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno 2015.



**Figura 20.** Composición granulométrica porcentual del sedimento intermareal de la transecta 2, perteneciente a la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno 2015.



**Figura 21.** Composición granulométrica porcentual del sedimento intermareal de la transecta 3, perteneciente a la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno 2015.



**Figura 22.** Composición granulométrica porcentual del sedimento intermareal de la transecta 4, perteneciente a la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de invierno 2015.

Al observar el diagrama triangular de la figura 23 (GLA), se observa que las estaciones se localizaron en la esquina inferior derecha del diagrama, indicando que la fracción

granulométrica dominante en las estaciones fue la arena. También se observa que hay dos niveles que se escapan de la agrupación principal, indicando cierto grado de dispersión en la composición. Luego el análisis multivariado NMDS (figura 25), ratifica esta distribución, donde la mayoría de las estaciones del intermareal en el periodo de invierno, se agrupan en la esquina superior izquierda del plano de ordenación, pero con tres niveles que se disgregan del agrupamiento (T1 alto, T3 medio y T4 alto). A partir de la tabla 13, se aprecia que los elementos que se agruparon, se caracterizaron por que, en su componente sedimentológico, la fracción arena fina supero el 50% de la composición. Por otro lado, también se aprecia que T1 alto, es la única replica en la que la arena muy fina supero el 50% de la composición. Por su parte, en T3 medio y T4 alto, se observa un mayor aporte de las fracciones arena muy fina y limo grueso.

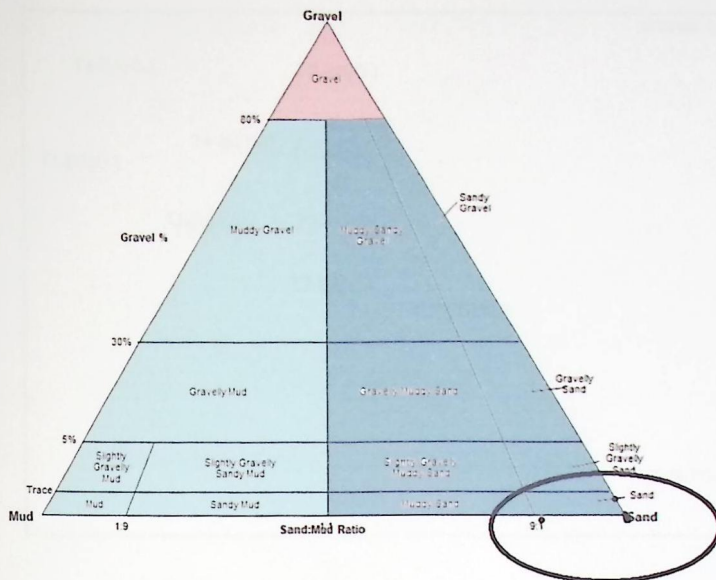


Figura 23. Diagrama ternario de la distribución de estaciones en el sedimento intermareal, periodo invierno 2015, Humedal Mantagua.

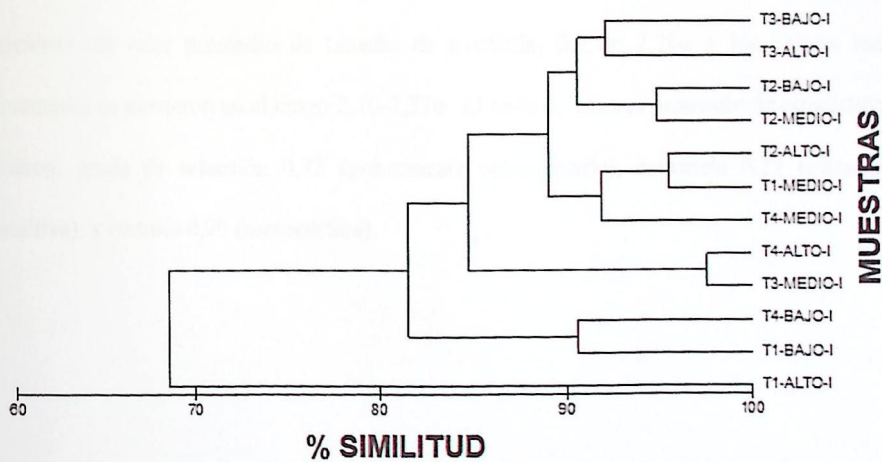
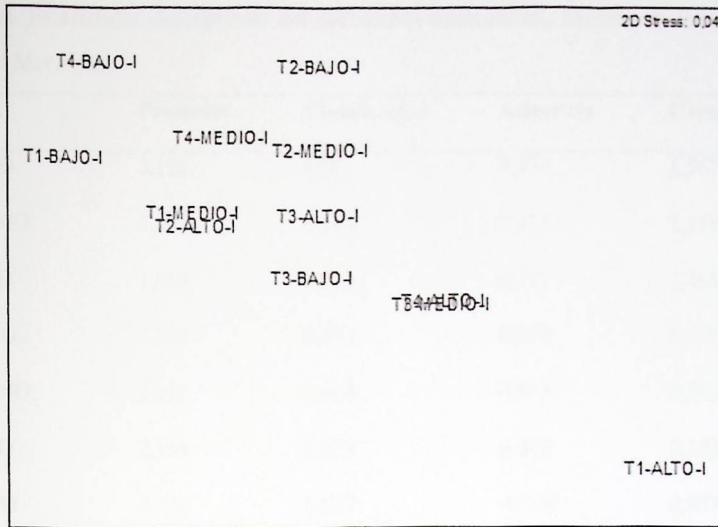


Figura 24. Análisis de Clúster de la distribución estaciones intermareal, periodo invierno 2015, Humedal Mantagua.



**Figura 25.** Análisis NMDS de la distribución estaciones intermareal, periodo invierno 2015, Humedal Mantagua.

De la tabla 14, se observan los estadísticos descriptivos del sedimento intermareal en invierno. El valor promedio de tamaño de partícula, fue de  $2,28\phi$  y los valores más frecuentes se movieron en el rango  $2,10-2,37\phi$ . El resto de valores promedio de estadísticos fueron: grado de selección 0,72 (pobrementemente seleccionado), asimetría 0,29 (asimetría positiva), y curtosis 0,99 (mesocúrtica).

**Tabla 14.** Estadísticos descriptivos del sedimento intermareal. Monitoreo invierno 2015, Humedal Mantagua.

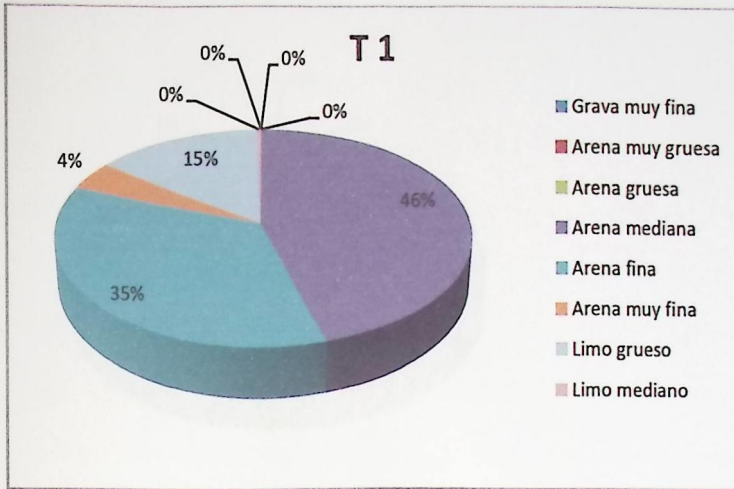
<b>Estación</b>	<b>Promedio</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>
T1-ALTO	3,122	0,961	0,479	1,567
T1-MEDIO	2,097	0,746	0,453	1,158
T1-BAJO	1,940	0,602	0,271	2,468
T2-ALTO	2,093	0,634	0,616	0,909
T2-MEDIO	2,151	0,604	0,511	0,785
T2-BAJO	2,132	0,527	0,446	0,592
T3-ALTO	2,370	0,659	-0,109	0,853
T3-MEDIO	2,713	0,835	0,015	0,588
T3-BAJO	2,191	0,690	0,593	0,844
T4-ALTO	2,740	0,840	-0,001	0,583
T4-MEDIO	2,154	0,738	0,263	1,051
T4-BAJO	1,753	0,869	0,025	0,587
<b>Prom.</b>	<b>2,288</b>	<b>0,726</b>	<b>0,297</b>	<b>0,999</b>
<b>Max</b>	<b>3,12</b>	<b>0,96</b>	<b>0,62</b>	<b>2,47</b>
<b>Min</b>	<b>1,75</b>	<b>0,53</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,58</b>
<b>Per25%</b>	<b>2,10</b>	<b>0,63</b>	<b>0,02</b>	<b>0,59</b>
<b>Per 75%</b>	<b>2,37</b>	<b>0,84</b>	<b>0,51</b>	<b>1,05</b>

### 5.5. Descripción sedimento intermareal, verano 2016

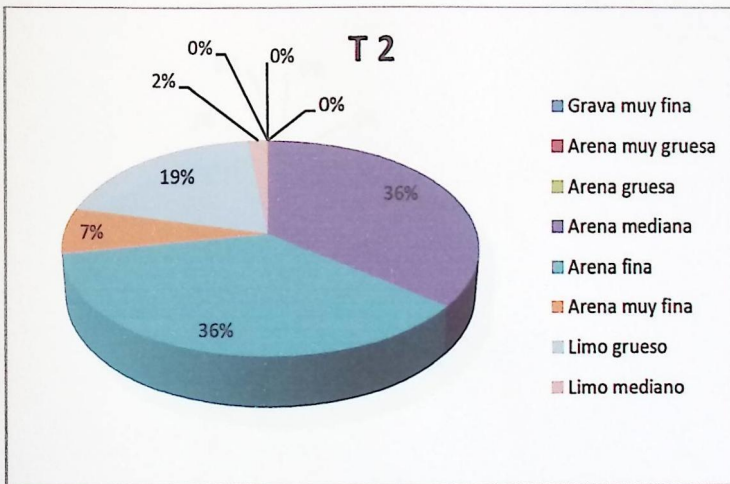
La Tabla 15 y las Figuras 26, 27, 28 y 29, muestran los valores promedios de la composición del sedimento registrado en las estaciones del intermareal en la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016. De los gráficos circulares (Figuras 26, 27, 28 y 29), se observa que en el total de las estaciones monitoreadas, la fracción arena media y arena fina representó sobre el 70 % de la composición granulométrica. En particular, las estaciones T1 con un 46-35%, T2 un 36-36%, T3 con un 43-37% y T4 con un 45-28% respectivamente.

**Tabla 15.** Resumen de la fracción de sedimento dominante en los sedimentos intermareales de la desembocadura del Humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.

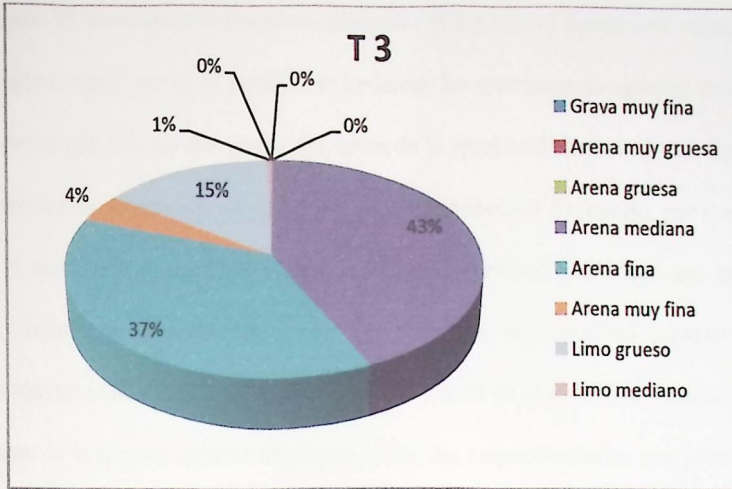
	G	AMG	AG	AM	AF	AMF	LG	LM
<b>T1 ALTO</b>	0,00	0,00	0,00	2,29	60,50	5,60	30,51	1,10
<b>T1 MEDIO</b>	0,00	0,00	0,00	89,11	7,22	2,27	1,40	0,00
<b>T1 BAJO</b>	0,00	0,01	0,01	45,22	37,36	4,97	12,43	0,00
<b>T2 ALTO</b>	0,00	0,00	0,01	3,31	45,10	6,52	40,01	5,00
<b>T2 MEDIO</b>	0,00	0,05	0,07	48,76	37,92	7,57	5,62	0,00
<b>T2 BAJO</b>	0,00	0,00	0,01	55,27	25,81	6,38	12,53	0,00
<b>T3 ALTO</b>	0,00	0,03	0,05	54,43	36,34	3,86	5,28	0,00
<b>T3 MEDIO</b>	0,00	0,00	0,00	22,67	46,50	5,69	24,84	0,30
<b>T3 BAJO</b>	0,00	0,03	0,12	52,64	28,33	3,19	14,94	0,70
<b>T4 ALTO</b>	0,13	0,19	0,82	35,27	35,82	7,59	20,19	0,00
<b>T4 MEDIO</b>	0,00	0,08	0,03	65,20	16,23	4,24	12,20	2,00
<b>T4 BAJO</b>	0,00	0,03	0,35	35,06	30,55	5,11	28,90	0,00



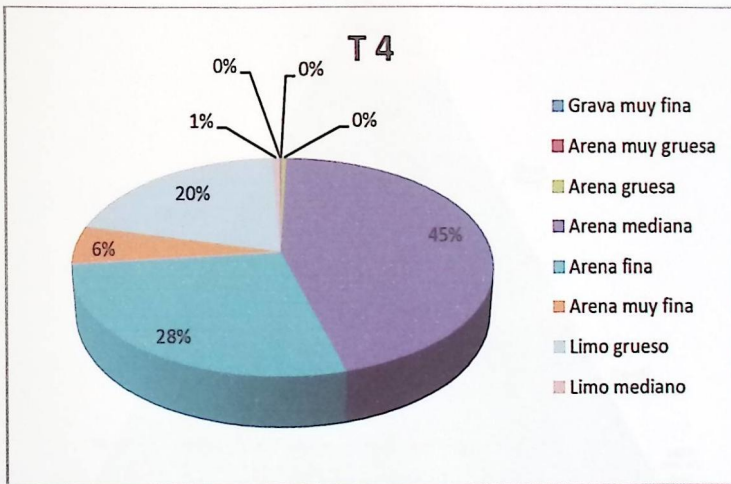
**Figura 26.** Composición granulométrica porcentual del sedimento intermareal, para la transecta T 1, perteneciente a la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.



**Figura 27.** Composición granulométrica porcentual del sedimento intermareal, para la transecta T 2, perteneciente a la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.

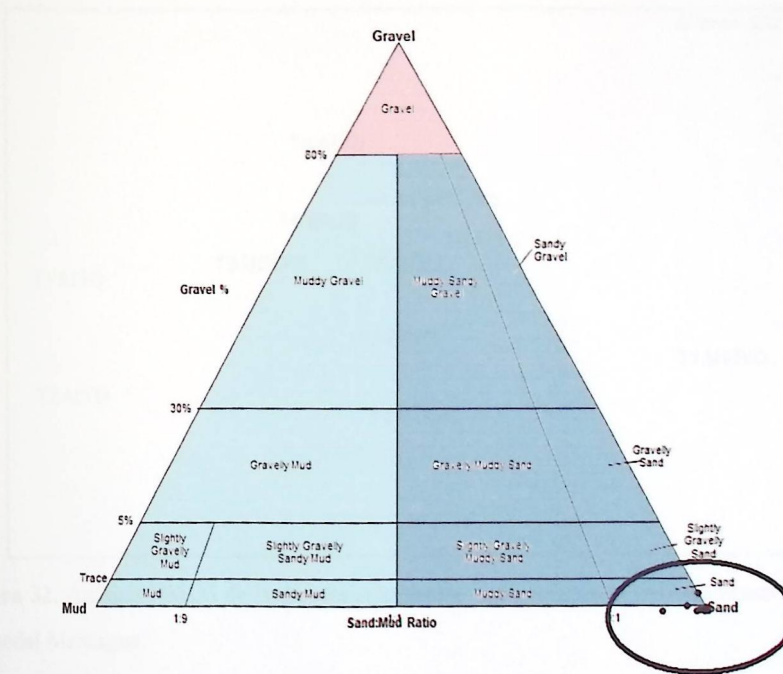


**Figura 28.** Composición granulométrica porcentual del sedimento intermareal, para la transecta T 3, perteneciente a la desembocadura del Humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.

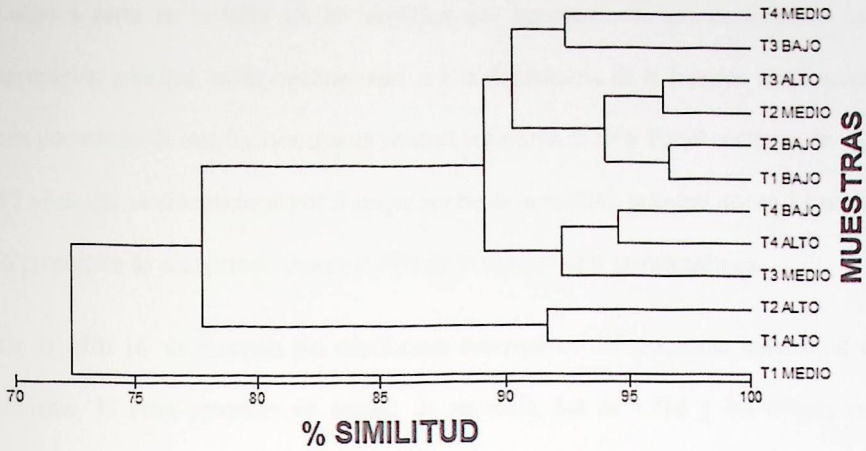


**Figura 29.** Composición granulométrica porcentual del sedimento intermareal, para la transecta T 4, perteneciente a la desembocadura del humedal Mantagua en la campaña de verano de 2016.

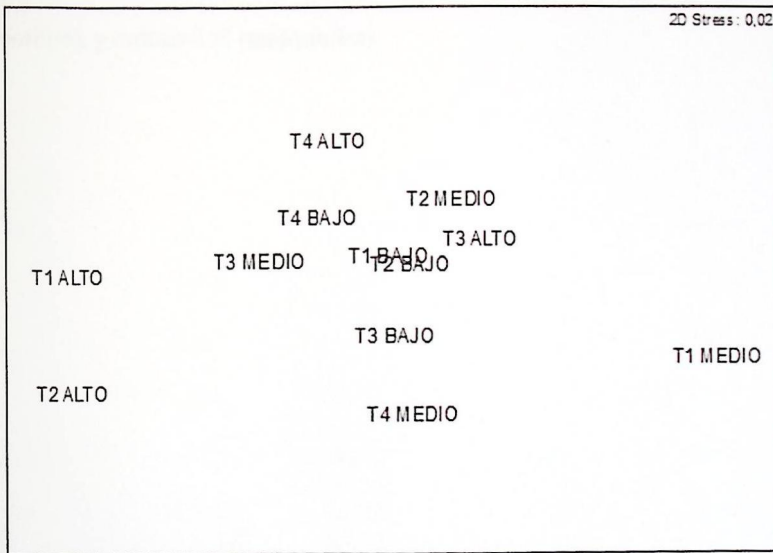
En la figura 30, se observa el diagrama triangular (GLA) en el periodo de verano, el cual muestra que al igual que en el periodo de invierno, las estaciones se agrupan en torno a la fracción arena con tres niveles que se dispersan de la agrupación principal. Las figuras 31 y 32, representan la ordenación de estaciones según distribución de tamaño, por medio de un Clúster y un NMDS, respectivamente. Las figuras permiten identificar una agrupación general, ubicada en el centro del plano, que presenta una similitud superior al 90%, mientras que las réplicas que evidenciaron diferencias T1 en el nivel alto y medio y T2 alto, se ubicaron en la esquina inferior izquierda y derecha, respectivamente, con porcentajes de similitud inferiores al 80 y 70%.



**Figura 30.** Diagrama ternario de la distribución de estaciones en el sedimento intermareal, periodo verano 2016, Humedal Mantagua.



**Figura 31.** Análisis de Clúster de la distribución estaciones intermareal, periodo verano 2016, Humedal Mantagua.



**Figura 32.** Análisis NMDS de la distribución estaciones intermareal, periodo verano 2016, Humedal Mantagua.

Luego a partir de la tabla 15, se identifica que las estaciones que conformaron esta agrupación principal, están caracterizadas por la dominancia de la fracción arena media, con porcentajes de esta fracción que en general, superaron el 50%. Por el contrario, en T1 y T2 nivel alto, se diferenciaron por el mayor aporte de arena fina, mientras que en T1 medio, la proporción de arena media supero el 80% de la composición granulométrica.

De la tabla 16, se observan los estadísticos descriptivos del sedimento intermareal en invierno. El valor promedio de tamaño de partícula, fue de  $1,71\phi$  y los valores más frecuentes se movieron en el rango  $1,41-2,07\phi$ . El resto de valores promedio de estadísticos fueron: grado de selección 0,95 (moderadamente seleccionado), asimetría 0,43 (asimetría muy positiva), y curtosis 0,99 (mesocúrtica).

**Tabla 16.** Estadísticos descriptivos del sedimento intermareal. Monitoreo verano 2016, Humedal Mantagua.

Estación	Promedio	Clasificación	Asimetría	Curtosis
T1-ALTO	2,413	0,897	0,710	0,519
T1-MEDIO	0,778	0,306	0,315	1,999
T1-BAJO	1,618	0,977	0,233	1,179
T2-ALTO	2,694	0,928	0,126	0,509
T2-MEDIO	1,377	0,778	0,025	1,122
T2-BAJO	1,435	1,010	0,723	1,148
T3-ALTO	1,168	0,764	0,608	1,152
T3-MEDIO	2,102	1,201	0,305	0,688
T3-BAJO	1,520	1,074	0,727	1,169
T4-ALTO	1,991	1,220	0,316	0,742
T4-MEDIO	1,425	1,045	0,773	1,231
T4-BAJO	2,053	1,252	0,308	0,508
<b>Prom.</b>	<b>1,715</b>	<b>0,954</b>	<b>0,431</b>	<b>0,997</b>
<b>Max</b>	<b>2,69</b>	<b>1,25</b>	<b>0,77</b>	<b>2,00</b>
<b>Min</b>	<b>0,78</b>	<b>0,31</b>	<b>0,02</b>	<b>0,51</b>
<b>Per25%</b>	<b>1,41</b>	<b>0,87</b>	<b>0,29</b>	<b>0,65</b>
<b>Per 75%</b>	<b>2,07</b>	<b>1,11</b>	<b>0,71</b>	<b>1,17</b>

## 5.6. Dinámica temporal del sedimento intermareal

El análisis espacial del sedimento intermareal, en un mismo periodo (invierno o verano), se encuentra representado en la figura 33. Del NMDS, se observa que las estaciones T1, T2 T3 y T4, pertenecientes a un mismo periodo, aparecen cercanas, sugiriendo que formarían una agrupación independiente. Sin embargo, a partir del resumen del análisis de ANOSIM, que se muestra en la tabla 17, se aprecia que el nivel de significancia es mayor 5%, con lo cual se acepta que todos los elementos, pertenecen a una misma agrupación.

Por su parte, el análisis temporal representado en la figura 33, se aprecia que las estaciones de la época estival, se agrupan en la esquina superior izquierda del plano de ordenación, mientras que las de la época invernal, se encuentran disgregadas. Esta aparente diferenciación entre las épocas de muestreo es ratificada con los resultados del análisis ANOSIM (Tabla 17), que registro un R-global de 0,958 y un nivel de significancia de 2,9% rechazando la hipótesis nula, de una misma agrupación.

Complementariamente, de la figura 34, se observa que los valores del grafico de caja y bigote de la época estival, se encuentran en un rango de magnitud menor a la época invernal. De este modo, el 50% de datos más frecuentes en verano se distribuyeron en el rango 1,41-2,07, con una mediana de 0,99. Por su parte, en invierno los valores se distribuyeron desde 2,10 hasta 2,46, con una mediana de 2,15. Del total de observaciones, no registraron valores extremos ni outlier.



**Figura 33.** Análisis NMDS de la distribución espacial del sedimento intermareal, invierno 2015-verano 2016, Humedal Mantagua.

**Tabla 17.** Resultados del análisis de similitud (ANOSIM) de una vía para validar diferencias significativas en el sedimento intermareal, invierno 2015-verano 2016, Humedal Mantagua.

ANOSIM					
Factor	Grupos				
Temporal	I-V				
Espacial	T1,T2,T3,T4				
	R-global	Significancia (%)	Permutaciones posibles	Permutaciones realizadas	Valores $\geq R$
Temporal	0,958	2,9	35	35	3
Espacial	-0,563	92,4	105	105	97

**Factor temporal:** I: invierno, V: verano; **factor espacial:** T1, T2, T3 y T4

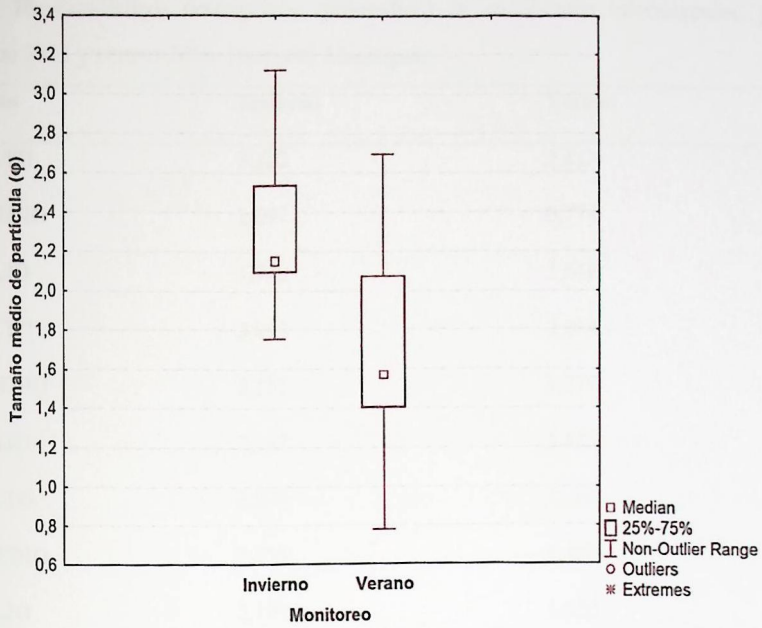


Figura 34. Gráfico de caja y bigotes del tamaño medio de partícula, en el sedimento intermareal. Campañas de invierno 2015- verano 2016, Humedal Mantagua.

**Tabla 18.** Estadísticos descriptivos (promedios) de sedimentos intermareales, periodo invierno 2015 y verano 2016, Humedal Mantagua.

<b>Estación</b>	<b>Invierno</b>	<b>Verano</b>
T1-ALTO	3,122	2,413
T1-MEDIO	2,097	0,778
T1-BAJO	1,940	1,618
T2-ALTO	2,093	2,694
T2-MEDIO	2,151	1,377
T2-BAJO	2,132	1,435
T3-ALTO	2,370	1,168
T3-MEDIO	2,713	2,102
T3-BAJO	2,191	1,520
T4-ALTO	2,740	1,991
T4-MEDIO	2,154	1,425
T4-BAJO	1,753	2,053
<b>Per 25%</b>	2,10	1,41
<b>Per 75%</b>	2,46	2,07
<b>Med</b>	2,15	0,99

## 6. DISCUSIÓN

A partir de los distintos análisis aplicados al sedimento submareal, se pudo determinar que la fracción arena fina, fue dominante en la composición granulométrica del sedimento en el humedal Mantagua, tanto en el periodo de invierno como verano. Estos resultados, están en concordancia con la descripción del sedimento de otros humedales de la Región de Valparaíso, como el Humedal Aconcagua (Pérez *et al.* 2016). Sin embargo, a partir del análisis multivariado NMDS, se identificaron estaciones que mostraron una composición distinta, en particular, los niveles altos de T1 en invierno y T3 en verano. En ambos casos, el factor que provocó la disimilitud fue el mayor aporte de arena media. Sin embargo, las diferencias espaciales no fueron significativas, cuando se contrastó en una misma época (invierno o verano). Por el contrario, al aplicar los análisis con un factor temporal de comparación, se detectaron diferencias significativas ( $p < 5\%$ ) en las características granulométricas de invierno 2015 y verano 2016. Luego a partir del análisis gráfico de caja y bigote, se identificó que estas diferencias se debieron a dos factores: el mayor tamaño de grano registrado en la época estival y como consecuencia de esto, la mayor amplitud de rango de tamaño. Esto podría indicar que en la temporada estival la zona de muestreo estuvo sometida a condiciones hidrodinámicas que provocaron disturbios (oleaje más intenso o marejadas). En este contexto, está documentado que la granulometría puede ser utilizada como un indicador grueso de la hidrodinámica del sector, ya que estas fuerzas pueden provocar la suspensión y desplazamiento de las partículas (Silva & Quiroga 2010).

De este modo, la información granulométrica tiene como uno de sus objetivos el disponer *a priori* de una idea general sobre la energía hidrodinámica del sector analizado para poder estimar, a grandes rasgos, la vulnerabilidad ambiental de un sitio. (Silva & Quiroga, 2010). Por tanto, la estructura y dinámica de los sedimentos son un elemento clave en el funcionamiento de los sectores marinos costeros y humedales asociados.

Con respecto a la sucesión de partículas de mayor tamaño, es relevante no solo en la composición granulométrica, sino que también en la biota que habita este ambiente, debido a que la capacidad de drenaje aumenta. De este modo, partículas de mayor tamaño, permitirán un mejor drenaje y por consiguiente menos humedad. Por el contrario, granos de menor tamaño, detienen mayores cantidades de agua, permitiendo un ambiente más húmedo, incluso cuando se presenta la marea baja (García et al. 2009). En general, este parámetro indica las oscilaciones en la energía cinética respecto a su valor medio, determinando la desviación en la clasificación de un sedimento (Silva & Quiroga 2010). En un sedimento pobremente seleccionado, hay mezcla de partículas de pequeño tamaño, las cuales no dejan lugar a drenaje (García et al. 2009).

La asimetría en el sedimento submareal, mostró tendencia hacia valores positivos, lo cual indica más proximidad de la media hacia valores finos, en comparación a la mediana. Este parámetro, está relacionado con la energía cinética del lugar, siendo un reflejo de los procesos depositacionales, donde una asimetría positiva, indica valores hidrodinámicos más bajos que lo normal, acumulando exceso de material fino (Folk 1980). Esto se debe a que la mayoría de los limos y arcillas no son removidos por las corrientes, siendo atrapados por los granos mayores (Tucker 1991). Los valores registrados en el sedimento submareal del

presente estudio están en concordancia, ya que en general, las arenas de río son positivamente sesgadas (Silva & Quiroga 2010).

Con respecto al sedimento intermareal, este se caracterizó por qué tanto en el periodo de invierno como verano, las arenas medianas y gruesas fueron dominantes en la composición granulométrica. Las estaciones que presentaron diferencias en su composición en invierno, presentaron tendencia hacia valores de arenas más finas, mientras que en verano las estaciones que se presentaron distintas, presentaron tendencias hacia valores más gruesos.

Al establecer diferencias espaciales y temporales en los sedimentos analizados, los test utilizados, no detectaron diferencias significativas entre los periodos de invierno y verano, tanto en los sedimentos submareales como intermareales. A pesar de haber diferencias en ambos casos, ésta tuvo relación con el aumento de tamaño de partícula en el monitoreo realizado en verano. A partir de estos resultados, se acepta la hipótesis del presente trabajo, puesto que se evidencian diferencias significativas en el tamaño de las partículas de arena del Humedal Mantagua al contrastar la información de invierno y verano.

## 7. CONCLUSIÓN.

1. La fracción arena fina fue dominante en la composición granulométrica del sedimento submareal en el Humedal Mantagua, tanto en el periodo de invierno como de verano.
2. Espacialmente no se registraron diferencias significativas en un mismo período climático. Sin embargo, al realizar la comparación temporal, se registraron diferencias en la composición granulométrica de cada periodo. En verano, la granulometría submareal, presentó mayores tamaños de partícula, justificando esta diferencia.
3. El sedimento intermareal se caracterizó por qué tanto en el periodo de invierno como en verano, la arena fina y la arena media fueron dominantes en la composición granulométrica
4. Al igual que lo sucedido con el sedimento submareal, solo se establecieron diferencias en el análisis temporal, las cuales fueron justificadas por el material sedimentario más grueso registrado en verano.
5. Se acepta la hipótesis del presente trabajo, la cual hace referencia a que diferencias en la composición granulométrica entre las época invernal y estival se reflejarían en diferencias significativas en la composición granulométrica del Humedal Mantagua, entre los periodos estudiados.

## 8. LITERATURA CITADA

**Arteaga T. 2014.** Condiciones ambientales del humedal de Sierra Chiquita, Municipio de Montería. Tesis o trabajo de investigación de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales. Manizales, Colombia. 184 pp.

**Blott SJ & K Pye. 2001.** Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1237-1248.

**Bó RF & AI Malvárez. 1999.** Las inundaciones y la biodiversidad en humedales. Un análisis del efecto de eventos extremos sobre la fauna silvestre. En: Malvárez AI. (ed.). *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*, 229 pp. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe – ORCYT, Montevideo.

**Cabrera C, M Maldonado & L Romero. 2004.** Impacto ambiental en sedimentos marinos superficiales por residuos líquidos industriales y urbanos. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG* 7 (14): 15-22.

**Centro de Estudios Agrarios y Ambientales (CEA). 2010.** Informe final: "Identificación de áreas potenciales para establecer reservas destinadas a proteger la fauna nativa de especies hidrobiológicas de agua dulce" código FIP N° 2008-58.

**Céspedes P. 2006.** Conectividad de humedales costeros y estructura de comunidades de aves acuáticas en la IX región, Chile. Tesis de Biología Marina, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 65 pp.

- Contreras M, R Figueroa, J Salcedo, H Vergara, C Zuleta, V Bravo, C Piñones & F Cortés. 2017.** Vulnerabilidad de humedales y dunas litorales en Chile central. Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático. 13: 243 – 262.
- Dahl E. 1952.** Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. *Oikos* 4: 1-27 pp
- Folk R & W Ward. 1957.** Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-26.
- Folk R. 1980.** Petrology of sedimentary rocks, Hemphill Publishing Company, Austin, Texas. 181 pp.
- Friedman G & J Sanders. 1978.** Principles of sedimentology. Wiley, New York. 792 pp.
- García C, Castillo R & García R. 2009.** Variación granulométrica y mineralógica en profundidad de los sedimentos retenidos por Diques. Estudio en cauces torrenciales semiáridos del sureste peninsular. *Nimbus* 23-24 ISSN 1139-7136, 2009 61-88.
- González A, M Vukasovic, V López & C Estados. 2012.** Variación temporal de la abundancia y diversidad de aves del humedal del río Mataquito, Región del Maule, Chile. *Hornero* 27(2): 167-176.
- Pérez-Vargas A, Bernal M, Delgadillo C, González-Navarro E & M Landaeta. 2016.** La distribución del alimento bentónico como predictor de la distribución espacial de playeros en un humedal de Chile central. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Vol. 51, N°1: 147-159.

**RAMSAR. 1998.** ¿Qué son los humedales? Documento Informativo Ramsar N°1. [en línea]  
<[http://ramsar.org/about\\_infopack\\_1s.htm](http://ramsar.org/about_infopack_1s.htm)>

**Scott DA & M Carbonell. 1986.** Inventario de Humedales de la Región Neotropical. IWRB Slimbridge & IUCN, Cambridge.

**Tucker, M. 1991.** Sedimentary Petrology. An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks. Segunda Edición. 260p. Oxford.

**Silva N & E Quiroga. 2010.** Manual de evaluación de informes ambientales de la acuicultura. Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

**Stuardo J & C Valdovinos. 1989.** Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central. Revista Ambiente y Desarrollo, 1: 107-115.

**Vargas B & J Linero. 2017.** Caracterización de sólidos suspendidos y sedimentos superficiales en humedales del departamento del Magdalena (Zapayán, Pijiño y Chilloa). Memorias III Seminario Internacional de Ciencias Ambientales SUE-Caribe, 1: 212-216

**Vergara H. 1991.** Manual de laboratorio para sedimentología, Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, Chile. 44 pp.

**Vila I, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez. 2006.** Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile, 186 pp. Editorial Universitaria, Santiago.

**Udden J & CK Wentworth. 1922.** A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology 30: 377-392.

Wieser, W. 1959. The effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. *Limnology and Oceanography* 4(2): 181-194