



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN FORESTAL Y SU MEDIO
AMBIENTE

ANÁLISIS DE LA CALIDAD HÍDRICA DEL HUMEDAL DE
MANTAGUA, REGIÓN DE VALPARAÍSO, Y SU RELACIÓN
CON EL ENTORNO SOCIAL

Memoria para optar al título
Profesional de Ingeniero Forestal

LILIANA TAPIA ZURITA

Profesor Guía: Matilde López M. Prof. Biología y Ciencias, MSc in Ecology,
Dra. Procesos Sociales y Políticas Latinoamericana

Santiago, Chile
2018

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN FORESTAL Y SU MEDIO
AMBIENTE

ANÁLISIS DE LA CALIDAD HÍDRICA DEL HUMEDAL DE
MANTAGUA, REGIÓN DE VALPARAÍSO, Y SU RELACIÓN
CON EL ENTORNO SOCIAL

Memoria para optar al título
Profesional de Ingeniero Forestal

LILIANA TAPIA ZURITA

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sra. Matilde López Muñoz	6,5
Prof. Consejero Alejandro Bozo	6,5
Profe. Consejero Gabriel Mancilla	6,0

A mis padres, por el amor y esfuerzo entregado en todos mis años de estudio.

A mi querida profesora Matilde López, por su amor, dedicación, y enseñanzas entregadas.

A mis abuelos, por su amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer, a la profesora Matilde López, por toda su dedicación, amor, tiempo, y enseñanzas durante todo mi proceso académico, y a su marido Ángel Vargas, por su colaboración y conocimientos tan enriquecedores entregados.

Agradezco a Jorge Machuca y Gabriel Marianjel, por todo el apoyo, colaboración, experiencia y ayuda que me brindaron en este proceso.

A mis profesores colaboradores, Alejandro Bozo y Gabriel Mancilla, por aportarme nuevas enseñanzas y acompañarme durante este camino. Gracias.

A Ramón Espinosa, por su ayuda, amor, y paciencia.

A mis padres, por su amor incondicional y paciencia.

A Don Osvaldo y Doña Mónica, dueños de la Posada del Parque, que me brindaron el acceso al lugar, amabilidad y compromiso. Muchas gracias.

A la ENAP, por el financiamiento de mi memoria, y a Marcelo Baeza, por su colaboración, paciencia y compromiso. Gracias.

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Organismos bioindicadores	6
1.2 Antecedentes generales sobre los humedales.	8
1.3 Importancia ecosistémica de los humedales.....	8
1.4 Antecedentes generales sobre el humedal de Mantagua	9
1.4.1 Clima	9
1.4.2 Vegetación.....	9
1.5 Objetivos	10
1.5.1 Objetivo general.....	10
1.5.2 Objetivos específicos	10
2. MATERIALES Y MÉTODO	11
2.1 Materiales.....	11
2.1.1 Área de estudio	11
2.1.2 Material de terreno	11
2.1.3 Material de laboratorio	12
2.2 Metodología.....	12
2.2.1 Selección de estaciones de muestreo.....	12
2.2.2 Metodologías de muestreo.....	12
2.2.3 Metodología para analizar el entorno social de la localidad de Mantagua..	14
2.2.4 Evaluación de la calidad del agua.	14
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
3.1 Estaciones de muestreo.....	19
3.2 Resultados de la calidad del agua del humedal de Mantagua, mediante el uso de diatomeas bentónicas y el Índice Diatómico General.....	19
3.3 Resultado de la calidad del agua del humedal de Mantagua mediante el reconocimiento de macrófitas.....	21
3.4 Resultado de la calidad del agua del humedal de Mantagua mediante el reconocimiento de macrozoobentos.....	29

3.5 Resultado de la calidad del agua del humedal de Mantagua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos.	31
3.6 Análisis del entorno social de la localidad de Mantagua mediante la percepción local de la comunidad.	36
4. CONCLUSIÓN	40
5. BIBLIOGRAFÍA	42
6. ANEXOS	45
ANEXO I.....	45
ANEXO II.....	46
ANEXO III	47
ANEXO IV	48
ANEXO V.....	49
ANEXO VI.....	50
ANEXO VII.....	51
ANEXO VIII.....	52
ANEXO IX	53
ANEXO X.....	54
ANEXO XI	55
ANEXO XII.....	56
ANEXO XIII.....	57

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tabla con las ventajas y desventajas de los organismos que pueden ser empleados como bioindicadores de la calidad del agua.....	7
Cuadro 2. Tabla con los valores permisibles para los parámetros fisicoquímicos a medir.	14
Cuadro 3. Tabla con los rangos de los resultados del IDG para clasificar la calidad del agua.	16
Cuadro 4. Clasificación para determinar la calidad del agua mediante Macroinvertebrados.....	16
Cuadro 5. Average Score Per Taxa (ASPT), clases de condición de sitio.....	17
Cuadro 6. Estaciones de muestreo del área de estudio.....	19
Cuadro 7. Diatomeas colectadas durante estacionalidad húmeda y seca en cada punto de muestreo.	20
Cuadro 8. Resultados de IDG para perifiton según el periodo de muestreo.	20
Cuadro 9. Catálogo de macrófitas presentes en el área de estudio por cada estación de muestreo.	21
Cuadro 10. Diversidad de macrófitas presentes en el humedal de Mantagua. Clase, Especie, Familia, Nombre común, Origen, Hábitat, Forma de vida y Hábitat de cada especie.	23
Cuadro 11. Macrozoobentos registrados durante estacionalidad húmeda y seca.	29
Cuadro 12. Resultados del índice para macroinvertebrados según estacionalidad.	30
Cuadro 13. Variables fisicoquímicas en la estación húmeda.	31
Cuadro 14. Variables fisicoquímicas en la estación seca.....	31
Cuadro 15. División de junta de vecinos Mantagua.	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Humedal de Mantagua ubicado en la comuna de Quintero, Región de Valparaíso.	11
Figura 2. Fórmula del Índice diatómico general.	15
Figura 3. Cobertura de macrófitas en el humedal de Mantagua.	23
Figura 4. Distribución del origen de las especies en el área de estudio.	24
Figura 5. Distribución de las especies según su hábito o forma de crecimiento en el área de estudio.	26
Figura 6. Distribución de las especies según su forma de vida en el área de estudio.	28
Figura 7. Gráfico del total de macroinvertebrados por familia.	30
Figura 8. Relación entre la conductividad eléctrica y el N° de macroinvertebrados ..	33
Figura 9. Relación entre la variable Temperatura y el N° de macroinvertebrados identificados.	34
Figura 10. Relación entre el N° de diatomeas y la conductividad eléctrica.	34
Figura 11. Relación entre la variable Temperatura y el N° de diatomeas identificadas.	35
Figura 12. Gráfico del N° de personas que indicaron conocer el humedal en el sector Doña Blanca.	37
Figura 13. Gráfico del N° de personas que indicaron conocer el humedal en el sector de Mantagua principal.	38
Figura 14. Gráfico del N° de personas que indicaron conocer el humedal en el sector de Mantagua alto.	39

RESUMEN

Uno de los ecosistemas más amenazados del planeta son los humedales. A pesar, de su reconocida importancia, los humedales en general carecen del resguardo necesario para su protección y conservación. Así mismo, existe muy poca información en cuanto al estado ecológico y análisis hidro químico de estos ecosistemas, Por otro lado, la calidad del agua en Chile a lo largo del tiempo se ha determinado mediante parámetros fisicoquímicos, como conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, temperatura, etc. Sin embargo, actualmente, se han incorporado las variables biológicas para su medición, como los bioindicadores, debido a que estos miden la calidad ambiental a largo plazo y poseen una sensibilidad única de tolerancia en los ambientes contaminados.

En este estudio, se analizaron las variables biológicas; Perifiton, macroinvertebrados y macrófitas, y las variables fisicoquímicas de seis estaciones en el humedal de Mantagua, ubicado en la V región de Valparaíso, con el fin de obtener su estado ecológico y determinar si su entorno social influye en este.

Se utilizaron índices biológicos para determinar la calidad del agua mediante el uso de bioindicadores, y fue utilizada la guía de CONAMA (2005) para establecer en este caso la calidad del agua de las variables fisicoquímicas. Según el análisis de perifiton y macroinvertebrados, el humedal de Mantagua posee una contaminación orgánica moderada, puesto que la mayoría de las especies identificadas son tolerantes a la contaminación. Según el análisis fisicoquímico, en la estación húmeda, los parámetros no cumplen con los rangos establecidos en la guía de CONAMA (2005), puesto que era esperable que los valores fueran altos, debido a la alta concentración de sales producto del aumento masivo de la marea en aquel periodo. Por otro lado, en la estación seca, los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos, debido a la disminución de sales, y una regulación en la temperatura, permitiendo las condiciones óptimas para el desarrollo de la vida acuática.

Por otro lado, se analizó en forma cualitativa la calidad del agua mediante el uso de macrófitas, determinando su presencia/ausencia y/o tolerancia de ellas en torno al humedal. Según su identificación, se pudo concluir que el humedal posee una moderada contaminación orgánica y eutrofización, debido a que la mayoría de las especies identificadas son tolerantes a la contaminación.

En cuanto a la calidad de agua obtenida, se estableció la influencia de la comunidad de Mantagua en ella, determinando que ésta posee una leve influencia en su calidad, ya que la mayoría de la población no conoce ni posee acceso al humedal debido a su carácter privado. Además, se pudo determinar mediante las entrevistas semiestructuradas, que algunos propietarios de la comunidad suelen descargar sus desechos al estero de Mantagua.

El resultado obtenido a modo de resumen de las variables señala que la calidad del agua del humedal es regular, y que no existe amplia variabilidad entre las estaciones húmedas (invierno) y seca (primavera).

El uso de bioindicadores para catalogar la calidad del agua es de vital importancia y gran utilidad, puesto que determinan el grado de contaminación orgánica y eutrofización, de una manera más simple y económica, posibilitando de esta manera conocer el estado ecológico del recurso hídrico. Por otro lado, se requiere de un profesional capacitado con la experiencia necesaria para el reconocimiento de los diversos taxones de bioindicadores.

Palabras claves: bioindicadores, perifiton, macroinvertebrados, estado ecológico, contaminación orgánica.

ABSTRACT

Wetlands are one of the most threatened ecosystems on the planet. Despite, their recognized importance, wetlands in general lack the necessary protection for their protection and conservation. Likewise, there is very little information regarding the ecological status and hydrochemical analysis of these ecosystems. On the other hand, the quality of water in Chile over time has been determined by physicochemical parameters, such as electrical conductivity, total dissolved solids, temperature, etc. However, at present, biological variables have been incorporated for their measurement, such as bioindicators, because they measure long-term environmental quality and have a unique tolerance sensitivity in contaminated environments.

In this study, the biological variables were analyzed; Perifiton, macroinvertebrates and macrophytes, and the physicochemical variables of six stations in the Mantagua wetland, located in the V region of Valparaíso, to obtain their ecological status and determine if their social environment influences this.

Biological indexes were used to determine water quality using bioindicators, and the guide of CONAMA (2005) was used to establish in this case the water quality of physicochemical variables. According to the analysis of perifiton and macroinvertebrates, the Mantagua wetland has a moderate organic contamination, since most of the species identified are tolerant to contamination. According to the physicochemical analysis, in the wet season, the parameters do not comply with the ranges established in the CONAMA (2005) guide, since it was expected that the values would be high, due to the high concentration of salts resulting from the massive increase in tide in that period. On the other hand, in the dry season, the values are within the established ranges, due to the decrease of salts, and a regulation in the temperature, allowing the optimal conditions for the development of aquatic life.

On the other hand, the quality of the water was analyzed qualitatively using macrophytes, determining their presence / absence and / or tolerance of them around the wetland. According to its identification, it could be concluded that the wetland has a moderate organic pollution and eutrophication, because most of the species identified are tolerant to contamination.

Regarding the water quality obtained, the influence of the community of Mantagua was established in it, determining that it has a slight influence on its quality, since the majority of the population does not know or have access to the wetland due to its nature private. In addition, it was possible to determine, through semi-structured interviews, that some community owners usually discharge their waste into the Mantagua estuary.

The result obtained as a summary of the variables indicates that the water quality of the wetland is regular, and that there is no wide variability between the wet (winter) and dry (spring) seasons.

The use of bioindicators to catalog water quality is of vital importance and great utility, since they determine the degree of organic pollution and eutrophication, in a simpler

and more economical way, thus making it possible to know the ecological status of the water resource. On the other hand, a trained professional with the necessary experience is required for the recognition of the various taxa of bioindicators.

Keys word: bioindicators, periphyton, macroinvertebrates, ecological status, organic contamination.

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento acerca de los ecosistemas acuáticos constituye una herramienta fundamental para el trabajo de conservación y restauración del entorno natural. Cabe destacar que la diversidad biológica como fuente de riqueza y bienestar entrega importantes servicios que surgen de las interacciones y retroalimentaciones entre los organismos que comparten el ecosistema (almacenamiento de agua, purificación, polinización, control de inundaciones, control de la erosión, mantenimiento de la biodiversidad, turismo, entre otras.) (Fernández, 2011).

Sin embargo, entre los ecosistemas acuáticos más vulnerables del planeta se encuentran los humedales, considerando que el crecimiento urbano ha restringido estos ecosistemas en canales o receptores de basura, y también, teniendo en cuenta que la exigencia de agua limpia en la ciudad no es congruente con el uso y desechos que lanzamos, para admitir que somos responsables de la alteración de la recarga y su depuración natural (Sánchez, *et al.*, 2007).

Los humedales constituyen un hábitat único para una amplia variedad de flora y fauna, caracterizándose por su alta productividad y diversidad biológica. Estos elementos ayudan a la estabilización de los suministros de agua y contribuyen a la depuración de aguas contaminadas, mitigación de cambio climático, control de crecidas, entre otros. Por lo tanto, considerando que las perturbaciones en estos sistemas acuáticos afectan a los seres vivos que los habitan, se han desarrollado diversas metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos, desde bacterias hasta peces como bioindicadores biológicos, que, mediante su sensibilidad, presencia y tolerancia, reflejan los cambios físicos y químicos que generan las diferentes actividades humanas (Carvacho, 2012). Una de estas metodologías la constituye el análisis de la calidad hídrica, el cual mediante el estudio de organismos vivos (bioindicadores) que pueblan el agua, es posible determinar el estado ecológico de un ecosistema acuático. Estos indicadores biológicos en conjunto con los análisis físicos y químicos tradicionales son considerados una medida necesaria para la caracterización de la contaminación.

El humedal de Mantagua, se encuentra inmerso en una zona rural y turística, y dentro de los 34 “Hotspot” de biodiversidad con prioridades de conservación a nivel mundial (CONAMA-PNUD, 2005). En el humedal se pueden identificar distintos tipos de amenazas que pueden afectar a su biodiversidad, tales como la alteración por animales domésticos, caza, pesca ilegal, proyectos inmobiliarios, y falta de conciencia por parte de turistas y/o residentes que puedan desconocer su valor ambiental (Barraza y Ponce, 2014). Además, pocos estudios han resaltado su importancia y riqueza de especies, por lo que en la “Estrategia y plan de acción para la conservación de la diversidad biológica” propuesta por la región de Valparaíso (CONAMA-PNUD, 2005), se indica que existe una falta de antecedentes sobre su flora y fauna evitando que el humedal sea declarado en alguna categoría de conservación.

Por lo tanto, en el presente trabajo, se realiza un análisis de las comunidades bioindicadoras del humedal de Mantagua, determinando la calidad del agua, y su

relación con el entorno social para precisar si este influye en su alteración, de manera que la información obtenida pueda contribuir a su conservación.

1.1 Organismos bioindicadores

El término de bioindicadores en diversos países es utilizado para medir la salud del ecosistema acuático y también para determinar el impacto potencial al ámbito humano y económico. Por lo tanto, un bioindicador es, un organismo selecto por el grado de sensibilidad o tolerancia frente a diversos tipos de contaminación o sus efectos. Cabe considerar, que el término “bioindicadores” tiene ciertas limitaciones como; grado al cual pueden ser detectados impactos sutiles; falta de herramientas de diagnóstico para la determinación de causas del impacto observado; los indicadores biológicos no poseen una expresión numérica precisa en comparación con los análisis fisicoquímicos; se requiere personal con experiencia; el tiempo de muestreo es largo (De la Lanza, *et al.*, 2000).

En diversos países, el uso de bioindicadores se ha ocupado como una herramienta analítica para otorgar información de la estructura y función de las comunidades biológicas, o sobre el cambio de las condiciones pasadas de un determinado lugar. Sin embargo, para legislar la calidad del agua en algunos países, se ha determinado que es necesario adquirir esta metodología biológica (De la Lanza, *et al.*, 2000).

Por lo tanto, las alteraciones naturales o antropogénicas afectarán a la flora y fauna acuática que crecen y se desarrollan naturalmente en condiciones físicas y químicas características, y también puede llegar a repercutir en la distribución y sobrevivencia de los organismos. Basado en el concepto anterior, se emplea el término de bioindicadores como un método para medir la calidad del agua, que se basa en la presencia o ausencia de ciertos organismos que se encuentran asociados a un determinado tipo de contaminación (De la Lanza, *et al.*, 2000).

Usualmente, los biólogos emplean los bioindicadores para determinar la contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo, definiendo la presencia de estos organismos como la demostración de ciertas condiciones del medio, mientras que su ausencia se considera como una alteración de tales condiciones. Además, la declinación de las comunidades de estos organismos puede deberse a la mala calidad del agua, degradación del hábitat, o también a la combinación de ellas (Vásquez, *et al.*, 2006).

Este método biológico, puede usar desde los taxones superiores hasta la especie, pero existen dificultades para determinar este último, por falta de especialistas o por su deterioro y pérdida de características físicas en el laboratorio (De la Lanza, *et al.*, 2000).

Entre los beneficios del uso de bioindicadores se encuentran (Vásquez, G. *et al.*, 2006):

- Son fácilmente accesibles.
- la información además de expresarse cualitativamente también puede ser presentada cuantitativamente.

- La colección y evaluación de su información también puede ser utilizado por el sector industrial u otro ajeno a la biología (De la Lanza, *et al.*, 2000).
- Las comunidades biológicas reflejan las condiciones del sistema (física, química, biológica y ecológica).
- El monitoreo resulta ser más económico en comparación con los análisis fisicoquímicos.
- La información resultante puede expresarse a través de índices bióticos los cuales pueden indicar la calidad del agua mediante escalas numéricas.

A continuación, se muestra la tabla con el grupo de algunos organismos que pueden ser empleados como indicadores de la calidad del agua con sus principales ventajas y desventajas (Chapman, 1996).

Cuadro 1. Tabla con las ventajas y desventajas de los organismos que pueden ser empleados como bioindicadores de la calidad del agua.

Organismos	Ventajas	Desventajas
Macroinvertebrados	Poseen diversidad de formas y hábitos. Existen muchas especies sedentarias que indican efectos en el sitio de muestreo. Todas las comunidades responden al cambio. Pueden indicar efectos de contaminación en el tiempo, ya que son de larga vida.	El muestreo cuantitativo resulta difícil. El tipo de sustrato es importante en el muestreo. Algunas especies pueden ser transportadas en aguas en movimiento. Se necesita tener un conocimiento necesario de su ciclo de vida para su interpretación. Algunos grupos son difíciles de identificar.
Perifiton	Existe una gran variedad de métodos de muestreo y son accesibles y de bajo costo. Son los productores primarios, y sensibles al cambio ambiental en ambientes loticos y lénticos. Miden y cuantifican la magnitud del estrés y respuesta ecológica al daño.	Se requiere de profesional capacitado para su reconocimiento. Se debe poseer eficiencia en el muestreo.
Macrófitas	Especies por lo general fácil de ver e identificar. Buenos indicadores de material suspendido y enriquecimiento de nutrientes.	Las respuestas a la contaminación no están bien documentadas. Presencia principalmente estacional.

Fuente: Chapman, 1994.

1.2 Antecedentes generales sobre los humedales.

Los humedales corresponden a ecosistemas que se encuentran entre ambientes permanentemente inundados de agua y ambientes generalmente secos, presentando una variada diversidad biológica que depende de las distintas condiciones bióticas, abióticas, localización geográfica y origen (CONAF, 2010).

La convención Ramsar, define a los humedales como diferentes hábitats en donde existen extensiones de agua en diversas condiciones, como turberas, pantanos, aguas permanentes o temporales, dulces salobres o salados, etc. Cuya profundidad de marea baja no exceda a los seis metros. Además, se incorporan zonas ribereñas o costeras pertenecientes a los humedales, con una profundidad superior a los seis metros en marea baja (Ramsar, 2013).

Se reconocen cinco tipos de humedales principales, entre ellos se encuentran; los marinos, estuarinos, lacustres, ribereños y palustres (pantanosos). Sin embargo, la convención Ramsar ha determinado una clasificación de 42 tipos de humedales agrupados en tres distintas categorías; marinos y costeros, y humedales continentales y artificiales (CONAF, 2010). Sin embargo, en nuestro país, la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), propone como medida alternativa considerar a los humedales como ecosistemas que se encuentran asociados a sustratos saturados de agua, ya sea permanente o temporal, permitiendo el desarrollo de la vida acuática. Por lo tanto, los estudios de ecología en humedales se han enfocado en el análisis a nivel del ecosistema hasta las comunidades.

1.3 Importancia ecosistémica de los humedales

Los humedales como ecosistemas acuáticos proveen de diversos bienes y servicios para preservar la vida, además, poseen atributos que los distinguen de otros ecosistemas, destacando (CONAF, 2010):

- Bienes ambientales; que se definen como los productos de la naturaleza aprovechados por el ser humano.
- Funciones ambientales o ecológicas; como el ciclo hidrológico, formación de suelos, etc.
- Servicios ambientales; se determinan como el resultado de una función ambiental, la cual debe generar un beneficio ecológico, social y económico, incidiendo directamente al mejoramiento del medio ambiente.

Sin embargo, de las complejas interacciones que ocurren entre los componentes de los humedales, se determinan diversos beneficios como funciones y productos, dentro de los cuales se encuentran: recarga y descarga de acuíferos, control de inundaciones, exportación de biomasa, transporte de aguas, actividades recreativas y turismo, retención de sedimentos, tóxicos y nutrientes, abastecimiento de agua, hábitat para la vida silvestre, recursos forrajeros, recursos vegetales, entre otros (CONAF, 2010).

Además, los beneficios que se producen a partir de estos servicios ambientales se clasifican en tres niveles; beneficio a nivel local, los cuales se preocupan básicamente de la conservación del lugar; Luego a nivel de país, que se refiere por ejemplo al abastecimiento de agua para la población y producción de hidroenergía; y por último a nivel mundial, que se preocupa de la captación de gases de carbono para mitigar el efecto invernadero. Además, en años recientes, se ha dado una mayor importancia ecológica mundial a los humedales, lo cual ha incrementado el incentivo para su conservación y manejo sustentable (CONAF, 2010).

1.4 Antecedentes generales sobre el humedal de Mantagua

El humedal de Mantagua forma parte de la cuenca del estero Quintero, y se encuentra ubicado en la zona central de Chile, comuna de Quintero, Región de Valparaíso, con una superficie que abarca aproximadamente 269 ha. Está conformado por el estero Quintero que forma un meandro hacia el mar, y en su desembocadura formando un estuario que producto de su sedimentación forma el humedal costero de Mantagua, (Iturriaga y De la Harpe, 2012)

1.4.1 Clima

El humedal de Mantagua posee el clima de la región de Valparaíso, templado-cálido, con estación seca prolongada y gran nubosidad. Posee una temperatura media anual de 14,4 °C y una amplitud térmica anual inferior a los 10 °C, mientras que las oscilaciones térmicas son suavizadas por el mar. A medida que aumenta la latitud, las precipitaciones anuales de la región aumentan, sobrepasando los 400 mm. En las zonas costeras, mientras que en las zonas intermedias disminuye, y volviendo aumentar en la zona cordillerana (Iturriaga y De la Harpe, 2012)

1.4.2 Vegetación

La vegetación de la zona corresponde a la de la zona meso mórfica de Chile, y que el área de estudio se encuentra en la región del matorral y del bosque esclerófilo, perteneciente a la formación del bosque esclerófilo costero. La vegetación mayoritariamente se encuentra en estados regenerativos debido a su extensivo uso (Iturriaga y De la Harpe, 2012)

Las principales especies que se encuentran en la zona son; *Lithrea caustica* (litre), *Peumus boldus* (boldo), *Cryptocarya alba* (peumo), *Quillaja saponaria* (quillay), *Alstroemeria spp*, y *Podanthus mitiqui* (mitique), *Ambrosia chamissonis* (quinchigüe), *Distichlis spicata* (grama salada), *Lobelia excelsa* (tabaco del diablo) y *Baccharis spp*. (Iturriaga y De la Harpe, 2012).

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Estudiar la calidad hídrica del humedal de Mantagua mediante el uso de bioindicadores (Macrófitas, Macroinvertebrados y Perifiton) y parámetros fisicoquímicos, y determinar su influencia con el entorno social.

1.5.2 Objetivos específicos

- Ejecutar un levantamiento biológico de organismos bioindicadores (macrófitas, macroinvertebrados y perifiton), en distintas estaciones de muestreo propuestas.
- Evaluar el estado ecológico del recurso hídrico del humedal, mediante el uso de índices bióticos y parámetros fisicoquímicos.
- Evaluar el conocimiento y percepción que tienen los actores sociales de la localidad de Mantagua sobre el área de estudio, ocupando la metodología de la observación participante mediante entrevistas semiestructuradas.

2. MATERIALES Y MÉTODO

2.1 Materiales

2.1.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde al humedal de Mantagua, de coordenadas 32°53'S; 71°31'W, perteneciente a la comuna de Quintero, Región de Valparaíso, caracterizada por ser una laguna costera que abarca aproximadamente 269 hectáreas. El humedal se encuentra rodeado de dunas con matorrales y zonas agrícolas y forestales (Barraza y Ponce, 2014).

Figura 1. Humedal de Mantagua ubicado en la comuna de Quintero, Región de Valparaíso.



Durante el invierno se producen crecidas en el estero Quintero, provocando una conexión entre el humedal y el mar (Barraza y Ponce, 2014).

2.1.2 Material de terreno

Para el reconocimiento inicial de terreno, se requirió registrar los hitos geográficos más importantes de la zona de borde del humedal. Para ello, se ocupó un GPS marca Garmin modelo GPSmap 62s. Para determinar los parámetros fisicoquímicos, se ocupó un termómetro, conductivímetro y medidor de sólidos totales disueltos marca *Thermo Scientific Orion 3-star*, y de un pHmetro digital marca *DPH-2 ATAGO* para la medición del pH.

Una vez definidas las estaciones de muestreo, para la toma de muestras de perifiton y macroinvertebrados se ocuparon frascos plásticos de capacidad de 40 ml., alcohol al

70% para la fijación, una red muestreadora de arrastre de diámetro de poro de 250 μM , pinzas entomológicas y adhesivos para la rotulación de la fecha, hora y N° de muestra recolectada. Para el muestreo de macrófitas, se utilizó una prensa (papel de diario, pitilla y madera) para conservar las muestras hasta ser llevadas a laboratorio.

2.1.3 Material de laboratorio

Los análisis de las muestras se llevaron a cabo en el laboratorio de Hidronomía de la Facultad de Cs. Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Para el análisis del perifiton, se ocupó un microscopio modelo Leitz GMBH Wetzlar, portaobjetos, cubreobjetos y pipetas Pasteur, y para el análisis de macroinvertebrados se ocupó una lupa estereoscópica Modelo Hokenn Optik Modelo ZTX E ZOOM, cápsulas Petri de 10 cm de diámetro y pinzas. Para facilitar el reconocimiento de las muestras y generar un registro de las familias de macroinvertebrados, se ocupó una cámara fotográfica marca Nikon Coolpix S300.

2.2 Metodología

2.2.1 Selección de estaciones de muestreo.

El muestreo se realizó en la estación climática de primavera, y con un reconocimiento inicial del terreno para determinar los lugares para la toma de muestras, y en cada estación de orilla, se colectaron muestras biológicas y fisicoquímicas con el fin de establecer una relación entre ellas y el espejo de agua.

Para la selección de las estaciones de muestreo, se determinaron los hitos geográficos de borde los cuales se basaron en los siguientes criterios (Samanez, 2014).

- La zona debe ser accesible y estable.
- Para la colecta de perifiton y macroinvertebrados, los sustratos elegidos deben estar en zonas ya inundadas y no inundadas recientemente.
- Las muestras deben realizarse en las orillas.
- Se escogerán los mejores sitios en cuanto a riqueza de especies.

Por la extensión de la zona, se establecieron 6 estaciones de muestreo para obtener una representatividad total del área, y cada estación de muestreo fue registrada por coordenadas GPS, Fecha, hora del día.

2.2.2 Metodologías de muestreo

Para evaluar la calidad del agua del humedal de Mantagua en cada estación de muestreo, se realizó un análisis fisicoquímico y biológico, los cuales constaron de distintos procedimientos para su cuantificación. Dentro del análisis físico-químico, se midieron las variables de temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, mientras que, en la caracterización biológica, se analizaron los bioindicadores animales (Macroinvertebrados) y los bioindicadores vegetales (Perifiton y Macrófitas).

2.2.2.1 Método de colecta para Perifiton y Macroinvertebrados.

Para cada análisis de agua, se realizó un muestreo con el fin de recolectar organismos representantes del Perifiton, específicamente diatomeas. Estos fueron recogidos mediante el lavado de las raíces de macrófitas mediante la técnica de cepillado. Las muestras, se almacenaron en envases plásticos, etiquetados, y fijados en alcohol al 70%.

La toma de muestras depende del tipo de sustrato, por lo tanto, ya que el tipo de sustrato del humedal es blando, se tomó la muestra con la ayuda de una espátula, removiendo una pequeña porción de la superficie de borde (Samanez, *et al.*, 2014) almacenándola en frascos de 40 ml y fijándola en formalina al 10%. Para la colecta de Macroinvertebrados, se utilizó una red muestreadora de arrastre de diámetro de poro de 250 μM , y almacenados también en frascos de 40 ml y fijados en alcohol desnaturalizado al 70%.

2.2.2.2 Método de colecta para Macrófitas.

Para la toma de muestras de macrófitas, se procedió a utilizar el método de área mínima, el cual permite determinar la superficie más pequeña sobre la cual la composición de especies de la comunidad en cuestión se encuentra representada adecuadamente, y que depende de la variación interna que esta tenga. Este método, se recomienda ser utilizado para zonas relativamente homogéneas y no fragmentadas, además, en este caso, se aplicó en la zona de borde del humedal para determinar la variedad de especies de macrófitas existentes (Hernández, 2000).

Para iniciar el método, se comenzó definiendo pequeñas superficies (p.e. 0,5m x 0,5 m) registrando todas las especies que se encontraron dentro de aquel cuadrado. Luego, el área anterior se duplicó agregando las nuevas especies que entran en la nueva área. De esta forma, el área de muestreo se fue agrandando hasta que el número de especies agregadas se volvió pequeño, sin embargo, en este caso, como se trata de macrófitas, el área se extendió hasta que comenzaron a integrarse especies netamente terrestres (Hernández, 2000).

Una vez colectada cada muestra, estas se colocaron en una prensa para evitar su descomposición hasta que fueron llevadas al laboratorio para su identificación.

2.2.2.3 Método de monitoreo para determinar variables fisicoquímicas.

En cada estación de muestreo, se midieron las variables de Temperatura ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Conductividad eléctrica, sales totales disueltas (mg/L) y pH, los cuales se realizaron en la misma columna de agua.

Los datos obtenidos para cada variable fueron comparados y analizados bajo “*La guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de la calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas*”, y se indicó si estos se encuentran o no dentro de los rangos establecidos.

Cuadro 2. Tabla con los valores permisibles para los parámetros fisicoquímicos a medir.

Indicador fisicoquímico	Unidad	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Conductividad eléctrica	μS/cm	750	1500	2250
Sólidos totales disueltos	<mg/L	500	1000	1500
Temperatura *	ΔT°C	1.5	1.5	3
pH	Rango	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5

Fuente: Modificado de Guía de CONAMA, 2005.

2.2.3 Metodología para analizar el entorno social de la localidad de Mantagua.

Para comprender y analizar el comportamiento de la comunidad aledaña al humedal, fue necesario recopilar antecedentes cualitativos de los pobladores rurales, para así obtener una percepción social que permita otorgar información acerca de la relación de la comunidad aledaña con el recurso hídrico, conociendo sus visiones, emociones, el grado de percepción ambiental que posean y su comportamiento frente a este recurso., determinando finalmente si la comunidad contribuye su alteración.

Para el desarrollo del objetivo, y determinar si la población influye en la alteración del recurso hídrico, fue necesario realizar los siguientes pasos metodológicos:

2.2.3.1 Observación participante mediante entrevista semiestructurada.

Esta metodología, es una técnica que se emplea para describir grupos humanos realizando al mismo tiempo una investigación social, en donde la persona encargada de realizar esta observación debe participar abiertamente o de manera encubierta en la vida cotidiana de las personas durante un tiempo relativamente extenso, ya sea escuchando a las personas, realizando preguntas, observando, o todo tipo de recopilación de información a la cual se pueda acceder durante su inserción en el grupo (Taylor y Bogdan, 2002).

Por lo tanto, mediante esta metodología, se recopiló la información necesaria para determinar si la población rural aledaña al humedal de Mantagua posee influencia en su alteración. Para ello, se utilizó principalmente la entrevista semiestructurada, en la cual se realizó una serie de preguntas, cuyo objetivo principal fue destacar la percepción y el complemento personal de las respuestas de las personas, para un posterior análisis en su conjunto.

2.2.4 Evaluación de la calidad del agua.

El análisis se realizó en el laboratorio de Hidronomía de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, en donde se determinó la calidad del agua mediante el análisis de las comunidades bioindicadoras, utilizando índices bióticos que, en base a la tolerancia y recuento de los

individuos reconocidos a nivel de género, se indicó el estado ecológico del Humedal de Mantagua.

2.2.4.1 Evaluación de calidad del agua mediante el uso de Perifiton.

Para el análisis de Perifiton, se utilizó el Índice Diatómico General (IDG), el cual se basa en respuestas a distintos grados de contaminación, a la adaptabilidad ecológica de los individuos, y a su abundancia en el medio muestreado. Este índice diatómico, incluye solo diatomeas, las que constituyen una de varias clases de algas unicelulares. Los datos que se requieren para determinar el IDG, son; la sensibilidad, amplitud ecológica, y abundancia, en donde la sensibilidad varía en un rango de 1 a 5, y la amplitud ecológica se clasifica en categorías del 1 al 3 (Rivas, *et al.*, 2010).

La fórmula del IDG se representa de la siguiente forma.

Figura 2. Fórmula del Índice diatómico general.

$$IDG = \frac{\sum_{j=1}^n A_j S_j V_j}{\sum_{j=1}^n A_j V_j}$$

Fuente: Iturra, 2011.

Donde;

A_j: Abundancia relativa (%).

S_j: Sensibilidad a la contaminación.

V_j: Amplitud ecológica o variabilidad de la especie.

Los valores de sensibilidad varían en un rango de 1 a 5, en donde las especies que se designan con un valor mayor son más sensibles a las condiciones ecológicas en las que se desarrollan, mientras las especies que se denotan con un valor menor, significa que poseen una mayor resistencia a condiciones ecológicas adversas, mientras que los valores de variabilidad o amplitud ecológica se categorizan en un rango del 1 al 3.

Una vez asignados los valores y agregados a la fórmula, se procedió a determinar el grado de contaminación del recurso hídrico según el índice de clasificación de calidad de agua que se muestra a en la siguiente tabla.

Cuadro 3. Tabla con los rangos de los resultados del IDG para clasificar la calidad del agua.

Valor	Significado
IDG >4.5	Calidad biológica optima
4<IDG<4.5	Calidad normal. Polución Débil.
3.5<IDG<4	Polución moderada. Eutrofización.
3<IDG<3.5	Polución Media. Eutrofización Acentuada.
2<IDG<3	Desaparición de especies sensibles. Polución Fuerte.
1<IDG<2	Polución muy fuerte.
IDG=0	La población es considerada inexistente.

Fuente: (Rivas, *et al.*, 2010).

2.2.4.2 Evaluación de calidad del agua mediante el uso de Macroinvertebrados.

Para la evaluación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados, se utilizó un índice distinto al anterior, en el cual también se determina la tolerancia de los individuos identificados. Por lo tanto, una vez reconocidas las familias de macroinvertebrados en laboratorio, se procedió a determinar la calidad del agua mediante el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), el cual consiste en un método simple, en el que se trabaja a nivel de familia, utilizando un rango de puntaje de 1 a 10 según la tolerancia a la contaminación orgánica. El valor 10, es asignado a las familias de excelente calidad, puesto que son exigentes en términos de calidad de hábitat, mientras que el valor 1, es asignado a las familias de organismos indicadores de aguas con una mala calidad, debido a su baja exigencia en calidad de hábitat (Alba-Tercedor y Sánchez, 1988).

Cuadro 4. Clasificación para determinar la calidad del agua mediante Macroinvertebrados.

Puntuación	Familia
10	<i>Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Amphipodae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae</i>
9	<i>Phryganeidae, Molannidae, Baraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Aphelocheiridae.</i>
8	<i>Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae.</i>
7	<i>Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae.</i>
6	<i>Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hidrophilidae, Unionidae, Corophiidae, Gamrnaridae, Platycnenididae, Coenagriidae.</i>

5	<i>Mesovelidae, Hydrornetridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Hidrophilidae, Elmidae, Hlaplidae, Clambidae, Helodidae, Drypidae, Eliminthidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Siphonaridae, Planariidae, Dendrocoelidae.</i>
4	<i>Baetidae, Sialidae, Pisdcolidae.</i>
3	<i>Asellidae, Valvatidae, Hydrobbidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae.</i>
2	<i>Chironomidae.</i>
1	<i>Nemátoda.</i>

Para obtener el grado de contaminación, a cada familia de macroinvertebrados se les asignó el puntaje de tolerancia indicado en el cuadro N°4, y a continuación, se sumaron los valores obtenidos para cada familia en el periodo seco y periodo húmedo, y se realizó una asignación promedio por taxón conocido como Average Score Per Taxa (ASPT), en donde el puntaje total del índice BMWP, se divide por el número de individuos del taxón a nivel de familia, lo que permitió determinar el estado ecológico del sitio. Estos valores poseen un rango entre el 0 hasta el 10, cuyo valor más alto indica un sistema libre de contaminación, y viceversa (Roldán y Ramírez, 1992).

Cuadro 5. Average Score Per Taxa (ASPT), clases de condición de sitio.

Valor ASPT	Condición de sitio
>6	Sistema libre de contaminación
5-6	Probablemente buena calidad
4-5	Probablemente moderada contaminación
<4	Probablemente severa contaminación

Fuente: Roldán y Ramírez, 1992.

2.2.4.3 Evaluación de calidad del agua mediante el monitoreo de variables fisicoquímicas.

Dependiendo de si los valores obtenidos se encontraron o no dentro de los rangos de la tabla con los valores permisibles por la guía de CONAMA 2005, se estableció una relación entre los bioindicadores y las variables fisicoquímicas determinadas, indicando de esta forma el grado de contaminación del humedal.

2.2.4.4 Evaluación de calidad del agua mediante el uso de macrófitas.

La comunidad de macrófitas reflejan las condiciones ambientales de los últimos meses o años, y la desaparición o aparición de especies o también los cambios en su abundancia constituyen una información significativa para determinar si el ambiente en el que habitan se encuentra o no alterado. Esto es debido a que son sensibles a los contaminantes y acumulan sustancia toxicas en sus órganos. Por lo tanto, dependiendo de los tipos de familias identificadas, se determinará según su sensibilidad si se está

frente a un recurso hídrico alterado o no. En general, la presencia de una gran variedad de macrófitas indica una buena calidad de agua, y viceversa. Por lo tanto, comparando la presencia de macrófitas con el análisis fisicoquímico y biológico, se determinó el estado ecológico del componente hídrico (García, *et al.*, 2010).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estaciones de muestreo.

Las estaciones de muestreo seleccionadas se detallan en la tabla N°1, con sus respectivas ubicaciones geográficas en coordenadas UTM, y la estación del año en donde fueron realizados.

Cuadro 6. Estaciones de muestreo del área de estudio.

Estaciones de muestreo	Ubicación geográfica en coordenadas UTM 19 H		Época de muestreo
	Este	Norte	
E1	266410	6359001	Invierno
E2	266112	6358974	Invierno
E3	265824	6359073	Invierno
E4	265796	6359058	Primavera
E5	265818	6358924	Primavera
E6	265613	6358719	Primavera

Como se indica en la tabla anterior, los muestreos fueron realizados en la estación de invierno y primavera.

3.2 Resultados de la calidad del agua del humedal de Mantagua, mediante el uso de diatomeas bentónicas y el Índice Diatómico General.

Como se señaló en la metodología, se evaluó la calidad del agua usando el Índice Diatómico General IDG. Para esto, se identificaron los individuos correspondientes representados en género, y se construyó una lista con las especies de diatomeas colectadas durante la estacionalidad húmeda-seca (invierno y primavera) en cada una de las estaciones (Cuadro 7).

Se lograron identificar un total de 15 géneros de diatomeas en las seis zonas de muestreo.

Cuadro 7. Diatomeas colectadas durante estacionalidad húmeda y seca en cada punto de muestreo.

Género	Estacionalidad húmeda			Estacionalidad seca			Total	%
	A1	A2	A3	A4	A5	A6		
Melosira sp.	1	3	11	0	0	0	15	3,59
Synedra sp.	3	0	6	4	0	8	21	5,02
Diatoma sp.	1	0	0	0	0	0	1	0,24
Achnantes sp.	21	17	13	12	3	84	150	35,89
Amphora sp.	1	1	0	4	2	3	11	2,63
Nitschia sp.	1	0	0	0	0	0	1	0,24
Tabellaria sp.	0	1	0	0	0	0	1	0,24
Gomphonema sp.	0	1	1	2	1	1	6	1,44
Cymbella sp.	0	4	0	0	0	0	4	0,96
Ephitemia sp.	0	0	2	0	0	18	20	4,78
Anomoeoneis sp.	0	0	1	1	1	0	3	0,72
Fragilaria sp.	0	97	0	18	1	50	166	39,71
Navicula sp.	0	0	0	8	5	1	14	3,35
Cyclotella sp.	0	0	0	3	1	0	4	0,96
Surirella sp.	0	0	0	0	1	0	1	0,24
Total	28	124	34	52	15	165	418	100

Entre las diatomeas identificadas, se encontró un mayor número de individuos del género *Fragilaria sp.* y *Achnantes sp.*, especies muy características de ambientes abiertos y abundante radiación solar, por lo que son tolerantes a la luz, razón por la cual se encuentran en abundancia en el humedal. Sin embargo, las demás especies, son características de humedales continentales, y según su presencia indican diversas tolerancias.

Las especies de diatomeas identificadas se ingresaron en el IDG dando como resultado la calidad del agua del humedal de Mantagua representada en el cuadro 8.

Cuadro 8. Resultados de IDG para perifiton según el periodo de muestreo.

	Periodo húmedo			Periodo seco		
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
IDG	4,05	4,08	3,97	3,73	3,24	4,52
Promedio	4,03			3,83		
Total						3,93

Como se observa en el cuadro 8, el resultado del IDG para el periodo seco es de 4,03, siendo mayor que para el periodo húmedo con un promedio de 3,83. Por lo tanto, la

calidad del agua general para el humedal es de 3,93, siendo clasificada por el IDG como una contaminación moderada, con leve eutrofización.

3.3 Resultado de la calidad del agua del humedal de Mantagua mediante el reconocimiento de macrófitas.

Para la identificación de macrófitas, se ocupó el método del área mínima, por lo cual las estaciones fueron establecidas de acuerdo con el criterio de aparición de una nueva especie en cada cuadrado establecido. Para ello, se ocupó un área total de 16 m², en donde se determinaron las especies presentes, indicando presencia/ausencia de especies.

La recolección de especies se realizó en la estación de primavera (estación seca), a diferencia del resto de los muestreos, que fueron realizados en 2 estaciones. Esto es, debido a que las macrófitas se caracterizan por ser bioindicadores de presencia permanente, no es necesario realizar muestreos en diferentes estaciones al año.

La flora acuática del humedal de Mantagua, se presenta en el cuadro N°1, y está formada por un total de 6 clases, 10 familias, y 10 especies.

Cuadro 9. Catálogo de macrófitas presentes en el área de estudio por cada estación de muestreo.

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estaciones de muestreo.						
				1	2	3	4	5	6	
Filicopsida	Azollaceae	<i>Azolla filiculoides</i>	Hierba del pasto	x						
Equisetopsida	Equisetaceae	<i>Equisetum bogotense</i>	Cola de caballo		x		x	x	x	
Liliopsida	Cyperaceae	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Totora	x	x		x			
Liliopsida	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	Junco	x		x		x	x	
Liliopsida	Typhaceae	<i>Thypha angustifolia</i>	Vatro	x						x
Rosopsida	Asteraceae	<i>Cotula coronopifolia</i>	Botón de oro		x	x	x	x	x	x
Magnoliopsida	Plantanagiceae	<i>Plantago Lanceolata</i>	Llantén menor		x	x	x	x	x	x
Frankenia salina	Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiperoides</i>	Duraznillo de agua			x	x	x		
Liliopsida	Lemnaceae	<i>Lemna minuscula</i>	Lenteja de agua		x	x				

Frankenia salina	Onagraceae	<i>Ludwigia peploides</i>	Clavito de agua	x					
------------------	------------	---------------------------	-----------------	---	--	--	--	--	--

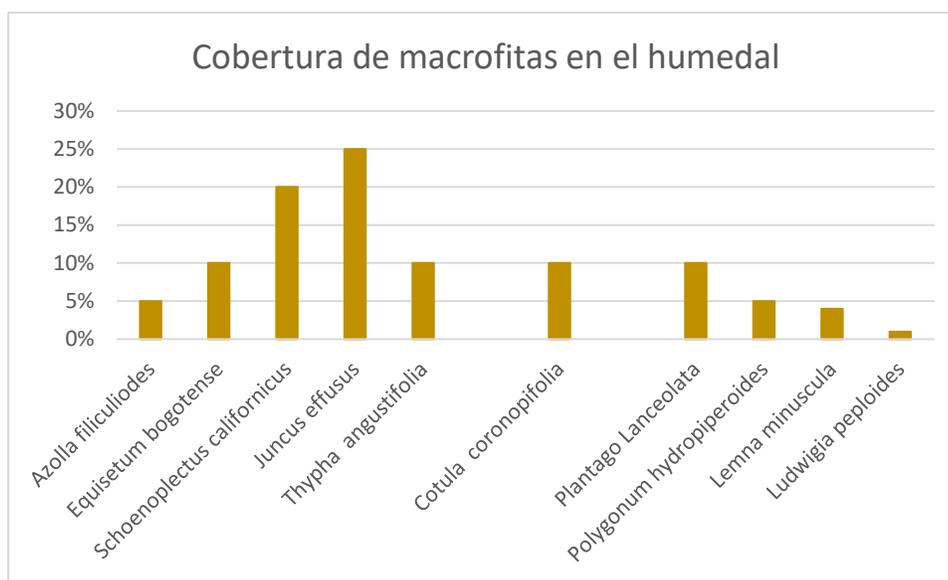
De las 10 especies identificadas en el cuadro N°9, se clasifican en dos divisiones; Pteridophyta y Magnoliophyta. La primera, se caracteriza por presentar plantas vasculares que se reproducen solo por esporas, ya que carecen de semillas, flores y frutos; y está representada por la clase Filicopsida, con una familia y una especie (*Azolla filiculoides*), y por la clase Equisetopsida, también con una familia y una especie (*Equisetum bogotense*).

La segunda división se caracteriza por corresponder a vegetales de reproducción con formación de flores y semillas. Sus óvulos se encuentran encerrados en un ovario, el cual posteriormente se transformará en un fruto. Esta se encuentra representada por las clases Liliopsida; con 4 familias (Cyperaceae, Juncaceae, Typhaceae y Lemnaceae), y 4 especies (*Schoenoplectus californicus*, *Juncus effusus*, *Thypha angustifolia*, y *Lemna minúscula*), Rosopsida; con una familia (*Asteraceae*) y una especie (*Cotula coronopifolia*), Magnoliopsida; con una familia (*Plantanagiceae*) y una especie (*Plantago lanceolata*), y por último por la clase Frankenia salina, con 2 familias (*Polygonaceae* y *Onagraceae*) y 2 especies (*Polygonum hydropiperoides* y *Ludwigia peploides*).

Las especies con mayor presencia en las seis estaciones muestreadas, corresponden a; *Cotula coronopifolia* y *Plantago lanceolata* presentes en 5 estaciones de muestreo, luego a *Equisetum bogotense*, *Polygonum hydropiperoides*, presentes en 4 estaciones de muestreo, *Schoenoplectus californicus* y *Polygonum hydropiperoides* presentes en 3 estaciones, *Lemna minúscula* y *Thypha angustifolia* presente en dos estaciones, y por último las especies *Azolla filiculoides* y *Ludwigia peploides* presentes solo en una estación.

Con respecto a la cobertura de las especies, se estableció un gráfico para representar la cobertura de las especies del humedal en resumen de las seis estaciones establecidas.

Figura 3. Cobertura de macrófitas en el humedal de Mantagua.



En el gráfico anterior, se puede observar que el mayor porcentaje de cobertura la representa la especie *Juncus effusus*, seguido de la especie *Schoenoplectus californicus*. Esto es debido, a que estas dos especies son indicadores obligatorios de estatus de humedal, debido a las condiciones en las que se desarrollan. Además, prefieren suelos inundados, y toleran bastante bien los suelos salinos, considerando además que se caracterizan por ser especies bioremediadoras de contaminación por metales pesados. Sin embargo, la especie que menos presencia presenta en el humedal es *Ludwigia peploides*, debido a que prefiere aguas dulces, y suelos ricos en nitrógeno (Vidal, L. y Andrade G., 2010).

En el cuadro N°10, se indican las especies identificadas con sus respectivas formas de vida, hábito, origen y hábitat.

Cuadro 10. Diversidad de macrófitas presentes en el humedal de Mantagua. Clase, Especie, Familia, Nombre común, Origen, Hábitat, Forma de vida y Hábitat de cada especie.

Clase	Especie	Familia	Nombre común	Or	Hab.	FV	Habt.
Polipodiopsida	<i>Azolla filiculoides</i>	Azollaceae	Flor del pato	N	Hi	Cr	D
Equisetopsida	<i>Equisetum bogotense</i>	Equisetaceae	Limpiaplata	N	He	Cr	D
Liliopsida	<i>scirpus californicus</i>	Cyperaceae	Tatora	N	He	H	D
Liliopsida	<i>Juncus effusus</i>	Juncaceae	Junco	I	He	H	D
Liliopsida	<i>Thypha angustifolia</i>	Typhaceae	Vatro	N	He	Cr	D,S
Rosopsida	<i>Cotula coronopifolia</i>	Asteraceae	Boton de oro	I	He	C	S
Magnoliopsida	<i>Plantago lanceolata</i>	Plantanagiceae	Llantén	I	He	H	D

Frankenia salina	<i>Ludwigia peploides</i>	Onagraceae	Clavito de agua	I	He	Cr	D
Frankenia salina	<i>Polygonum hydropiperoides</i>	Polygonaceae	Duraznillo	I	He	C	D
Liliopsida	<i>Lemna minuscula</i>	Lemnaceae	Lenteja de agua	N	Hi	Cr	D

Or = Origen: N = nativo, I = introducido

Hab = Hábito: Hi = Hidrófitos, He = Helófito.

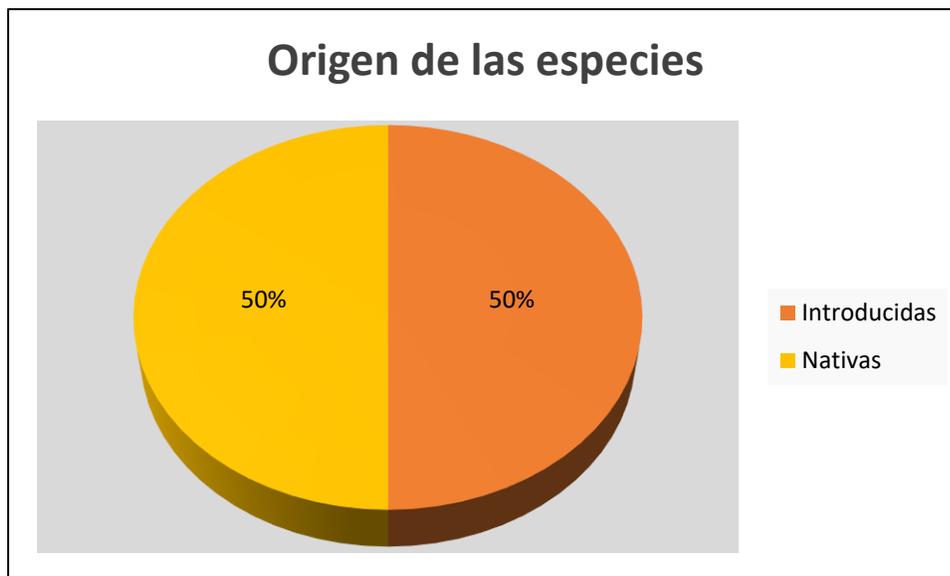
FV = Forma de vida: C = caméfitos, H = hemcriptófitos, Cr = criptófitos.

Habt.= Hábitat: D = dulciacuícola, S = Salobre

- Origen de las especies

De las 10 especies identificadas en el área de estudio, 5 son nativas (50%), y 5 son introducidas (50%). La mitad de las especies identificadas corresponden a introducidas, lo que indica el alto grado de intervención antrópica del lugar, o que en el pasado pudo haber estado sometido a cierto grado de intervención.

Figura 4. Distribución del origen de las especies en el área de estudio.



En la figura 4 se muestra la distribución del origen de las especies vegetales en el área de estudio.

Como se indica en la figura 4, el grado de intervención antrópica es alta, ya que, según datos del Ministerio del Medio Ambiente, a nivel general de país, solo el 15% de las especies de flora en Chile corresponden a exóticas (Fuentes, *et al.*, 2014). Sin embargo, según Gajardo (1994), la zona central de Chile, en donde se encuentra ubicado el

humedal, corresponde a parte del territorio nacional que posee mayor densidad de población, produciendo un alto grado de alteración de las comunidades vegetacionales. No obstante, que exista una alta proporción de especies exóticas, no indica que el humedal se encuentre contaminado, ya que el crecimiento y establecimiento de aquellas especies, puede deberse a la fácil dispersión de semillas por encontrarse ya inserta en la zona central de Chile, y el establecimiento de ellas se debe a las condiciones necesarias que se presentan en aquella zona para que puedan desarrollarse. Además, cada especie es bioindicadora de algún factor ecológico que ocurra en determinado lugar, los cuales se describirán a continuación.

De las especies introducidas, cabe destacar que la especie *Juncus effusus*, por lo general se encuentra en una zona de una elevada humedad (lo que facilita la inundación), por lo tanto, prefieren suelos inundados, y se considera como bioindicador, ya que soporta la contaminación del agua, actuando como un biorremediador en ella. Prefiere pH entre 5,5 a 7, pero es tolerante a suelos salinos. Esta especie es un indicador obligado de estatus de humedal (Vidal, L. y Andrade G., 2010).

Sin embargo, la especie *Cotula coronopifolia*, presente en las 5 estaciones de muestreo, se considera como un bioindicador de hábitats de sustratos muy húmedos, suelos fangosos y riberas, con alto contenido de sales, siendo su naturaleza el hábitat de las marismas y ambientes húmedos salobres. Sin embargo, esta especie puede ser un indicador de que a las especies nativas se les complique la colonización en el área, ya que *Cotula coronopifolia* puede considerarse como una especie modificadora del hábitat, ya que tras su muerte parece producirse un aumento en el contenido de sales en el suelo, pudiendo inhibir el establecimiento de plantas autóctonas. Además, se ha considerado que ejerce competencia con las plantas autóctonas en cuanto a nutrientes (COTCOR, 2013). Al igual que la especie *Plantago lanceolata*, crece en lugares con cierto grado de humedad, y forma poblaciones que desplazan a la vegetación nativa (Fuentes, *et al.*, 2014).

La especie *Polygonum hydropiperoides*, realiza un efecto distinto a las dos especies anteriores, esta puede disminuir el flujo de agua en canales y arroyos, también estableciéndose en bordes de cursos de agua y suelos húmedos. Además, prefiere sustratos con niveles medios en nitrógeno (Solís, *et al.*, 2006). Las semillas de esta especie suelen establecerse por el viento, agua o por animales, sin embargo, en el humedal existe la presencia de ganado y equinos, por lo tanto, esto puede explicar su presencia allí.

En cuanto a las especies nativas, *Azolla filiculoides*, constituye un importante indicador que señala eutrofización en el ambiente en el que se encuentra. Además, su sobrepoblación puede cubrir totalmente lagunas eutrofizadas, impidiendo el desarrollo del fitoplacton por sombreado (Vila, *et al.*, 2006). Sin embargo, la especie *equisetum bogotense*, se encuentra bajo presencia de niveles pobres en nitrógeno, y al ser una especie rizomática, puede cumplir la función de atrapar sedimentos y disminuir la demanda biológica de oxígeno (Solís, *et al.*, 2006).

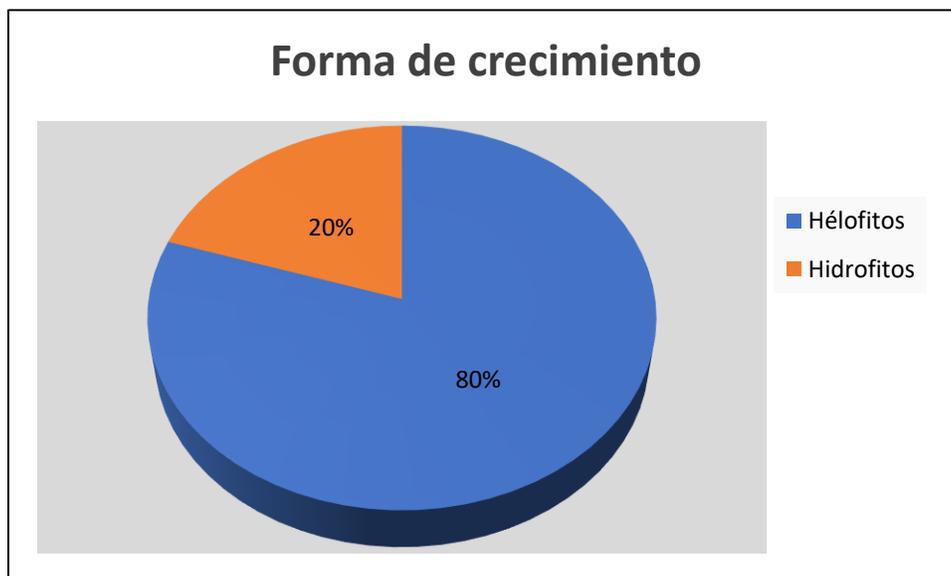
En cuanto a la especie *Scirpus californicus*, al igual que la especie *Juncus effusus*, estos dos grandes helófitos son indicadores obligatorios de estatus de humedal, y al igual que la segunda especie, esta actúa como purificador de aguas servidas, disminuyendo en forma drástica la demanda biológica de oxígeno, además, es una especie que también se caracteriza por estar en suelos inundados. Sin embargo, la especie *Juncus effusus* prefiere suelos con niveles medios en oxígeno, y *Scirpus californicus* prefiere suelos con niveles pobres en oxígeno (Vidal, L. y Andrade G., 2010).

La especie *Thypha angustifolia*, también considerada como un indicador obligatorio de estatus de humedal, posee un crecimiento rizomático, por lo cual suele atrapar muchos sedimentos, lo que, en el curso inferior en regiones del sur de Chile, provoca en algunas ocasiones embancamiento en sus aguas. Tolerancia a suelos con un pH entre 3.7 -8.5, aunque prefiere establecerse en suelos mayoritariamente básicos, calcáreos, o con concentraciones de sal. Las hojas de esta especie suelen producir bastante hojarasca, por lo tanto, cuando se presenta en abundantes concentraciones, en ciertos casos reduce la oportunidad de sobrevivencia de otras plantas acuáticas. También es considerada como especie de biotratamiento para aguas residuales (Vidal, L. y Andrade G., 2010). Suele asociarse con distintas macrófitas, una de ellas es *Ludwigia peploides*. Esta última especie, crece en vegas y en cursos de aguas permanentes, bordes de lagos, pantanos y áreas con bastantes precipitaciones, sin embargo, prefiere sustratos ricos en nitrógeno (Solís, et al., 2006).

- Hábito de las especies

La clasificación del hábito y forma de vida de las especies vegetales está representada en la figura 5 y 6.

Figura 5. Distribución de las especies según su hábito o forma de crecimiento en el área de estudio.



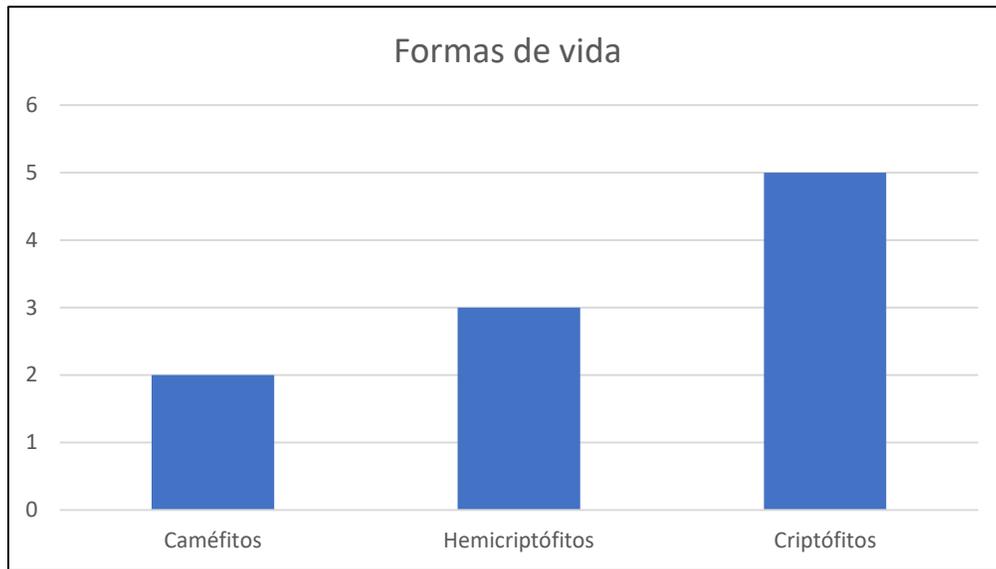
Los hidrófitos identificados en el área de estudio, corresponden solo a un 20% del total de macrófitas reconocidas, con solo dos especies de un total de 10. Entre ellos se encuentran la especie *Azolla filiculoides*, cuya subdivisión en hidrofitos, se considera como una especie flotante, lo que la caracteriza por ser una especie que se encuentran en aguas estancadas o en corrientes de aguas lentas, y cuyos rizomas se encuentran fijos en el agua. Sin embargo, en Chile solo el 3,37% del total de macrófitas chilenas corresponden a hidrofitos flotantes libres. La segunda especie, la constituye *Lemna minúscula*, conocida como lenteja de agua, también perteneciente a la subdivisión de especies flotantes, y se encuentra en zonas de corrientes de aguas lentas, actuando como bioindicador de zona de eutrofización (Vila, *et al.*, 2006). Este espectro biológico corresponde a climas mediterráneos y templados, en donde predominan los hidrofitos sumergidos, ya que las formas natantes y especialmente flotantes libres, son propias de climas tropicales, por esta razón, la cantidad de especies flotantes en el humedal es baja. Sin embargo, hay que considerar que la flora hidrófila es una flora azonal, o que su presencia está determinada por la disponibilidad de agua del sustrato, antes que por el macroclima. Sin embargo, al analizar la distribución de las plantas acuáticas a lo largo del territorio nacional, se observa que en la zona arreica, a los 25°S, se presenta el menor número de especies, mientras que la mayor riqueza de especies se encuentra en la zona exorreica, a 40°S, en la región valdiviana, presentando un clima templado lluvioso y una gran variedad y abundancia de sistemas límnicos. Solo 4 especies de hidrofitos se encuentran a lo largo de todo el país, entre ellas *Azolla filiculoides* y *Lemna minúscula* (Vila, *et al.*, 2006).

Los helófitos identificados, constituyen el 80% del total de las macrófitas reconocidas, con 8 especies de un total de 10, lo que considera al humedal dentro de un estatus óptimo en la clasificación de macrófitas, ya que los humedales chilenos se caracterizan por poseer especies helófitas exceptuando a las flotantes cuando existe cierto grado de eutrofización.

- Forma de vida de las especies

La clasificación de las formas de vida de las especies vegetales está representada en la figura 6, modificado por Raunkiaer (1934), diseñado para plantas terrestres vasculares.

Figura 6. Distribución de las especies según su forma de vida en el área de estudio.



En la figura 6, se puede observar que existe predominancia de criptófitos o también denominados geófitos, con 5 especies, lo que representa el 50% del total de macrófitas reconocidas. Los criptófitos se encuentran representados por; *Azolla filiculoides*, *Equisetum bogotense*, *Typha angustifolia*, *Ludwigia Peplodes* y *Lemna minúscula*. Sin embargo, esta forma de vida se caracteriza particularmente por ser plantas perennes que presentan de forma periódica la reducción del sistema completo aéreo a órganos de almacenamiento incluidos en el suelo, de esta forma, en el periodo desfavorable subsisten debido a los órganos perdurantes subterráneos, como bulbos, rizomas, tubérculos, raíces engrosadas, etc. (Alcaráz, F., 2013).

Como segunda dominancia, se presentan los hemicroptófitos, comprendiendo a las especies; *Scirpus californicus*, *Juncus effusus* y *Plantago lanceolata*. Esta forma de vida se caracteriza por ser plantas perennes que muestran una reducción periódica de las partes aéreas que quedan reducidas en el periodo desfavorable, restando las yemas de reemplazo a ras del suelo. Y, por último, los cámefitos ocupan el último lugar en dominancia de formas de vida, entre estos se encuentran las especies; *Cotula coronopifolia* y *Polygonum hhydropiperoides*. Los caméfitos se caracterizan también por ser plantas perennes, leñosas o herbáceas, en donde cuyas ramas maduras o sistema caulinar permanecen todo el año dentro de los primeros 50 cm por encima de la superficie del suelo, portando en ellas las yemas de resistencia en el periodo desfavorable, o también, se consideran las plantas que crecen a más de 50 cm del suelo, pero cuyos tallos mueren periódicamente por encima de este límite de altura (Alcaráz, F., 2013).

Sin embargo, según Godoy (1989), en la zona central se encuentra la dominancia de hemicriptófitas, contribuyendo a un total de 40 especies, pero como el humedal presenta cierta eutrofización, indicando la presencia de *Azolla filiculoides*, *Ludwigia peploides* y *Lemna minúscula*, existe dominancia de criptófitos.

3.4 Resultado de la calidad del agua del humedal de Mantagua mediante el reconocimiento de macrozoobentos.

El análisis de los macrozoobentos se hizo siguiendo la metodología señalada, por lo que el índice biótico utilizado se obtuvo a partir de las familias reconocidas en la colecta de los individuos de las distintas estaciones señaladas. (Cuadro 11).

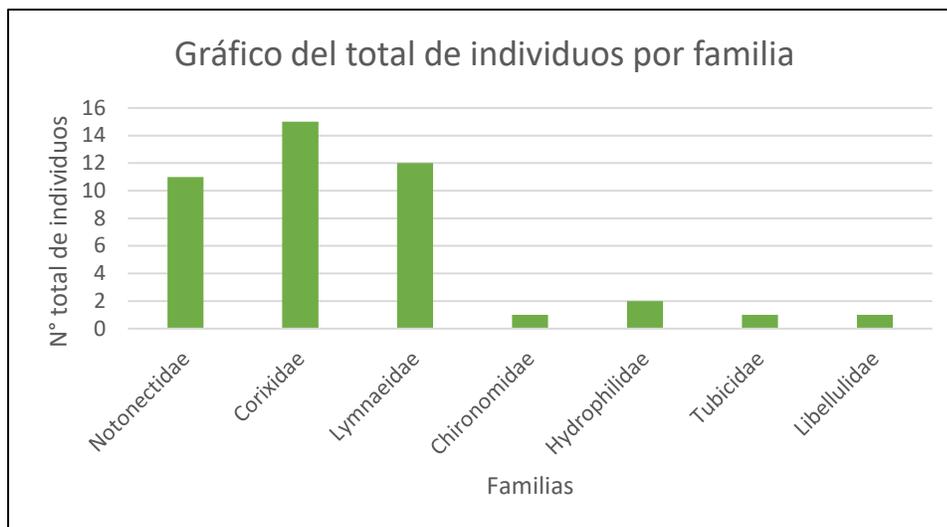
Cuadro 11. Macrozoobentos registrados durante estacionalidad húmeda y seca.

Orden	Familia	Individuos en E. húmeda	Individuos en E. seca
Coleoptera	<i>Hydrophilidae</i>	5	1
	<i>Corixidae</i>	6	9
Diptera	<i>Chironomidae</i>	0	1
Hemiptera	<i>Notonectidae</i>	5	6
Odonata	<i>Libellulidae</i>	0	1
Basommatophora	<i>Lymnaeidae</i>	3	9
Clitellata	<i>Tubificidae</i>	0	3
Total		19	30

Se puede observar en el cuadro 11, que hay un incremento en la riqueza y abundancia de individuos durante la estacionalidad seca. Esto se debe, a que los individuos aprovechan las condiciones ambientales de la estacionalidad húmeda para reproducirse, y poder presentarse en diferentes estados de desarrollo para la siguiente estacionalidad que se presenta (estación seca).

En la Figura N°7, se representa mediante un gráfico de barra el número total de individuos por cada familiar identificada para las seis estaciones.

Figura 7. Gráfico del total de macroinvertebrados por familia.



Se puede observar que, en el periodo húmedo, la familia *Corixidae* se presenta con un mayor número de individuos con respecto a las otras familias, al igual que en la estación seca, en donde la familia *Corixidae* junto a *Lymnaeidae* predomina por sobre las otras. La familia *Corixidae* suele presentarse en ambiente levemente eutrofizados, con contaminación moderadas, aunque suele ser un poco más intolerante a la contaminación. Sin embargo, la familia *Lymnaeidae* es más tolerante a la contaminación, y suele presentarse en suelos más salobres, por lo tanto, representa un indicador de ambientes de litoral (De la Lanza, G., et al, 2000).

Por otro lado, la familia *Chironomidae* es la que presenta el número más bajo de individuos. Estos individuos se caracterizan por ser el grupo taxonómico más diversificado de medios acuáticos, pudiendo ocupar desde aguas dulces, hasta aguas saladas. Sin embargo, como este grupo es principalmente bentónico, probablemente su baja presencia se debe a que el tipo de muestreo no se ajustó a su tipo de hábitat. Además, en el área mediterránea, suelen tener ciclo de vida muy cortos (Millán, A., 2004).

La evaluación de la calidad del agua utilizando el Índice BMWP/ASPT para los macroinvertebrados registrados, arrojó los siguientes resultados.

Cuadro 12. Resultados del índice para macroinvertebrados según estacionalidad.

Índice	E. húmeda	E. seca
BMWP/ASPT	4,5	4,14

El índice para la estación húmeda arrojó un valor de 4,5, y para la estación seca 4,14, determinando según los valores del índice como una zona probablemente de moderada contaminación. Sin embargo, a pesar de la poca diferencia entre los valores de cada

estacionalidad, el promedio de ambas arroja un valor de 4,14, determinado de esta forma que el humedal posee probablemente una moderada contaminación orgánica.

3.5 Resultado de la calidad del agua del humedal de Mantagua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos.

Las mediciones de las variables fisicoquímicas se llevaron a cabo según la metodología descrita, siendo aplicada a la estacionalidad húmeda y seca.

Para clasificar la calidad del agua se utilizó la guía del Ministerio del Medio Ambiente para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficial y marinas (CONAMA, 2005). Los datos relativos a los parámetros físico químicos estudiados son presentados en el cuadro 5 y 6.

Cuadro 13. Variables fisicoquímicas en la estación húmeda.

Estación	Fecha	Hora	T(°C)	pH	CE (µS/cm)	STD (mg/L)
E1	01-07-2016	11:20	10	8,5	3340	1640
E2	02-07-2016	12:10	11,4	8,4	2751	1368
E3	03-07-2016	13:55	10,9	8	3500	1725

En el cuadro 13, se indica que, durante la estacionalidad húmeda, las variables correspondientes a conductividad eléctrica (CE), Sólidos Totales Disueltos (STD), superan el rango permitido para la última de sus clasificaciones, la clase 3, o de regular calidad, que es la clasificación dada para el consumo animal y riego restringido. El máximo permitido para la clase 3 según la guía, para CE es de 2250 µS/cm y el máximo permitido para STD es de 1500 mg/l, relativo a la temperatura. Sin embargo, el pH, se mantuvo dentro del rango esperado.

Cuadro 14. Variables fisicoquímicas en la estación seca.

Estación	Fecha	Hora	T(°C)	pH	CE(uS/cm)	STD(mg/L)
E4	08-02-2017	11:20	23,6	9,8	1426	700
E5	09-02-2017	13:20	24,2	10,8	622	305
E6	10-02-2017	14:15	18,1	9,1	1186	581

En el cuadro 14, se puede observar que la CE se mantiene dentro de los rangos permitidos entre las clases 1 y 2, al igual que los STD y la temperatura. En cuanto al pH, este no se establece dentro de los rangos permitidos, sin embargo, esto se debe a que las estaciones de muestreo fueron analizadas en la zona más cercana a la

desembocadura, con mayor influencia marina, y considerando además mayor materia orgánica.

En cuanto al origen del agua, existe una combinación entre el agua dulce continental y el agua de mar, presentando una dinámica hidrológica relacionada con el medio marino. Por lo tanto, la contribución de cada fracción al balance hidrológico va a depender de factores geográficos, topográficos y climáticos, los cuales se aprecian en la diferencia en los valores de CE y SD en las estaciones húmeda y seca. Esto permite demostrar el distinto origen y movilidad de las aguas que mantiene el humedal.

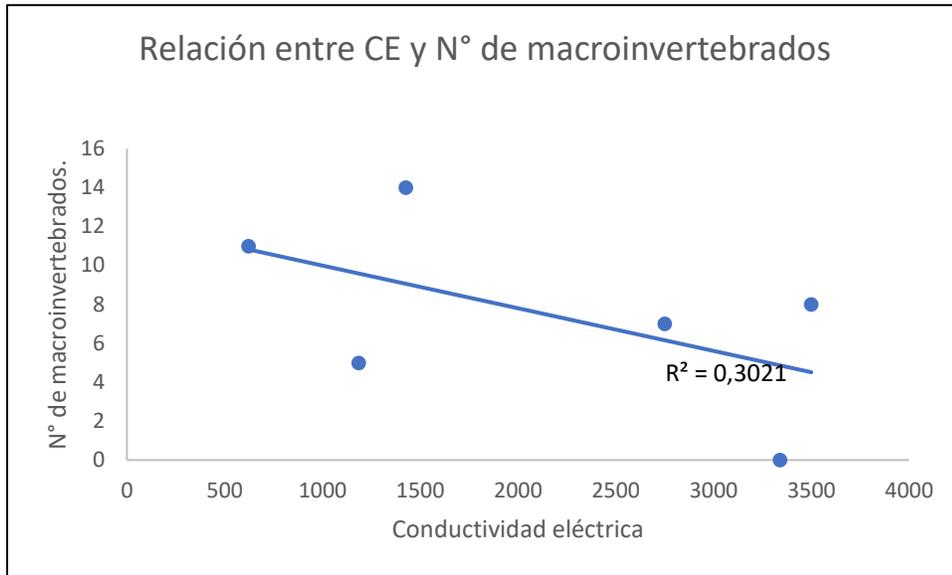
Se puede determinar que en la estación húmeda existe una mayor contaminación aparente en comparación con la estación seca. Esto se debe al alza de valores en la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos por el aumento de la marea en invierno, provocando la combinación con el agua continental del humedal. Como el movimiento del agua marina aumenta en invierno, también aumenta en el humedal la concentración de sales, disolviéndose en iones con carga positiva y negativa, explicando una alta conductividad eléctrica. Sin embargo, esto no necesariamente explica que exista contaminación orgánica, ya que la contaminación orgánica, se expresa en términos de concentración de fósforo, nitrógeno y clorofila, provocando una sensibilidad en los diferentes bioindicadores de calidad de agua. Por lo tanto, los valores arrojados coinciden con las características de un humedal estuarino, con un alto contenido en sales.

Sin embargo, los datos obtenidos en la estación seca indican que la contaminación es menor, ya que los valores disminuyen con respecto a la estación húmeda. Esto se debe a la poca influencia marina que existe en el humedal durante el verano, y solo existen aportes del estero Mantagua al llenado del humedal, explicando la baja concentración de sales. Se puede determinar, que, en ambas estaciones, el pH no influye en el aumento o disminución de la concentración de sales y CE, ya que permanece constante independientemente de las clases y rangos permitidos en la norma.

3.8.1 Relación entre variables fisicoquímicas y bioindicadores de la calidad del agua.

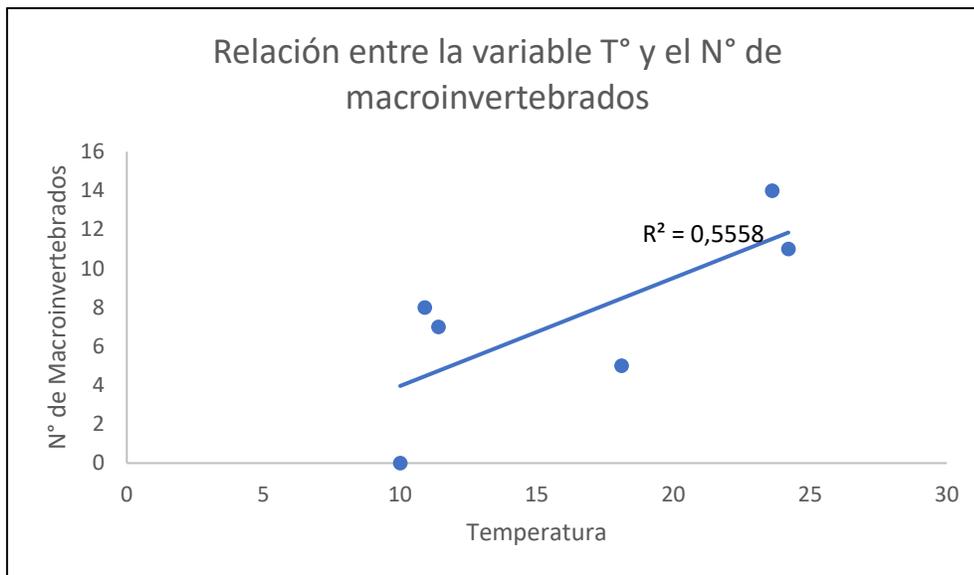
Se establecieron relaciones entre los principales parámetros y los bioindicadores de la calidad del agua, con el fin de señalar la existencia de correlación entre variables y determinar los tipos de influencia que presentan. No se tomó en cuenta una relación con los STD, ya que estos están directamente relacionados con la CE. El pH tampoco fue tomado en cuenta, ya que este no arroja ninguna relación en cuanto a presencia o ausencia de insectos.

Figura 8. Relación entre la conductividad eléctrica y el N° de macroinvertebrados



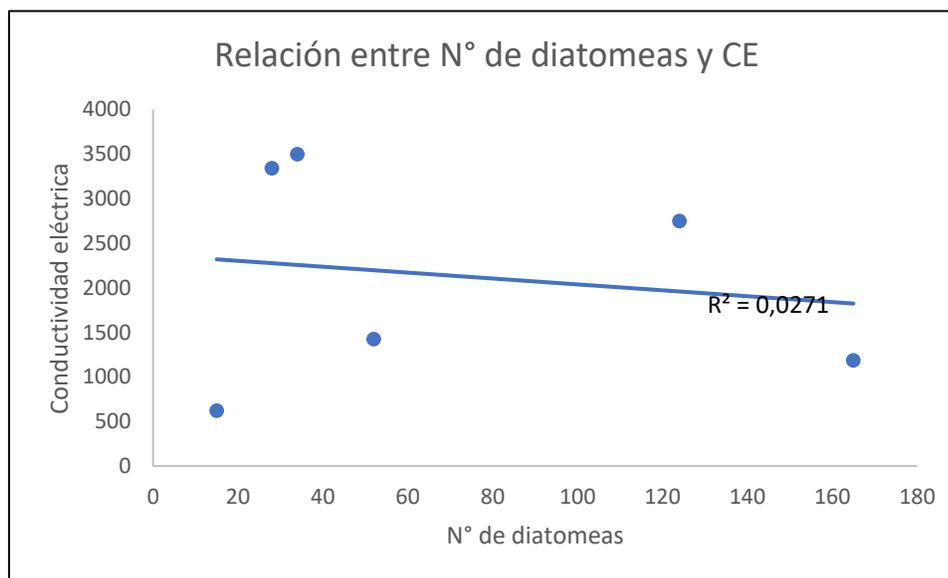
En el gráfico, se puede señalar que se establece un coeficiente de determinación de 0,3, lo que indica un 50% de relación entre la conductividad eléctrica y el número de macroinvertebrados identificados. Se observa una leve correlación, indicando que, a mayor CE, menor es la presencia de macroinvertebrados. Sin embargo, el gráfico indica que los resultados pueden ser variables, y no necesariamente la CE afecta a la disminución de los individuos, debido a que las familias identificadas, son mayormente tolerante a las aguas salinas, e incluso algunos son bioindicadores de contaminación orgánica.

Figura 9. Relación entre la variable Temperatura y el N° de macroinvertebrados identificados.



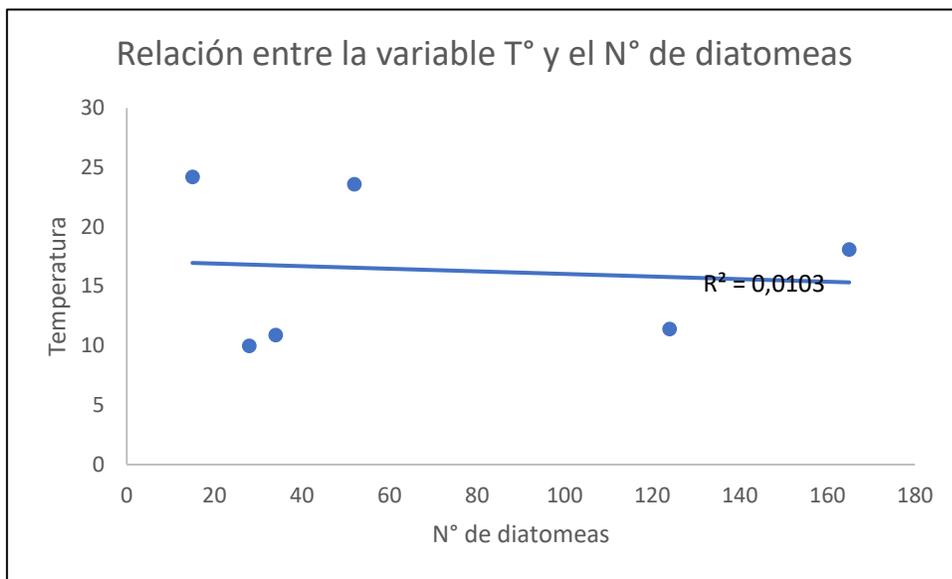
En el gráfico anterior, se puede señalar que existe un coeficiente de determinación de 0,5, lo que indica un 70% de relación entre el aumento de la temperatura con el aumento del número de macroinvertebrados. El aumento de la temperatura puede influir en la presencia de los individuos, debido a que estos prefieren y tienden a desarrollarse en ambientes más cálidos. Sin embargo, en la estación seca, fue en donde se identificó una mayor presencia de individuos, debido a que corresponde su época de desarrollo larval.

Figura 10. Relación entre el N° de diatomeas y la conductividad eléctrica.



En el gráfico, se puede señalar que existe un coeficiente de determinación de 0.02, indicando una relación de solo un 14% entre el N° de diatomeas y la conductividad eléctrica. Determinando de esta forma que no existe una relación entre la conductividad eléctrica y el número de diatomeas identificadas debido a la baja correlación obtenida. Esto se debe, a que las diatomeas, son bioindicadores de contaminación orgánica, la cual se mide en base al fosforo, nitrógeno y clorofila presentes, sin embargo, su presencia no establece relación con la CE.

Figura 11. Relación entre la variable Temperatura y el N° de diatomeas identificadas.



En el gráfico anterior, se puede determinar que existe un coeficiente de determinación de 0.01, indicando solo una relación de un 10% entre ambas variables, señalando de esta manera que no existe una relación entre la temperatura y el número de diatomeas identificadas. Sin embargo, el número de diatomeas en la estación húmeda fue de 186 individuos, a una temperatura promedio de 10,7 C°, y en la estación seca, el número de individuos fue de 232, con una temperatura promedio de 21,9 C°. Los datos analizados, indican que las diatomeas se reproducen a temperaturas óptimas y con la intensidad lumínica adecuada. No obstante, a altas intensidades de luz, un aumento en temperatura provoca una reducción en la actividad fotosintética, ya que las altas temperaturas afectan a las reacciones químicas del proceso fotosintético que no dependen de la luz (reacciones de oscuridad). El incremento en temperatura afectara específicamente a la estabilidad y actividad de enzimas que intervienen en la fase de dicho proceso fotosintético (Guzmán A., *et al*, 2012).

3.6 Análisis del entorno social de la localidad de Mantagua mediante la percepción local de la comunidad.

La calidad hídrica de los humedales, en su mayoría se ve afectada por la acción antrópica e industrial que se ejerce en ellos, sin embargo, las comunidades aledañas y los turistas suelen afectar considerablemente la calidad de los ecosistemas hídricos, ya sea por la conciencia ambiental que estos posean, o una mala gestión en la administración del área. Para ello, se realizaron entrevistas semi-estructuradas a la localidad de Mantagua (aledaña al humedal), para conocer su percepción sobre el recurso hídrico y si esta se ve relacionada con los resultados de los bioindicadores y los parámetros fisicoquímicos.

- Información de fuentes primarias

Se realizaron un total de 30 entrevistas semi-estructuradas a los pobladores de la localidad de Mantagua, correspondiente a 30 casas, para determinar si la calidad del agua se consideró como buena o mala. En las entrevistas, se determinó que Mantagua está conformado por un total de 100 casas, 200 habitantes aproximadamente, y tres juntas de vecinos, por lo tanto, en la comunidad, que ya es considerada pequeña, no existe una total unión entre sus habitantes, ya que existen tres clases sociales que las sub-divide.

Cuadro 15. División de junta de vecinos Mantagua.

Junta de vecinos	Clase social	N° de personas aprox.
Junta de vecinos Mantagua	Media-baja	100
Junta de vecinos Mantagua alto	Alta	30
Junta de vecinos sector Doña Blanca	Media-alta	70

En la tabla 15, se muestra que Mantagua se encuentra subdividido por tres sectores, clase Media-baja, Media-alta, y Alta, conformando un total de 200 habitantes aproximadamente. La junta de vecinos más predominante y principal de la localidad es la junta de vecinos de Mantagua, con un total de 100 actores participantes. Sin embargo, en las otras dos juntas de vecinos, su participación es baja, y no todas las personas se interesan en participar frecuentemente.

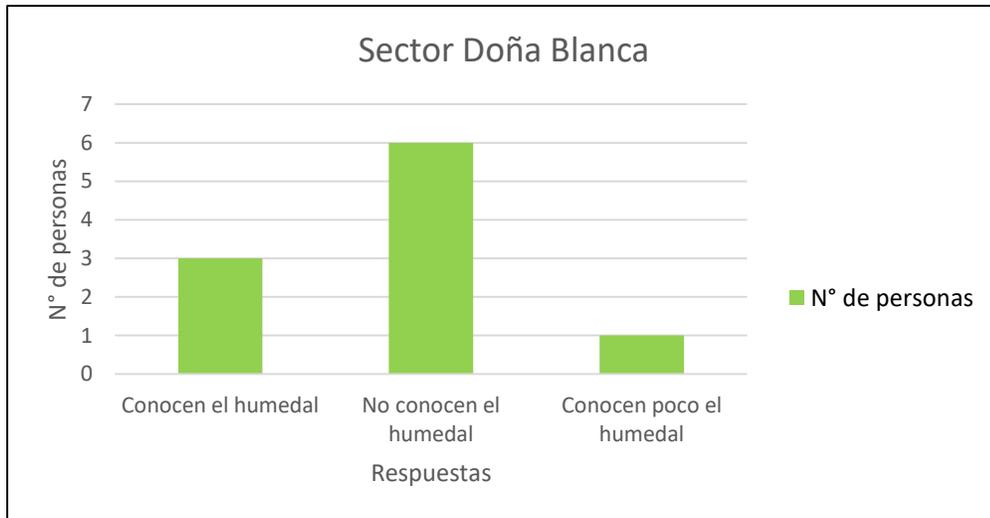
Las primeras fuentes de información primaria fueron obtenidas mediante entrevistas a los pobladores del sector Doña Blanca, en las cuales se les fueron realizadas dos preguntas principales, y una interpretación de la conversación informal realizada sobre el interés del actor social hacia el recurso hídrico. Para ello, se entrevistaron seis casas del sector. En Mantagua alto, fueron solo entrevistadas 4 casas, y en Mantagua

principal, fueron entrevistadas 10 casas, ya que la mayoría de los pobladores, no accedieron a la entrevista, o no se encontraban presente en sus viviendas.

En los siguientes gráficos, se indica el N° de personas que indicaron si conocían o no el humedal de Mantagua.

Figura 12. Gráfico del N° de personas que indicaron conocer el humedal en el sector Doña Blanca.

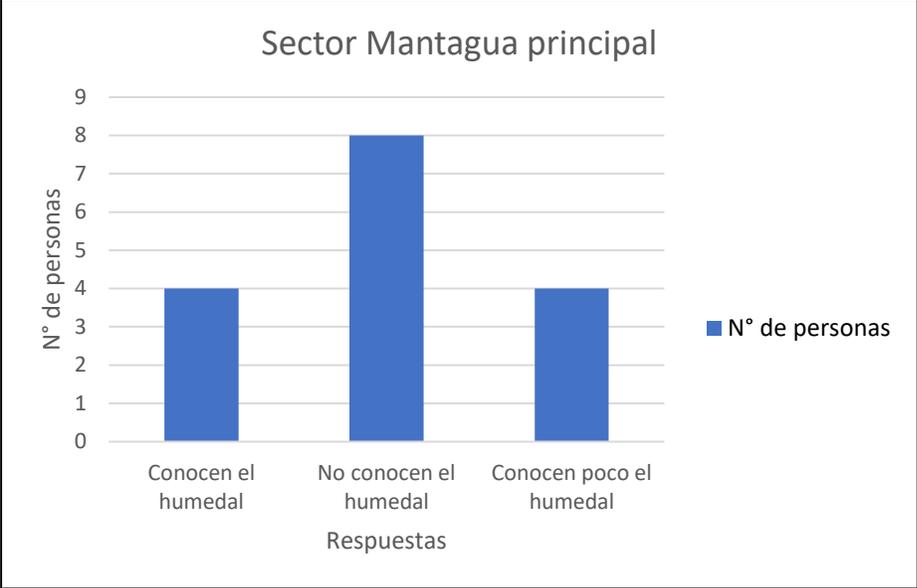
- Sector Doña Blanca



En la figura 12, se puede observar que seis personas entrevistadas (60%), dijeron no conocer el humedal, sin embargo, solo tres personas (30%) lo conocen, y solo una (10%) contestó que lo conocía poco. Esto se debe mayoritariamente, debido a que la mayoría de las personas entrevistadas, recientemente se mudaron a la localidad, y no conocían con totalidad el sector, sin embargo, el resto si lo conocía y habían tenido acceso a él.

Figura 13. Gráfico del N° de personas que indicaron conocer el humedal en el sector de Mantagua principal

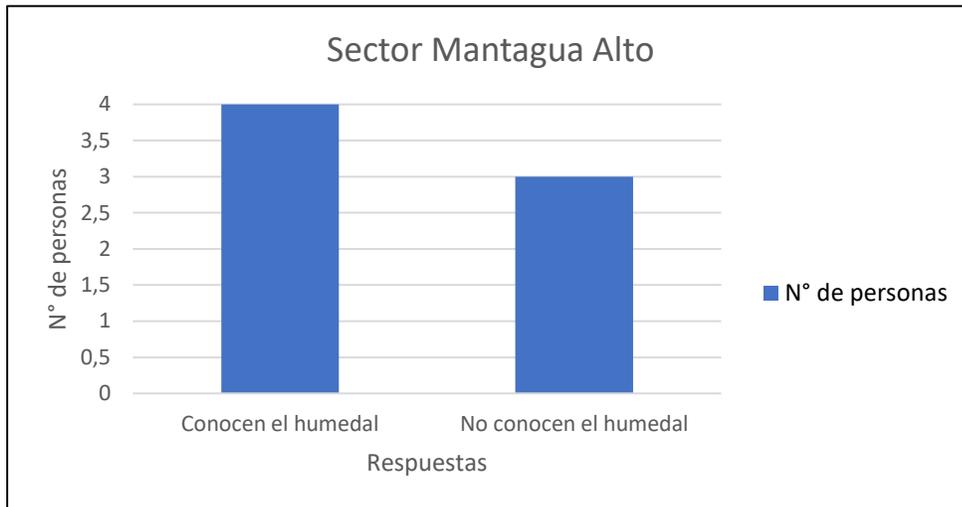
- Sector Mantagua principal



En el gráfico se puede observar, que solo ocho personas (50%) conocen el humedal, y el resto (50%) no lo conoce o lo conoce poco. Las personas aseguraron que la mitad no conocía el humedal debido al poco acceso que se tiene a él, ya que está administrado por “La posada del Parque”, Hostal que posee un porcentaje administrativo sobre el humedal, con fines turísticos, sustentables y de conservación. Por lo tanto, para su acceso, es necesario financiar la entrada o comunicarse con los dueños, sin embargo, aseguraron que, si no estuviese administrado o restringido su acceso, el humedal “estaría lleno de personas sin conciencia en él, acampando, o contaminándolo” (Don Miguel, residente de la localidad).

Figura 14. Gráfico del N° de personas que indicaron conocer el humedal en el sector de Mantagua alto.

- Sector Mantagua Alto.



Como se observa en el gráfico, cuatro personas entrevistadas (57%), dijeron conocer el humedal, y tres personas (43%) no conoce el humedal. Según los entrevistados, esto se debe a que la mayoría de Mantagua Alto no reside todo el año en la localidad, viajan, o son casas de veraneo, y no están interesados en el recurso hídrico. Sin embargo, los que dijeron acceder a él, son pobladores antiguos y que están interesados en disfrutar de su paisaje y belleza escénica.

Por lo tanto, se puede concluir que la comunidad de Mantagua no posee una total influencia en la contaminación del humedal. Esto es, debido a que, según algunas entrevistas, los dueños de una parte del sector del humedal de Mantagua, insisten en que, en algunas casas de la población, realizan descargas directas de sus desechos al estero de Mantagua, al igual que los dichos de distintos propietarios del sector. Esto coincide, con los índices que se aplicaron para determinar el grado de contaminación orgánica del humedal, los cuales arrojaron que posee una contaminación orgánica moderada. Sin embargo, en la zona más cercana a su desembocadura, se pudo determinar que la contaminación orgánica aumenta, ya que el lugar pertenece a otro dueño, y el cuidado que se le da al humedal es diferente, esto es, se ha observado en diferentes ocasiones que lugareños del sector realizan picnics y deportes acuáticos, dejando en vista diversos tipos de residuos, los cuales provocan un aumento en la contaminación.

4. CONCLUSIÓN

El presente trabajo, tuvo como objetivo el estudio de la calidad hídrica del humedal de Mantagua, mediante el uso de bioindicadores y parámetros fisicoquímicos, y determinando si su estado ecológico posee alguna influencia con su entorno social. Para ello, se ejecutó un levantamiento biológico de macrófitas, macroinvertebrados y perifiton, mediante el muestreo puntual de seis distintas estaciones a lo largo del humedal, en la estación de invierno y verano.

De acuerdo con esto se obtuvo que:

- Según el análisis de perifiton y macroinvertebrados, el humedal de Mantagua posee una contaminación orgánica moderada, puesto que la mayoría de las especies identificadas son tolerantes a la contaminación.
- Según la identificación de macrófitas, se puede concluir que el humedal posee una moderada contaminación orgánica y eutrofización, debido a que la mayoría de las especies identificadas son tolerantes a la contaminación y algunas, como la *Azolla filiculoides* y *Ludwigia peploides*, son bioindicadoras de eutrofización. Por otro lado, las demás especies identificadas, son tolerantes a suelos salinos, invasivas para las especies nativas, y biorremediorres y bioindicadoras obligatorias de humedales (debido a la adaptación a las condiciones de los humedales), como el *Juncus effusus*, *Thypha angustifolia* y *Schoenoplectus californicus*.
- Según el análisis fisicoquímico, las variables Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Disueltos (STD), Temperatura (T) y pH, en la estación húmeda, los parámetros no cumplen con los rangos establecidos en la guía de CONAMA (2005), puesto que era esperable que los valores fueran altos, debido a la alta concentración de sales producto del aumento masivo de la marea en aquel periodo. Por otro lado, en la estación seca, los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos, debido a la disminución de sales, y una regulación en la temperatura, permitiendo las condiciones óptimas para el desarrollo de la vida acuática. En cuanto al pH, se obtuvieron valores óptimos que, si cumplieron con los rangos establecidos, y cuyos valores permiten el desarrollo de vida acuática y el establecimiento de las especies de macrófitas identificadas debido a que la mayoría de estas últimas prefieren suelos salinos.
- Con respecto al entorno social del humedal, la comunidad de Mantagua, se puede concluir que esta posee poca influencia en su contaminación orgánica, debido a que la mayor parte de la comunidad no conoce el humedal o no ha tenido acceso a él debido a su carácter privado, cuyos propietarios se encargan constantemente de su protección y resguardo. Sin embargo, mediante las entrevistas semiestructuradas, se pudo concluir que algunos propietarios de la comunidad suelen descargar sus desechos al estero de Mantagua. Además, en la zona más cercana a la desembocadura, el resguardo del humedal deja de estar encargado por los dueños de “la posada del parque”, quedando sin la protección que posee más hacia la zona continental, observando residuos y contaminación

aparente. Sin embargo, el humedal al estar inserto en una zona con influencia marina, estos ambientes suelen caracterizarse por ser más ricos en materia orgánica, lo que podría explicar el resultado de los índices bióticos utilizados.

- La calidad del agua del humedal de Mantagua, es de regular a buena calidad, puesto existe una gran abundancia de especies vegetales y acuáticas, sin embargo, debido a la gran tolerancia a la contaminación que estas presentan, se puede concluir que el humedal posee una contaminación orgánica moderada, cuyos valores fueron arrojados por los índices bióticos utilizados. Por otro lado, las diferencias en cuanto a la contaminación en las dos estaciones (invierno y primavera-verano) estudiadas, se puede concluir que no existe una diferencia significativa entre ellas, por lo tanto, la época probablemente no influye en el grado de contaminación, debido a que las especies bioindicadoras que se utilizaron, no se caracterizan por ser estacionales, si no que pueden llegar a indicar una contaminación permanente a largo plazo.

A través del análisis biológico y fisicoquímico, se pudo caracterizar el estado ecológico del humedal en su conjunto. En vista de que las variables fisicoquímicas analizadas en esta investigación son específicas en relación con la totalidad de variables recomendadas por la guía CONAMA (2005), los resultados obtenidos sirven de complemento para el análisis biológico, puesto que este último es íntegro y concluyente.

Cabe destacar que el estudio biológico y social realizado, podría constituir una evaluación ambiental importante dentro del área de grandes tipos de industrias, como la minería y la agricultura, ya que mantener el control y la calidad del medio ambiente constituye una tarea importante para que estas empresas puedan ejercer sus proyectos bajo ciertas normas de sustentabilidad que demuestren un compromiso social y respeto para la naturaleza. Por lo tanto, estos tipos de estudios biológicos podrían determinar si las actividades de la industria tienen un impacto al medio ambiente, indicando el estado de las especies antes de que se desarrolle el proyecto, durante la operación, y el post cierre del proyecto (si es que presenta), estableciendo de esta manera comparaciones del área a lo largo de su modificación, constituyendo un aporte hacia la evaluación de los efectos dañinos causados por las grandes industrias.

Los humedales de la zona central de Chile se caracterizan por ser altamente productivos, de escasa profundidad, y con vegetación ribereña alta en casi todo su perímetro. Sin embargo, existen problemáticas en relación con su tipificación o clasificación de estos sistemas, debido a que la información de su estado ecológico en cuanto a las variables hidro químicas y su relación con el medio en el cual se inserta, es escasa, especialmente, indicando el nivel de presión a que han sido sometidos por el incremento del desarrollo urbano que ha provocado la mayor destrucción de estos ambientes en el mundo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alba-Tercedor, J. y Sánchez, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellawell (1978). Departamento de biología animal, Ecología y genética. Facultad de ciencias, Universidad de Granada. España. 6 pp.
- Alcaráz, F., 2013. Formas vitales, estratificación y fenología. Geobotánica, tema 8. Universidad de Murcia, España. [En línea] <<http://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema08.pdf>. > [Consultado: 10 de noviembre del 2017].
- Barraza, D. y Ponce, P., 2014. Caracterización Ecológica del humedal de Mantagua, Región de Valparaíso, como base para su protección y conservación. Trabajo de titulación para optar al título de ingeniero ambiental: 39 pp.
- Carvacho, A. 2012. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limarí en Chile. 2-3 pp.
- Chapman, D. 1996. Water Quality Assesment – A guide to use of Biota, Sediments, and Wáter, in Enviromental Monitoring-Second Edition. Chapter 5. The use of Biological material. Ecological methods. Edited by Deborah Chapman: 194 pp.
- CONAMA, 2005. Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas. Chile. 18 pp.
- CONAMA-PNUD, 2005. Estrategia y plan de acción para la conservación de la biodiversidad biológica. Valparaíso. 225 pp.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010. Convenio de eficiencia institucional 2010. “Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado”. 30-32.
- COTCOR, 2013. Catálogo español de especies invasoras. *Cotula coronopifolia*. [En línea] < http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/cotula_coronopifolia_2013_tcm7-307056.pd> [Consultado: 25 de Octubre 2017]
- Da La Lanza, G. Hernández, S. Carbajal, J. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Criterios generales para la selección de bioindicadores. México: Plaza y Valdez, S.A de C.V. 17-18 pp.

- Fernández, J. 2011. Valoración del ecosistema humedal Campiche: propuesta de líneas de acción para su conservación y uso racional. Trabajo de titulación para obtener el título de Ingeniero Ambiental, Universidad de Valparaíso, departamento de Biología y Ciencias Ambientales, Valparaíso, Chile.
- Fuentes, N.; Sánchez, P.; Pauchard, A.; Urrutia, J.; Cavieres, L.; Marticorena, A. Plantas invasoras del centro sur de Chile: una guía de campo. Laboratorio de invasiones biológicas (LIB), Concepción, Chile. 88 pp.
- Gajardo, R., 1994. La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y Distribución Geográfica. 1ª ed., Editorial Universitaria. Chile. 165 pp.
- García, P.; Fernández, R.; Cirujano, S. 2010. Habitantes del agua, MACRÓFITOS. Las plantas acuáticas como bioindicadores. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. España: Junta de Andalucía. Edición 2010. 53 pp.
- Godoy, R. (1989). Espectro biológico de la flora pteridofítica de Chile continental e insular. *Anales Jard. Bot. Madrid* 46(2): 599-60 pp.
- Guzmán, A. Josephraj, J. Martínez, A., 2012. Variabilidad espacial y temporal de parámetros físico químicos en la bahía de Tumaco. Colombia. *Acta Agronómica*, 01/2012, Volumen 61, Issue 5. 14 pp.
- Hernández, J. 2000. Manual de métodos y criterio para la evaluación y monitoreo de la flora y vegetación. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. 11 pp.
- Iturra, C., 2011. Establecer las bases para un sistema de monitoreo de calidad de aguadas del Parque Nacional Llanos de Challe, utilizando las comunidades acuáticas como bioindicadores. Memoria de Título para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile.
- Iturriaga, L. y De La Harpe, J. 2012. Flora, vegetación y fauna vertebrada, del humedal de Mantagua, Región de Valparaíso. Informe de Línea base. Valparaíso. 2-10 pp.
- Millán, A., 2004. Los macroinvertebrados acuáticos de la rambla de tabernas: endemismos e indicadores bióticos. [En línea] <<http://www.um.es/ecoaqua/papers/Mi2004Tabernas.pdf>> [Consultado: 23 de noviembre del 2017]. Oxford University Press, London, Inglaterra. Pág. 1-632.
- RAMSAR, 2013. Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013. *Manual de la Convención de Ramsar: guía de la Convención sobre humedales (Ramsar, Irán, 1971)*, 6ª. Edición. Secretaría de la Convención Ramsar, Gland (Suiza). 7 pp.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. 1ª Edición.

- Rivas, A.; Gómez, R.; Monterrosa, A. 2010. Consideraciones generales para el estudio y monitoreo de diatomeas en los principales ríos de El Salvador. En: Sermeño Chicas, J.M. & M. Springer (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 14-15 pp.
- Roldán, G. y Ramírez, J. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 442-445 pp.
- Samanez, I.; Rimarachín, V.; Palma, c.; Arana, j.; Ortega, h.; Correa, V.; Hidalgo, M. 2014. Métodos de colecta, identificación, y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural, Departamentos de Limnología e Ictiología. Perú: Zona Comunicaciones S.A.C. 26-39 pp.
- Sánchez, O.; Herzig, M.; Peters, E.; Márquez, R. y Zambrano, L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. Instituto Nacional de ecología. México: S y G Editores, S.A. de C.V. 11pp.
- Solís Lufí K. J.; Urrutia, C. Sánchez y G. Valdivieso. 2012. Guía de Campo de la Flora Hidrófila de los lagos araucanos y norpatagónicos - Casos de estudio lagos Villarrica y Llanquihue. CEDEL - Pontificia Universidad Católica de Chile Sede Regional Villarrica y Ministerio del Medio Ambiente. 80 pp.
- Taylor y Bogdan, 2002. Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La observación participante. Preparación del trabajo de campo. Nueva York: Paidós Ibérica. S. A., Mariano Cubí, 92-08021 Barcelona. 31-36 pp.
- Vásquez, G.; Castro, G.; González, I.; Pérez, R.; y Castro T. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. [En línea] <<http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n60ne/Bio-agua.pdf>> [Consultado: 1 de Agosto 2016] 41-42 pp.
- Vidal, L. y Andrade G. 2010. Fuquene, Cucunubá y Palacio. Conservación de la biodiversidad y manejo sostenible de un ecosistema lagunar andino. Fundación de humedales. Instituto de investigación de Recursos biológicos Alexander Von Humboldt. 247-265 pp.
- Vila, I.; Veloso, A.; Shlatter, R.; Ramírez, C. 2006. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Edición universitaria. Santiago de Chile. 47 pp.

6. ANEXOS

ANEXO I

Panorámica del Humedal de Mantagua



ANEXO II

Metodología de cepillado de macrófitas



ANEXO III

Método del cuadrado mínimo



ANEXO IV

Macroinvertebrados recolectados mediante Red surber



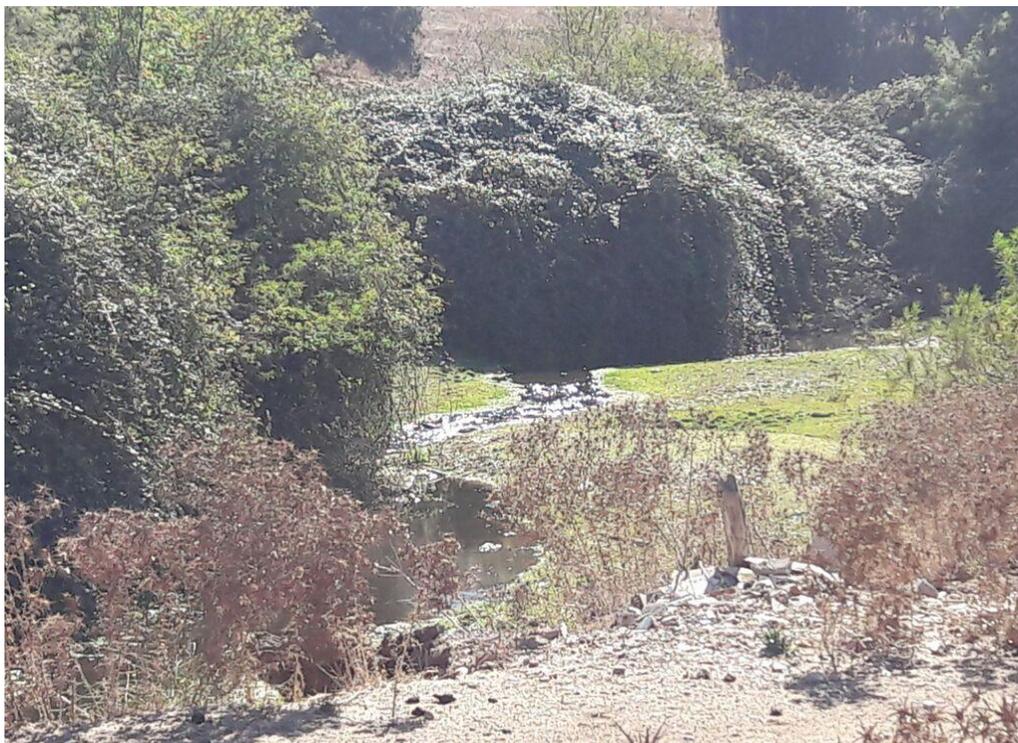
ANEXO V

Entrevista semiestructurada mediante la metodología de la observación participante.



ANEXO VI

Estero de Mantagua.



ANEXO VII

Tablas con las repeticiones de muestra para la estación N°1

Repeticiones de muestra para la estación N°1						
Estación N°1, repetición 1						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Melosira sp.	1	33,3333333	3	1	100	33,3333333
Sinedra sp.	2	66,6666667	3	1	200	66,6666667
Total	3				300	100
<i>IDG</i>						3
<i>Contaminación media</i>						
Estación N°1, repetición 2						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Diatoma sp.	1	5,88235294	4	1	23,5294118	5,88235294
Achnantes sp.	15	88,2352941	5	1	441,176471	88,2352941
Amphora sp.	1	5,88235294	3	2	35,2941176	11,7647059
Total	17				500	105,882353
<i>IDG</i>						4,72222222
<i>Calidad biológica óptima</i>						
Estación N°1, repetición 3						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Achnantes sp.	9	81,8181818	5	1	409,090909	81,8181818
Nitschia sp.	1	9,09090909	1	1	9,09090909	9,09090909
Sinedra sp.	1	9,09090909	3	1	27,2727273	9,09090909
Total	11				445,454545	100
<i>IDG</i>						4,45454545
<i>Calidad normal, contaminación débil</i>						

ANEXO VIII

Tablas con las repeticiones de muestra para la estación N°2

Repeticiones de muestra para la estación N°2						
Estación 2, repetición 1.						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Fragilaria sp.	20	74,0740741	4	1	296,296296	74,0740741
Tabellaria sp.	1	3,7037037	5	1	18,5185185	3,7037037
Achnantes sp.	3	11,1111111	5	1	55,5555556	11,1111111
gomphonema sp.	1	3,7037037	3	2	22,2222222	7,40740741
Amphora sp.	1	3,7037037	3	2	22,2222222	7,40740741
Cymbella sp.	1	3,7037037	5	1	18,5185185	3,7037037
Total	27				433,333333	107,407407
IDG						4,03448276
<i>Calidad normal, contaminación débil.</i>						
Estación 2, repetición 2.						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Fragilaria sp.	77	79,3814433	4	1	317,525773	79,3814433
Achnantes sp.	14	14,4329897	5	1	72,1649485	14,4329897
Cymbella sp.	3	3,09278351	5	1	15,4639175	3,09278351
Melosira sp.	3	3,09278351	3	1	9,27835052	3,09278351
Total	97				414,43299	100
IDG						4,1443299
<i>Calidad normal, contaminación débil.</i>						

ANEXO IX

Tablas con las repeticiones de muestra para la estación N°3

Repeticiones de muestra para la estación N°3						
Estación 3, repetición 1.						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Melosira sp.	11	61,1111111	3	1	183,333333	61,1111111
Achnantes sp.	4	22,2222222	5	1	111,111111	22,2222222
Sinedra sp.	3	16,6666667	3	1	50	16,6666667
Total	18				344,444444	100
<i>IDG</i>						<i>3,44444444</i>
<i>Contaminación media</i>						
Estación 3, repetición 2.						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Gomphonema sp.	1	6,25	3	2	37,5	12,5
Achnantes sp.	9	56,25	5	1	281,25	56,25
Ephitemia sp.	2	12,5	5	2	125	25
Sinedra sp.	3	18,75	3	1	56,25	18,75
Anomoeoneis sp.	1	6,25	5	2	62,5	12,5
Total	16				562,5	125
<i>IDG</i>						<i>4,5</i>
<i>Calidad normal, contaminación débil.</i>						

ANEXO X

Tablas con las repeticiones de muestra para la estación N°4

Repeticiones de muestra para la estación N°4						
Estación 4, repetición 1						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Fragilaria sp.	11	68,75	4	1	275	68,75
Navicula sp.	2	12,5	3	1	37,5	12,5
Achnantes sp.	1	6,25	5	1	31,25	6,25
Amphora sp.	1	6,25	3	2	37,5	12,5
Gomphonema sp.	1	6,25	3	2	37,5	12,5
Total	16				418,75	112,5
IDG						3,72222222
<i>Contaminación moderada</i>						
Estacion 4, repetición 2.						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Achnantes sp.	10	41,6666667	5	1	208,333333	41,6666667
Cyclotella sp.	3	12,5	3	1	37,5	12,5
Fragilaria sp.	2	8,33333333	4	1	33,3333333	8,33333333
Sinedra sp.	4	16,6666667	3	1	50	16,6666667
Anomoeoneis sp.	1	4,16666667	5	2	41,6666667	8,33333333
Amphora sp.	3	12,5	3	2	75	25
Gomphonema sp.	1	4,16666667	3	2	25	8,33333333
total	24				470,833333	120,833333
IDG						3,89655172
<i>Contaminación moderada</i>						
Estación 4, repetición 3.						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Achnantes sp.	1	8,33333333	5	1	41,6666667	8,33333333
Navicula sp.	6	50	3	1	150	50
Fragilaria sp.	5	41,6666667	4	1	166,666667	41,6666667
Total	12				358,333333	100
IDG						3,58333333
<i>Contaminación moderada</i>						

ANEXO XI

Tablas con las repeticiones de muestra para la estación N°5

Repeticiones de muestra para la estación N°5						
Estación 5, repetición 1						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Surirella sp.	1	9,09090909	3	3	81,8181818	27,2727273
Achnantes sp.	3	27,2727273	5	1	136,363636	27,2727273
Navicula sp.	4	36,3636364	3	1	109,090909	36,3636364
Fragilaria sp.	1	9,09090909	4	1	36,3636364	9,09090909
Amphora sp.	1	9,09090909	3	2	54,5454545	18,1818182
Anomoeoneis sp.	1	9,09090909	5	2	90,9090909	18,1818182
Total	11				509,090909	136,363636
IDG						3,73333333
<i>Contaminación moderada</i>						
Estación 5, repetición 2						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Cyclotella	1	100	3	1	300	100
Total	1				300	100
IDG						3
<i>Contaminación media</i>						
Estación 5, repetición 3.						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Gomphonema sp.	1	33,3333333	3	2	200	66,6666667
Amphora sp.	1	33,3333333	3	2	200	66,6666667
Navicula sp.	1	33,3333333	3	1	100	33,3333333
Total	3				500	166,666667
IDG						3
<i>Contaminación media</i>						

ANEXO XII

Tablas con las repeticiones de muestra para la estación N°5

Repeticiones de muestra para la estación N°6						
Estación 6, repetición 1						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Achnantes sp.	56	86,1538462	5	1	430,769231	86,1538462
Epithemia sp.	6	9,23076923	5	2	92,3076923	18,4615385
Synedra sp.	2	3,07692308	3	1	9,23076923	3,07692308
Amphora sp.	1	1,53846154	3	2	9,23076923	3,07692308
Total	65				541,538462	110,769231
IDG						4,88888889
<i>Calidad biológica óptima</i>						
Estación 6, repetición 2						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Fragilaria sp.	28	48,2758621	4	1	193,103448	48,2758621
Synedra sp.	6	10,3448276	3	1	31,0344828	10,3448276
Amphora sp.	1	1,72413793	3	2	10,3448276	3,44827586
Ephitemia sp.	3	5,17241379	5	2	51,7241379	10,3448276
Gomphonema	1	1,72413793	3	2	10,3448276	3,44827586
Achnantes sp.	19	32,7586207	5	1	163,793103	32,7586207
Total	58				460,344828	108,62069
IDG						4,23809524
<i>Calidad normal. Contaminación débil.</i>						
Estación 6, repetición 3						
Individuos	n	Aj	Sj	Vj	Aj*Sj*Vj	Aj*Vj
Ephitemia sp.	9	20,9302326	5	2	209,302326	41,8604651
Achnante sp.	9	20,9302326	5	1	104,651163	20,9302326
Synedra sp.	1	2,3255814	3	1	6,97674419	2,3255814
Amphora sp.	1	2,3255814	3	2	13,9534884	4,65116279
Fragilaria sp.	22	51,1627907	4	1	204,651163	51,1627907
Navicula sp.	1	2,3255814	3	1	6,97674419	2,3255814
Total	43				546,511628	123,255814
IDG						4,43396226
<i>Calidad normal. Contaminación débil.</i>						

ANEXO XIII

Cuadro resumen sobre calidad del agua utilizando macrofitas ribereñas.

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estaciones						Condición Bioindicadora	
				1	2	3	4	5	6		
Filicopsida	Azollaceae	<i>Azolla filiculoides</i>	Hierba del pasto	x							Eutrofización
Equisetopsida	Equisetaceae	<i>Equisetum bogotense</i>	Cola de caballo		x		x	x	x		Se encuentra presente en suelos con niveles pobres de nitrógeno, disminuye la demanda biológica de oxígeno y atrapa sedimentos.
Liliopsida	Cyperaceae	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Totora	x	x		x				Suelos inundados, toleran suelos salinos, toleran la contaminación, indicadores de humedales, biorremediadores de metales pesados. Prefieren suelos pobres en oxígeno.
Liliopsida	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	Junco	x		x		x	x		Suelos inundados, toleran suelos salinos, toleran la contaminación, indicadores de humedales, biorremediadores de metales pesados. Prefieren suelos medios en oxígeno.
Liliopsida	Typhaceae	<i>Thypha angustifolia</i>	Vatro	x						x	Suelos inundados, suelos salinos, toleran la contaminación, indicadores de humedales, biorremediadores de metales pesados.
Rosopsida	Asteraceae	<i>Cotula coronopifolia</i>	Botón de oro		x	x	x	x	x		Indicador de sustratos muy húmedos, suelos fangosos, y riberas con alto contenido en sales.
Magnoliopsida	Plantaginaceae	<i>Plantago Lanceolata</i>	Llantén menor		x	x	x	x	x		Crece en lugares con cierto grado de humedad, desplaza a la vegetación nativa.
Frankenia salina	Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiperoides</i>	Duraznillo de agua			x	x	x			Indicador de suelos húmedos, se establece en bordes de agua, prefiere sustratos medios en nitrógeno.
Liliopsida	Lemnaceae	Lemna minuscula	Lenteja de agua	x	x						Eutrofización.
Frankenia salina	Onagraceae	Ludwigia peploides	Clavito de agua	x							Prefiere aguas dulces, suelos ricos en nitrógeno.

