

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA**

**Facultad de Ciencias**

**Escuela Académico Profesional de Biología - Microbiología**

**“Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en los  
humedales boscosos del sur de Chile”**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. JIMMY CHRISTIAN QUINAYA GUTIERREZ**

**Para optar el Título Profesional de:**

**BIÓLOGO - MICROBIÓLOGO**

**TACNA - PERÚ**

**2013**

**UNIVERSIDAD NACIONAL "JORGE BASADRE GROHMANN"**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología**

**Tesis N° 207**

**Título Profesional de Biólogo Microbiólogo**

El secretario Académico Administrativo de la Facultad de Ciencias, certifica que por resolución de Facultad N° 7620-2013, el Consejo de Facultad designó como jurado para la sustentación de tesis: "DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LOS HUMEDALES BOSCOSOS DEL SUR DE CHILE"; el mismo que estuvo conformado por:

Presidente: M.Sc. César Efraín Rivasplata Cabanillas

Secretario: Mgr. Roberto Castellanos Cabrera

Vocal: Mgr. Isabel Ancco Oliva


Para examinar y calificar la sustentación del informe de tesis en acto público, en el auditorio de la Facultad de Ciencias de la UNJBG, el día 26 de Diciembre del 2013 a las 11:00 horas. Presentado por el Bachiller JIMMY CHRISTIAN QUINAYA GUTIERREZ, de la Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología.

El jurado calificador en forma secreta e individual se pronunció acerca de su calificativo sobre el informe expuesto y procedió a emitir el siguiente resultado: APROBADO por UNANIMIDAD y con el calificativo de BUENO con nota 15 (QUINCE).

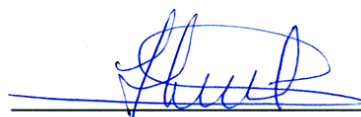
Para ratificar lo detallado firman:



M.Sc. César Efraín Rivasplata Cabanillas  
Presidente



Mgr. Roberto Castellanos Cabrera  
Secretario



Mgr. Isabel Ancco Oliva  
Vocal

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradecer a mis queridos padres y hermanos, que a lo largo de mi vida me han apoyado y a pesar de mis tropiezos... siguieron confiando en mí.

A mi asesores Pablo Franco León de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna y Francisco Correa Araneda del Centro EULA – Universidad de Concepción de Chile, por su guía y constante apoyo antes, durante y después del desarrollo de la tesis.

A mis amigas de Tacna, Kristel, Sandra y Claudia, que estuvieron presentes en los momentos que más las necesite en el desarrollo de la tesis.

A mis amigos de Concepción, que me apoyaron su tiempo y consejos en el desarrollo de la tesis: Ricardo, Francisco, Meyer, Mariel, María Elisa, Pablo, Yaritza, Rayen, Jean Paul y Marcos.

A todos mis profesores y amigos que me han apoyado con una palabra de aliento hacia mi persona.

## **DEDICATORIA**

A mi padre Juan Quinaya, mi madre Rosa Gutierrez, mis hermanos Karen y Alex, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado para sacarme adelante como mejor profesional y persona.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2. Enunciado del Problema Científico</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3. Delimitación del Problema</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4. Justificación del Problema</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5. Hipótesis</b> .....	<b>5</b>
<b>1.6. Objetivos</b> .....	<b>5</b>
<b>1.6.1. Objetivo General</b> .....	<b>5</b>
<b>1.6.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>5</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Humedales boscosos</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Régimen Hídrico</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3. Macroinvertebrados bentónicos</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3.1. Platyhelminthes</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3.2. Annelida</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3.3. Mollusca</b> .....	<b>15</b>

2.3.4. Arthropoda .....	16
2.3.5. Crustacea .....	17
2.3.6. Insecta .....	17
2.3.7. Ephemeroptera .....	18
2.3.8. Plecoptera .....	18
2.3.9. Odonata .....	19
2.3.10. Hemíptera .....	20
2.3.11. Coleóptera .....	21
2.3.12. Megalóptera .....	22
2.3.13. Trichoptera .....	23
2.3.14. Díptera .....	24
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 Metodología de Campo .....	25
3.1.1. Zona de Muestreo .....	26
3.1.2. Técnicas de Muestreo .....	28
3.2. Metodología de Laboratorio .....	29
3.2.1. Lavado y tamizado de las muestras .....	30
3.2.2. Caracterización y recuento de taxa .....	30
3.3. Análisis de datos .....	31
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1. Composición y Estructura de los Macroinvertebrados Bentónicos .....	33

4.2.	Variación temporal de los macroinvertebrados bentónicos .....	40
4.3.	Relación entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los regímenes hídricos .....	50
V.	DISCUSIÓN .....	59
VI.	CONCLUSIONES .....	67
VII.	RECOMENDACIONES .....	69
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
IX.	ANEXOS .....	90

## RESUMEN

En humedales, el régimen hídrico está definido principalmente por las variaciones en la profundidad y volumen, y éste es principalmente uno de los mayores influyentes en la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. El presente estudio tiene como objeto determinar la composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en cinco humedales boscosos del sur de Chile. Para lo cual se colectaron un total de 540 muestras durante un período de un año, desde abril del 2011 hasta marzo de 2012, mediante tres técnicas complementarias: Core, sustrato artificial y red de mano. Los resultados arrojaron un total de 80 taxa, dominados por Chironomidae, Oligochaeta y *Hyallela* sp., los cuales mostraron diferencias significativas entre las distintas épocas en cada uno de los humedales ( $p < 0.05$ ). Las diferencias estacionales fueron más claras en humedales temporales, relacionados de manera directa con los cambios en profundidad ( $r > 0.64; p < 0.05$ ). Estas diferencias estuvieron mayormente mediadas por los taxa Asellidae, Chironomidae, *Hyallela* sp., *Littoridin* sp. y Oligochaeta. Se determinó además un número importante de taxa raros y grupos exclusivos de acuerdo a los

distintos regímenes. La influencia del hidroperíodo sobre los patrones comunitarios de los macroinvertebrados bentónicos fue clara y se discute la importancia de conservar estos ecosistemas como reservorios de una diversidad única, que representa las características distintivas de este tipo de humedales.

## ABSTRACT

In wetlands, water regime is defined primarily by variations in the depth and volume, and this is mainly a major influential in diversity of benthic macroinvertebrate community. This study aims to determine the composition and abundance of benthic macroinvertebrate community in five forested wetlands of southern Chile. For which a total of 540 samples were collected over a period of one year from April 2011 to March 2012, using three complementary techniques: Core, artificial substrate and hand net. The results showed a total of 80 taxa, dominated by Chironomidae, Oligochaeta and Hyalellasp., which showed significant differences between the different times in each of wetlands ( $p < 0.05$ ). Seasonal differences were clearer in temporary wetlands directly related to changes in depth ( $r > 0.64$ ;  $p < 0.05$ ). These differences were largely mediated by taxa Asellidae, Chironomidae, Hyalellasp., Littoridinasp. and Oligochaeta. A significant number of rare taxa and exclusive groups according to the different regimes was also determined. The influence of hydroperiod on community patterns of benthic macroinvertebrates was clear and the importance of conserving

these ecosystems as reservoirs of a unique diversity that represents the distinctive characteristics of this type of wetland is discussed.

## I. INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados bentónicos son uno de los grupos biológicos más ampliamente usados como indicadores de calidad del agua. Esto se debe a que integran muchas de las cualidades que se esperan de un indicador. Entre éstas, destaca su elevada diversidad y que estén representados por diferentes taxones, con requerimientos ecológicos diferentes relacionados con las características hidromorfológicas (velocidad del agua, sustrato), fisicoquímicas y biológicas del medio acuático. Por tanto el presente estudio tiene como objeto determinar la composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en cinco humedales boscosos del sur de Chile, el muestreo de macroinvertebrados se llevó a cabo durante un año, en el cual se utilizó tres técnicas complementarias: Corer metálicos de 400 cm<sup>2</sup>, Sustratos de hojarasca para colonización y Red de mano, esto con el fin de capturar la mayor variabilidad de hábitat disponibles. Las muestras fueron tratadas en el Laboratorio de Bioindicadores de calidad de Agua del Centro Medioambientales EULA de la

Universidad de Concepción – Chile, donde se realizó el lavado y tamizado para su posterior identificación.

### **1.1. Antecedentes**

Los humedales se pueden definir como ecosistemas de aguas de poca profundidad (< 2 m) o con suelos saturados, estos presentan un régimen hídrico permanente o estacional, con una baja tasa de recambio y abundante materia orgánica vegetal que se descompone lentamente, lo cual permite la existencia y desarrollo de biota acuática típica (Mitsch&Gosselink, 2007).

Destacan entre los múltiples servicios la conservación de la biodiversidad acuática, regulación micro climática, abastecimiento de agua potable, diversidad paisajista y embellecimiento escénico, amortiguación hidráulica de inundaciones invernales y tsunamis, oferta de espacios para actividades recreativas y educación ambiental, transporte, recursos energéticos e inclusive tratamiento de aguas residuales, realizando de esta manera una función

importante en las estrategias de desarrollo socioeconómico sostenible (Ramsar, 2006).

La vegetación hidrófila es común a todos los humedales, sin embargo, hay un tipo de humedal incluido en la mayoría de las clasificaciones elaboradas a nivel mundial, que se distingue por el tipo de vegetación hidrófila predominante, denominados humedales boscosos, los cuales han sido definidos como áreas naturalmente inundadas o saturadas, que soportan un importante componente de vegetación de tipo boscosa, adaptada a un suelo generalmente saturado y/o pobremente aireado (Lugo *et al.* 1990).

## **1.2. Enunciado del Problema Científico**

¿Cuál es la composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en humedales boscosos del sur de Chile?

### **1.3. Delimitación del Problema**

La investigación está comprendida en las Ciencias Biológicas, en el área de la ecología y ésta a su vez en la ecología acuática. Se trabajará con las de muestras obtenidas de la evaluación realizada desde abril de 2011 a marzo de 2012, en los humedales boscosos pertenecientes a la región de la Araucanía – Chile, donde se determinará la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y su relación con el régimen hídrico.

### **1.4. Justificación del Problema**

Esta investigación es de suma importancia debido a que se carece de información sobre la biota acuática de los humedales boscosos del sur de Chile. Es por eso que se necesita tener el conocimiento necesario que sirva de línea base acerca de la biota presente en este tipo de humedales para su conservación y por la importancia de los servicios ecosistémicos que brindan.

## **1.5. Hipótesis**

Dadas las características morfométricas y las particularidades funcionales de los humedales boscosos del sur de Chile, estos presentarán una alta diversidad de macroinvertebrados bentónicos.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

- Determinar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en los humedales boscosos del sur de Chile.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar morfológicamente a los macroinvertebrados bentónicos de los humedales boscosos en mención.

- Determinar la variación temporal de los macroinvertebrados bentónicos de los humedales boscosos del Sur de Chile.
- Establecer la relación entre la comunidad de macroinvertebrados y los distintos regímenes hídricos presentes en los humedales boscosos.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Humedales boscosos

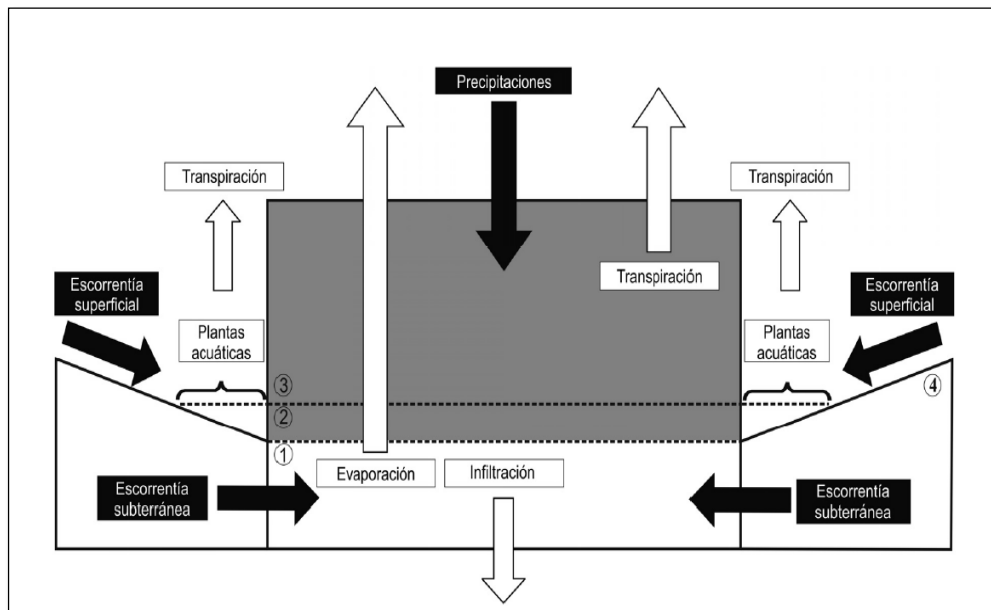
En Chile, los humedales boscosos de agua dulce son menos conocidos y están representados por los “pitrantos”, también conocidos como “hualves” o “hualhues”, que en lengua mapuche significa ciénaga o pantano (Ferriere, 1982). Se distribuyen entre Coquimbo y Puerto Montt (29°54’-41°38’ S) a través de la depresión central, cordillera de la Costa, a mediana altura en la cordillera de los Andes (San Martín *et al.* 1988) y en la isla de Chiloé (San Martín, 2005).

Estos humedales se sitúan principalmente en fosas tectónicas, fondos de quebradas u hondonadas con suelos que presentan mal drenaje (Solervicens&Elgueta, 1994). Estas condiciones geomorfológicas y edáficas son las que posibilitan el aporte de aguas subterráneas (Villa-Martínez & Villagrán, 1997), presentando un régimen hídrico de anegamiento temporal. Aunque también, en los casos en que se encuentran asociados

a esteros o ríos (Hauenstein *et al.* 2002), este régimen generalmente es de tipo permanente, y el nivel del agua en ambas situaciones puede presentar fluctuaciones intra e interanuales (Fernández- Alaézet *et al.* 2004).

## **2.2. Régimen Hídrico**

El régimen hídrico o hidroperíodo es uno de los componentes más importantes en el funcionamiento de estos ecosistemas. Es un descriptor de los humedales, en base a las fluctuaciones de la profundidad, duración y frecuencia, en un periodo de un año (Keddy, 2000). Las variaciones en el nivel del agua, tanto en humedales permanentes como temporales, teóricamente son el resultado de la interacción de un conjunto de complejos procesos hidrológicos, geológicos y biológicos, tales como precipitación, infiltración, evaporación y transpiración vegetal (Fig. 1; Tavernini, 2008), y de las recargas y flujos de aguas subterráneas y superficiales (Devito *et al.* 1996).



**Figura 1:** Modelo conceptual que representa los que influyen en la dinámica hídrica de los humedales boscosos. Las flechas indican los flujos hídricos de entrada (flechas negras) y salida (flechas blancas); 1 = Nivel de agua durante época estival; 2 = Nivel de agua durante época invernal; 3 = Zona ocupada por vegetación boscosa; 4 = Ladera adyacente.

**Fuente:** Correa-Araneda *et al.* 2011

Respecto a los humedales boscosos de anegamiento temporal, se ha documentado que este periodo puede durar entre cuatro y ocho meses (Ramírez *et al.* 1995), ligado estrechamente a la época invernal, aunque dicha duración puede ser mayor o menor en relación directa con las condiciones climáticas, edáficas y geomorfológicas de la zona donde se ubiquen. Durante el

periodo invernal, las precipitaciones permiten el ascenso de la napa freática y el escurrimiento de las aguas desde las laderas adyacentes hacia las zonas más bajas, en donde se ubican estos ecosistemas, alcanzando profundidades de hasta 2 m. En cambio en la época estival, cuando el espejo de agua desaparece por efecto de la evapotranspiración e infiltración, sus suelos pueden presentar entre un 50 y 60 % de contenido de humedad, con una napa freática muy cercana a la superficie (20-30 cm; Ramírez *et al.* 1983, Del Valle-Arango 2003). En cambio, en terrenos más bajos o de menor permeabilidad, el agua puede permanecer todo el año, variando en profundidad superficial de acuerdo a cambios climáticos o relaciones hidrodinámicas mencionadas, definiendo de esta forma los humedales permanentes (Correa-Araneda *et al.* 2011).

Todos los procesos anteriores constituyen unos de los factores limitantes de la actividad biológica, controlando, entre otros aspectos, la productividad primaria, la colonización y la formación de estructuras comunitarias presentes en estos ambientes (Ramírez *et al.* 1983, Tavernini *et al.* 2005). De esta forma distintas comunidades de vertebrados, invertebrados y

plantas están asociadas de manera alternada a la fase seca y a la húmeda (Angeler *et al.* 2010). La alternación de estas fases, que a menudo ocurre de manera irregular, crea condiciones de vida extremas, que favorecen la presencia de una biodiversidad única, altamente especializada, y en su mayoría restringida exclusivamente a este tipo de hábitats (Nicolet *et al.* 2004), y que para Chile es prácticamente desconocida (Correa–Araneda *et al.* 2011).

### **2.3. Macroinvertebrados bentónicos**

Los macroinvertebrados bentónicos (mayor a 500  $\mu m$ ) son organismos que se encuentran adheridos a diversos sustratos sumergidos, ya sea naturales o artificiales, en el fondo y ribera de ríos, arroyos, lagos, lagunas, turberas, etc. Dentro de este grupo, se encuentran muchas taxas de diversos órdenes tales como Platyhelminthes, Oligochaeta, Nematoda, Isopoda, Decapoda, Trichoptera, Plecoptera, Odonata, Hemiptera, Ephemeroptera, Diptera, Collembola, Coleoptera, Gastropoda, entre otros, mayoritariamente representado en ambientes lóticos por insectos en estado larval, ninfal o adulto. Se alimentan de

materia orgánica particulada en forma de fragmentos, donde la entrada de detritus foliar procedente de áreas ribereñas es un componente importante en la energética de ecosistemas fluviales, de lo que se desprende que las sustituciones de los bosques nativos por coníferas exóticas tiene un importante impacto sobre las características energéticas de las comunidades fluviales y por consiguiente en las comunidades de macroinvertebrados, efectos que tenderían a disminuir, si se proveyera de zonas de protección o de manejo de cauces en estas prácticas forestales ( Palma, 2004).

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados bentónicos han recibido una gran atención en los estudios de los ecosistemas de aguas corrientes, principalmente por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores como los peces, por ser transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, etc.), principal entrada de energía a los sistemas fluviales, y también son destacados por su actual utilidad como indicadores biológicos (Palma, 2004).

A continuación se detallan los grupos de macroinvertebrados más importantes encontrados en el presente trabajo y descritos según la Confederación Hidrográfica del Ebro en el 2009:

### **2.3.1. Platyhelminthes:**

Este Phylum agrupa a los animales conocidos como gusanos planos o planarias. Son animales que carecen de cavidad del cuerpo, ano o sistema circulatorio, existiendo especies parásitas y especies libres. En los sistemas acuáticos se encuentra el Subphylum Turbellaria, más conocidos como planarias, turbelarios o triclados. Sin animales de cuerpo deprimido, muy plano (de ahí el nombre de planarias), sin segmentación aparente ni apéndices, y con una coloración variable desde el blanco lechoso hasta el negro. Pueden tener ojos u ocelos, y su boca se localiza en su parte media ventral. En general huyen de la luz, por lo que se encuentran en la parte inferior de las piedras o los objetos sumergidos. Pueden vivir en todo tipo de aguas

dulces, ambientes húmedos, incluso en aguas subterráneas, siendo animales depredadores.

### **2.3.2. Annelida:**

Este Phylum incluye a animales en forma de gusanos, más o menos alargados y de sección redondeada, que poseen una segmentación bien desarrollada, la cual suele ser visible externamente. Incluye tres grandes grupos, los poliquetos o gusanos con cerdas (Clase Polychaeta), los hirudineos o sanguijuelas (Clase Hirudinea), y los oligoquetos (Clase Oligochaeta), que son las lombrices o pequeños gusanos. Los poliquetos son sobre todo organismos marinos, las sanguijuelas son dulceacuícolas (aunque también existen especies marinas o terrestres) y los oligoquetos son terrestres (aunque hay también especies acuáticas). Las sanguijuelas son fácilmente identificables por poseer dos ventosas en su cuerpo (una anterior o bucal y otra posterior o caudal), las cuales utilizan para alimentarse y desplazarse.

### **2.3.3. Mollusca:**

Los moluscos son el Phylum animal más numeroso después del Phylum Artrópoda, y en él se incluyen gran variedad de formas y tamaños, desde los caracoles y babosas, o los bivalvos como el mejillón y la almeja, hasta los cefalópodos como el pulpo o el calamar. Se encuentran en diferentes hábitats, desde los mares a los desiertos. Dentro de los moluscos dulceacuícolas se distinguen dos grupos, los gasterópodos (Clase Gastropoda) y los bivalvos (Clase Bivalvia). Los gasterópodos son pequeños caracoles o lapas que poseen una sola concha calcárea que se puede enrollar en espiral (caracoles) o tener forma de cono (caso de las lapas de agua dulce). Algunos de ellos poseen un opérculo córneo calcáreo con el que cierran la abertura de la concha protegiendo al animal.

#### **2.3.4. Arthropoda:**

Se trata de un amplio y variado grupo que constituye el Phylum más numeroso y diverso del reino animal, donde se incluyen, entre otros, a los insectos, arácnidos (arañas y ácaros), crustáceos y a los miriápodos. Son animales cuyo cuerpo y apéndices están articulados. Constituyen el grupo de taxones más numeroso que se incluyen dentro de los macroinvertebrados bentónicos.

#### **2.3.5. Crustacea:**

Este Subphylum en los ambientes dulceacuícolas, y sin considerar a los denominados microcrustáceos ( como por ejemplo los ostrácodos, cladóceros y copépodos) se encuentran tres grandes grupos; los Isópodos ( Orden Isopoda), los anfípodos (Orden Amphipoda) y los decápodos (Orden Decapoda), dentro de los cuales se encuentran las gambitas de río.

### **2.3.6. Insecta:**

Los insectos (Clase Insecta) son los animales más diversos de la Tierra, y constituyen el grupo más numeroso dentro de los macroinvertebrados bentónicos. Dentro de los diferentes Órdenes en los que se divide la Clase Insecta hay una amplia representación de organismos acuáticos, con grupos totalmente acuáticos, como las efémeras, plecópteros, odonatos o tricópteros, y otros grupos con sólo unas especies acuáticas, como los hemípteros, coleópteros o dípteros. La mayor parte de las especies sólo pasan una parte de su ciclo vital en el agua, generalmente sus primeras etapas del ciclo, si bien existen algunas especies que desarrollan todo su ciclo vital en el medio acuático, mientras que otras son sólo acuáticas en su etapa adulta. Por su gran diversidad, existen numerosas adaptaciones y formas de vida diferentes entre los diferentes organismos de esta clase, lo que les permite llegar a colonizar hábitats muy variados y aguas con condiciones ambientales muy distintas.

### **2.3.7. Ephemeroptera:**

Son un grupo de insectos con ninfas acuáticas y adultos aéreos que presentan al final de su abdomen dos o tres largas prolongaciones características denominadas cercos o filamentos caudales. Los adultos suelen vivir en general un corto periodo de tiempo, de donde proviene su nombre, y vuelan en enjambres, a veces muy numerosos, para realizar una danza nupcial y la cópula. Las ninfas son siempre acuáticas y viven mucho más tiempo que los adultos. Pueden distinguirse varios grupos morfológicos en función de su adaptación al medio donde habitan: nadador o hiponeófilo, marchador o erpófilo, deprimido o litófilo y excavador u oritófilo.

### **2.3.8. Plecoptera:**

Llamados vulgarmente moscas de las piedras o perlas, son un grupo de insectos cuyos adultos se localizan cerca de los ambientes acuáticos donde se desarrollan las ninfas. Los adultos son relativamente grandes y

poseen largas antenas en la cabeza y largos cercos al final del abdomen. A pesar de tener 4 alas membranosas que en reposo se pliegan sobre el abdomen, son torpes voladores. Las ninfas se caracterizan por tener dos cercos al final del abdomen, y su desarrollo hasta el estado adulto puede tardar en algunas especies varios años. Son predadoras de otros artrópodos acuáticos o detritívoras. Se considera a los plecópteros como organismos intolerantes a la contaminación, y su presencia en las aguas se asocia con estados de calidad del agua de buenos a excelentes.

#### **2.3.9. Odonata:**

Los odonatos, conocidos vulgarmente como libélulas o caballitos del diablo, son insectos depredadores con adultos aéreos y ninfas acuáticas. Los adultos son buenos voladores y suelen hallarse en las inmediaciones de los sistemas acuáticos. En las ninfas se diferencian claramente los dos subórdenes existentes: los

Zigópteros (suborden Zygoptera), alargados y con tres láminas branquiales largas al final del abdomen, y los anisópteros (suborden Anisoptera), de apariencia más corta y robusta y sin la presencia de las láminas branquiales al final del abdomen, las cuales se sustituyen por tres placas puntiagudas que configuran la denominada pirámide anal. El rasgo más característico de las ninfas de los odonatos es la presencia de una estructura llamada máscara en la parte ventral de la cabeza, la cual les sirve para capturar sus presas.

#### **2.3.10. Hemíptera**

Gran grupo de insectos caracterizados por poseer un aparato bucal chupador, entre los que se incluyen los patinadores o zapateros, las chinches de agua o el escorpión acuático. Su nombre alude a que sus alas anteriores (o hemiélitros) están divididas en una mitad basal dura y una mitad distal membranosa más blanda. Aunque pueden vivir en todo tipo de ambientes acuáticos, generalmente están más asociados a zonas

estancadas o de aguas más lentas. Tanto las ninfas como los adultos pueden habitar en el medio acuático, siendo la mayoría de las especies de este orden depredadores, si bien existen especies fitófagas. Se distinguen dos subgrupos: los guerromorfos, que viven patinando por encima de la superficie del agua, y los nepomorfos, cuyo cuerpo está adaptado para vivir dentro del agua, tanto nadando en la columna del agua como desplazándose en el bentos.

#### **2.3.11. Coleóptera**

Los coleópteros (escarabajos) son un gran grupo de insectos que incluyen animales muy diversos, tanto por su morfología como por su ecología. Esto hace que algunos grupos posean adaptaciones morfológicas y fisiológicas especiales para la vida acuática. Ocupan virtualmente cualquier hábitat, incluidos los de agua dulce, aunque su presencia en ambientes marinos es mínima. Entre los coleópteros acuáticos existen especies con adultos y larvas acuáticas, y otras donde

sólo una de las dos fases vive en el agua. Presentan una fase intermedia entre la larva y el adulto, denominada pupa, la cual casi siempre es terrestre. Los adultos conservan la capacidad de vuelo, que emplean cuando las condiciones son adversas. Existen especies marchadoras y nadadoras, y entre estas últimas las hay que nadan en la superficie y otras buceadoras. Tanto en su fase larvaria como en su fase adulta presentan un régimen alimentario muy variado, desde predadores a fitófagos pasando por xilófagos o detritívoros.

#### **2.3.12. Megalóptera**

Pequeño orden de insectos representado en Europa por una única familia (F. Sialidae), con adultos voladores y larvas acuáticas. Los adultos viven cerca del agua en las orillas, son torpes volando y en reposo pliegan las alas en forma de tejadillo. La puesta se realiza sobre hojas, troncos o muros cercanos al agua, de manera que al eclosionar sus larvas caen al agua o sus proximidades, en cuyo caso se desplazarían por el substrato hasta el

medio acuático. Cuando las larvas finalizan su desarrollo, salen del agua para alojarse en una cámara donde se produce la pupación.

### **2.3.13. Trichoptera**

Los tricópteros o frigáneas son insectos con adultos voladores poco llamativos que tienen aspecto de polillas, con alas recubiertas de pelos que en reposo se colocan sobre el cuerpo en forma de tejado. Por su parte, las larvas y las pupas son acuáticas, y muchas de ellas construyen estuches o carcajs característicos, donde se refugian, realizados con distintos materiales (piedras, arena, ramitas o trozos de vegetales), o también redes de seda o galerías donde se refugian. Las larvas habitan en todo tipo de aguas dulce, tanto lóxicas como lénticas, presentando en general cierta exigencia desde un punto de vista ecológico. Su modo de alimentación es muy variado, con especies herbívoras, detritívoras y depredadoras.

#### **2.3.14. Díptera:**

Los dípteros (entre los que se encuentran las moscas y mosquitos) son un numeroso grupo de insectos muchos de cuyos estadios larvarios están ligados al medio acuático, mientras que los adultos son aéreos.

Las larvas típicas recuerdan a gusanos y no tiene patas articuladas, pudiendo tener o no una cabeza bien diferenciada. Presentan una gran variedad en cuanto a morfología, así como en cuanto a formas de alimentación o de vida. Las larvas de dípteros acuáticos ocupan una vasta gama de biotopos, desde zonas de aguas violentas con cascadas y rápidos, a zonas estancadas pasando por todas las condiciones intermedias de corriente. Frecuentemente estas preferencias están en relación con los mecanismos de respiración. Todo ello hace que en este grupo haya organismos con requerimientos ambientales muy distintos, desde especies muy exigentes en cuanto a la calidad del agua hasta especies muy resistentes a la contaminación de las aguas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Metodología de Campo**

A continuación se presenta la zona de muestreo y técnica de campo:

##### **3.1.1. Zona de Muestreo**

Las muestras evaluadas corresponden a los humedales boscosos Pumalal, Vergel, Quepe, Nohualhue y Petrengo, pertenecientes a la región de la Araucanía, Chile ( $38^{\circ}$  S,  $72^{\circ}$  W) (Fig. 2), de los cuales los dos primeros humedales son de régimen hídrico estacional y los restantes son permanentes.

**Tabla 1:**Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo.

<b>Humedal</b>	<b>Coordenadas UTM</b>		<b>Elevación m.s.n.m.</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	
Pumalal	715536	5723631	158
Vergel	732886	5728273	182
Quepe	706732	5685061	26
Nohualhue	666856	5694578	95
Petrenco	701969	5663350	94

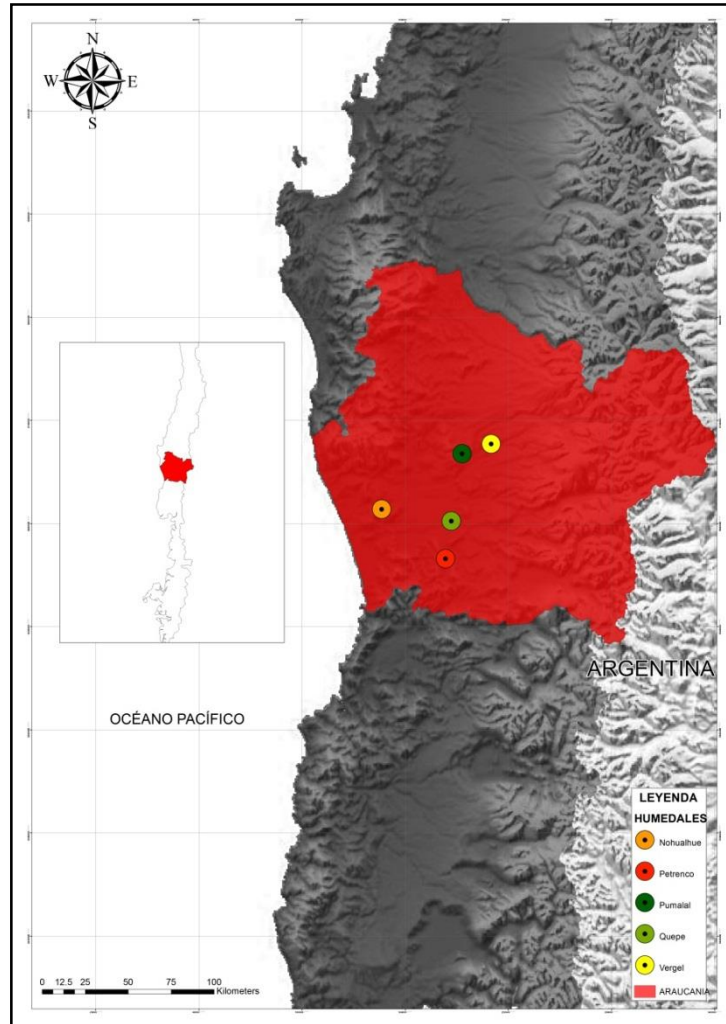


Figura 2: Ubicación del área de estudio.

### 3.1.2. Técnicas de Muestreo

El muestreo de macroinvertebrados bentónicos fue llevado a cabo mediante la utilización de 3 técnicas complementarias con el objetivo de capturar la mayor variabilidad de hábitats disponibles en estos sistemas (e.g. columna de agua, sustrato, islotes, raíces) y temporal (e.g. época invernal y estival) dentro de los ecosistemas:

- 1) **Corer metálicos de 400 cm<sup>2</sup>**, con un borde cortante para penetrar los sustratos y con un sistema de cerrado que impidió la pérdida del material.
  
- 2) **Sustratos de hojarasca para colonización**, que corresponden a bolsas de 5 mm de trama, llenas con 6 g de hojas deshidratadas proveniente de las especies arbóreas dominantes, los que fueron dejados sumergidos durante 2 meses en espera de ser colonizados por los organismos (Ramseyer&Marchese 2009).

3) **Red de mano**, con la cual se realizó un recorrido por la mayor cantidad de hábitats disponibles durante un período de 5 minutos.

Todas las técnicas fueron aplicadas de manera aleatoria a través de la columna de agua (n=6). Las muestras obtenidas fueron almacenadas, conservadas en etanol (95%) y rotuladas para su posterior caracterización.

### **3.2. Metodología de Laboratorio**

Las muestras evaluadas corresponden al Proyecto: “Efectos de las plantaciones forestales sobre la disponibilidad hídrica y fauna bentónica de los bosques pantanosos de la región de La Araucanía”.

Las actividades se realizaron en el Laboratorio de Bioindicadores de Calidad de Agua, del Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción – Chile, y consistió en dos aspectos: limpieza de las muestras colectadas y el de caracterización taxonómica de los especímenes encontrados.

### **3.2.1. Lavado y tamizado de las muestras**

Con las medidas de protección necesarias, se procedió a abrir el recipiente y a verter la muestra sobre un tamiz de 250  $\mu\text{m}$ . Luego, bajo el grifo, se lavará la muestra con agua abundante, separando los organismos de los restos de detritos, piedras y arena que hayan quedado.

### **3.2.2. Caracterización y recuento de taxa**

Se extrajeron, caracterizaron y contaron todos los individuos existentes en los depósitos con la muestra lavada anteriormente, con ayuda de una lupa 10X, placas Petri, pinzas y claves taxonómicas (Benedetto 1974, Caamaño 1985, González 2003, McLellan *et al.* 2005, Cummins 2008, Domínguez *et al.* 2006, 2009). El material extraído se guardó en un vial eppendorf con alcohol etílico al 95%, en un sobre plástico con la referencia de la zona de muestreo (nombre del humedal), técnica de muestreo, fecha y réplica realizada. Los datos obtenidos fueron llevados a una planilla digital en el Programa Excel, para su posterior procesamiento.

### 3.3. Análisis de datos

A partir de la matriz de datos biológicos estandarizada, por presentar distintos esfuerzos de muestreo, se calculó la riqueza de taxa ( $S'$ ), abundancia ( $N'$ ) y índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ). Para determinar si existen diferencias a escala espacial (humedales) y temporal (meses) en los índices univariados, se utilizó el análisis de ANOSIM de una vía (Clarke & Warwick 2001), a partir de una matriz de distancia basada en distancia euclidiana.

Los datos de abundancia fueron procesados mediante una matriz de similitud del Índice de Bray-Curtis, que permitió llevar a cabo el análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS; Clarke & Green 1988), lo anterior con el fin de visualizar de manera gráfica la relación entre grupos previamente definidos. La significancia de los grupos formados fue puesta a prueba mediante el análisis de ANOSIM de una vía (Clarke & Warwick 2001).

Finalmente, se realizó un análisis de SIMPER (similaritypercent; Clarke & Warwick, 2001, Warton *et al.* 2012), con el fin de identificar los taxa que más influyeron en los patrones comunitarios obtenidos. Todos los análisis y gráficos fueron obtenidos usando el software PRIMER v.6 (Clarke & Gorley 2006) y SigmaPlot v.11.0 (Systat Software, Inc).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Composición y Estructura de los Macroinvertebrados Bentónicos

**Tabla 2:** Listado y frecuencia de ocurrencia (%) de macroinvertebrados bentónicos. FOT = frecuencia de ocurrencia (%) en todas las muestras de los humedales temporales; FOP = frecuencia de ocurrencia (%) en todas las muestras de los humedales permanentes; \* = especies raras (frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa en las muestras de <1%). TH: Tipo de humedal en el que fueron registrados (t = temporales, p = permanentes, a = ambos).

	FOT	FOP	TH		FOT	FOP	TH
<b>Oligochaeta●●●</b>	80.56	57.60	a	<b>Trichoptera●●●●●</b>			
<b>Poliqueta ●●●●</b>	0.69	0.00	t*	<i>Smicrideasp.</i>	18.06	41.94	a
<b>Hirudinea●●●</b>	3.47	0.00	t	Limnephilidae	0.00	13.82	p
<b>Nematoda●</b>	6.25	3.23	a	Leptoceridae	2.08	2.76	a
<b>Turbellaria●●●</b>				<i>Brachysetodessp.</i>	2.78	1.84	a
<i>Dugesiasp.</i>	17.36	2.76	a	<i>Triplectidessp.</i>	0.69	0.46	a*
<b>Gastropoda●●●</b>				Hydroptilidae	0.69	0.00	t*
Ancylidae	17.36	28.57	a	Stenopshychidae	0.69	0.00	t*
<i>Chilinasp.</i>	2.78	2.76	a	<i>Polycentropussp.</i>	2.08	0.00	t
<i>Littoridinasp.</i>	15.97	35.48	a	<b>Megaloptera●●●●●</b>			
<i>Physasp.</i>	2.08	6.91	a	Megalopteralndet.	1.39	1.84	a
<i>Biomphalariasp.</i>	0.00	11.06	p	<i>Prosalissp.</i>	3.47	21.66	a
Sphaeriidae	4.17	9.22	a	<b>Odonata●●●●●</b>			
<b>Crustacea●●</b>				Odonatalndet.	0.00	1.84	p

Continuación

Continuación

	FOT	FOP	TH		FOT	FOP	TH
<i>Hyallela</i> sp.	58.33	82.49	a	Coenagrionidae	5.56	11.06	a
Asellidae	18.06	89.86	a	Libellulidae	1.39	10.14	a
<i>Parastacus</i> sp.	1.39	23.96	a	Lestidae	1.39	3.69	a
<i>Aegla</i> raucanioensis	5.56	0.00	t	Aeshnidae	2.08	2.30	a
<b>Collembola</b> ●●●●●	8.33	5.53	a	Calopterygidae	0.00	0.92	p*
<b>Hymenoptera</b> ●●●●●	0.00	0.46	p*	<b>Hemiptera</b> ●●●●●			
<b>Diptera</b> ●●●●●				Veliidae	0.00	9.22	p
Chironomidae	70.14	94.93	a	Gerridae	0.00	3.23	p
Culicidae	13.19	4.61	a	Mesoveliidae	2.08	0.00	t
Limoniidae	1.39	2.30	a	Notonectidae	0.00	0.46	p*
Ephydriidae	1.39	4.61	a	Belostomatidae	0.00	0.92	p*
Ceratopogonidae	17.36	4.61	a	Corixidae	1.39	0.00	t
Simuliidae	1.39	2.76	a	Hebridae	2.08	0.92	a

Continuación

Continuación

	FOT	FOP	TH		FOT	FOP	TH
Tipulidae	9.03	8.29	a	<b>Plecoptera●●●●●</b>			
Psychodidae	0.00	3.69	p	Plecopteraindet.	0.69	0.00	t*
Empididae	4.17	0.92	a	<i>Antarctoperlamichaelsini</i>	11.81	7.37	a
Athericidae	0.69	4.15	a	<i>Perlugoperlapersonata</i>	1.39	2.30	a
<b>Coleptera●●●●●</b>				Perlidae	10.42	0.00	t
<i>Hydrochusstolpi</i>	8.2	1.6	a	<i>Neonemurabarrosi</i>	2.78	14.75	a
<i>Berossus</i> sp.	0.7	1.1	a	Coloburiscidae	4.86	0.00	t
<i>Tropisternussetiger</i>	0.0	0.5	p*	<b>Ephemeroptera●●●●●</b>			
Coleopteraindet. 1	4.8	1.7	a	Ephemeropteraindet.	0.69	0.00	t*
Staphylinidae	4.8	3.8	a	Leptophlebiidae	27.08	20.74	a
<i>Cyphons</i> sp.	25.9	6.6	a	<i>Nousia crena</i>	6.94	5.99	a
<i>Lancetes</i> sp.	0.0	0.5	p*	<i>Caenis</i> sp.	5.56	3.23	a
<i>Phantus</i> sp.	5.4	2.2	a	<b>Mecoptera●●●●●</b>			

Continuación

Continuación

	FOT	FOP	TH		FOT	FOP	TH
Coleopteraindet. 2	1.4	0.5	a	Nannochoristidae	0.00	0.92	p*
<i>Luchoelmissp</i>	0.7	0.0	t*	<b>Neuroptera●●●●●</b>			
<i>Austrelmissp.</i>	0.7	0.0	t*	Osmylidae	3.47	0.00	T
Elmidaeindet.	5.4	3.3	a	<b>Lepidoptera●●●●●</b>			
Carabidae	1.4	0.0	t	Pyralidae	6.25	1.84	A
Hydraenidae	1.4	1.1	a	<b>Quelicerata●●</b>	2.08	0.00	T
ColeopteraIndet. 3	3.4	0.5	a	Acari●●●●	38.89	22.58	A

Leyenda: Phylum: ●, Sub Phylum: ●●, Clase: ●●●, Sub Clase: ●●●●, Orden: ●●●●

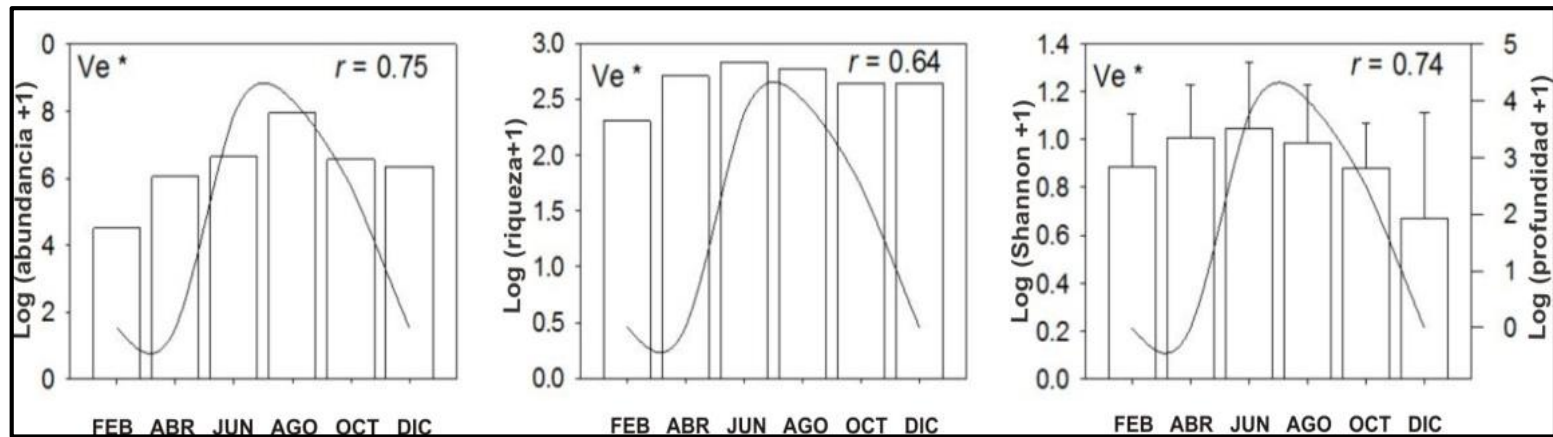
En el total de las muestras se contabilizaron 32 308 macroinvertebrados, distribuidos en 80 taxa, 17 de los cuales estuvieron únicamente en humedales permanentes y 13 solo en aquellos con régimen temporal, mientras que los 50 restantes fueron comunes a ambos tipos de humedales. De la misma forma se puede observar en la anterior tabla que los taxa que presentaron una mayor ocurrencia en humedales temporales fueron Oligochaeta (81%), Chironomidae (70%), *Hyalleasp.* (58%) y Acari (39%), similar a lo ocurrido en humedales permanentes donde Chironomidae (95%), Asellidae (90%), *Hyalleasp.* (83%), Oligochaeta (58%) y *Smicrideasp.* (42%) fueron las de mayor ocurrencia (Tabla 2).

**Tabla 3:** Índices comunitarios (media  $\pm$  desviación estándar) de macroinvertebrados bentónicos en cada uno de los humedales. Los valores *R* son el resultado de ANOSIM de una sola vía. Nivel de significancia: \*\*\* =  $p < 0.001$ , ns =  $p > 0.05$ .

	Máxima riqueza (S')	Abundancia (N)	Shannon (H')
Vergel	16	107.1 $\pm$ 161.7	1.5 $\pm$ 0.4
Pumalal	14	27.3 $\pm$ 33.8	1.1 $\pm$ 0.6
Nohualhue	13	78.5 $\pm$ 55.1	1.4 $\pm$ 0.3
Quepe	16	126.3 $\pm$ 148.5	1.3 $\pm$ 0.4
Petrenco	16	110.2 $\pm$ 141.8	1.0 $\pm$ 0.5
Valor <i>R</i>	0.082	0.076	0.064
<i>p</i>	***	***	***
Temporal	16	67.2 $\pm$ 123.1	1.3 $\pm$ 0.6
Permanente	16	105.0 $\pm$ 123.8	1.3 $\pm$ 0.4
Valor <i>R</i>	0.055	0.015	0.053
<i>p</i>	***	ns	***

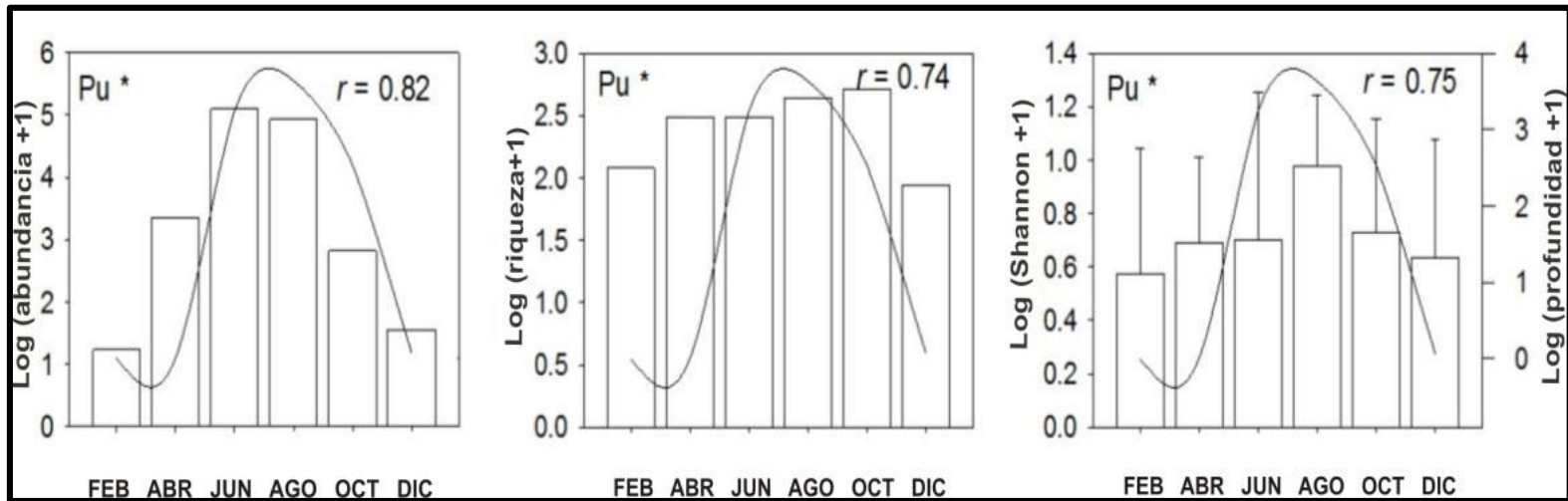
En la tabla 3 se observa que respecto a los índices comunitarios, la riqueza máxima en las distintas muestras varió entre 13-16 taxa, mostrando diferencias significativas entre humedales de distinto régimen, al igual que la diversidad de Shannon ( $p < 0.001$ ). La abundancia promedio no presentó una variación significativa entre humedales de distinto régimen ( $p > 0.05$ ).

#### 4.2. Variación temporal de los macroinvertebrados bentónicos



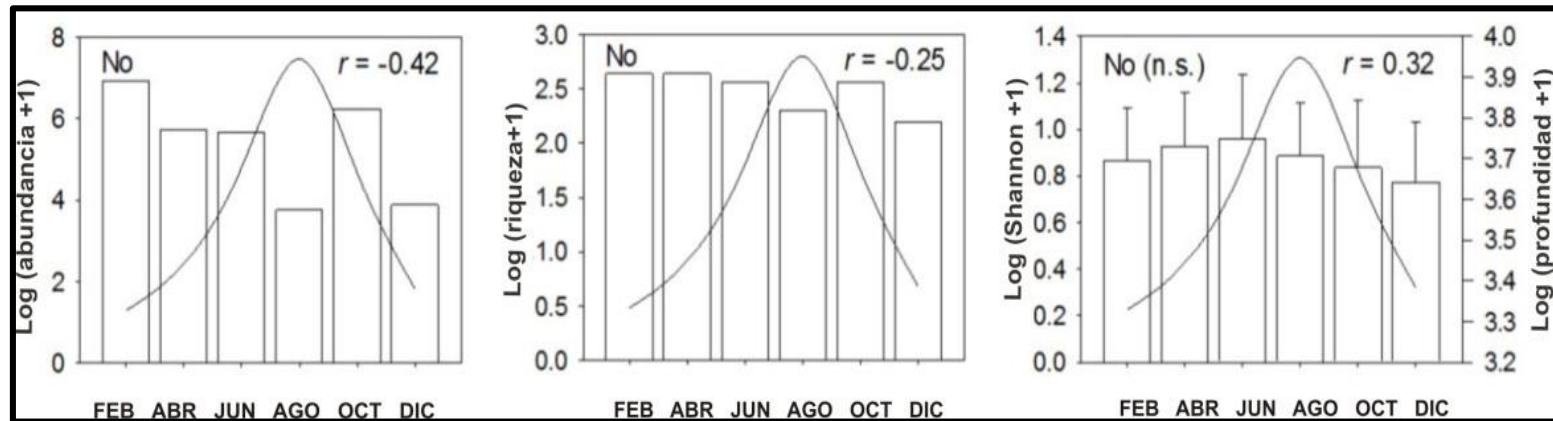
**Figura 3:** Variación temporal (log (x+1)) de la abundancia total, riqueza máxima y el índice de diversidad de Shannon (H') y su relación con la profundidad del humedal Verdel. Valores de r muestran la relación entre la abundancia y la profundidad del agua en base a correlación de Pearson (\* =  $p < 0.05$ ).

En la figura 3 se observa una variación significativa de la abundancia total a escala temporal ( $p < 0.05$ ) en el humedal Vergel asimismo se observan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los índices comunitarios. En el mes de Agosto se puede notar una mayor abundancia respecto a los demás meses. Respecto a la riqueza se mantiene casi constante por todo el año. También se puede observar que se registraron fuertes correlaciones significativas ( $p < 0.05$ ) entre la profundidad y la abundancia total de macroinvertebrados bentónicos del humedal Vergel ( $r = 0.75$ ) y así también con la riqueza (Vergel  $r = 0.64$ ). La diversidad de Shannon también presentó una fuerte correlación con la profundidad en los humedales temporales: Vergel ( $r = 0.74$ ).



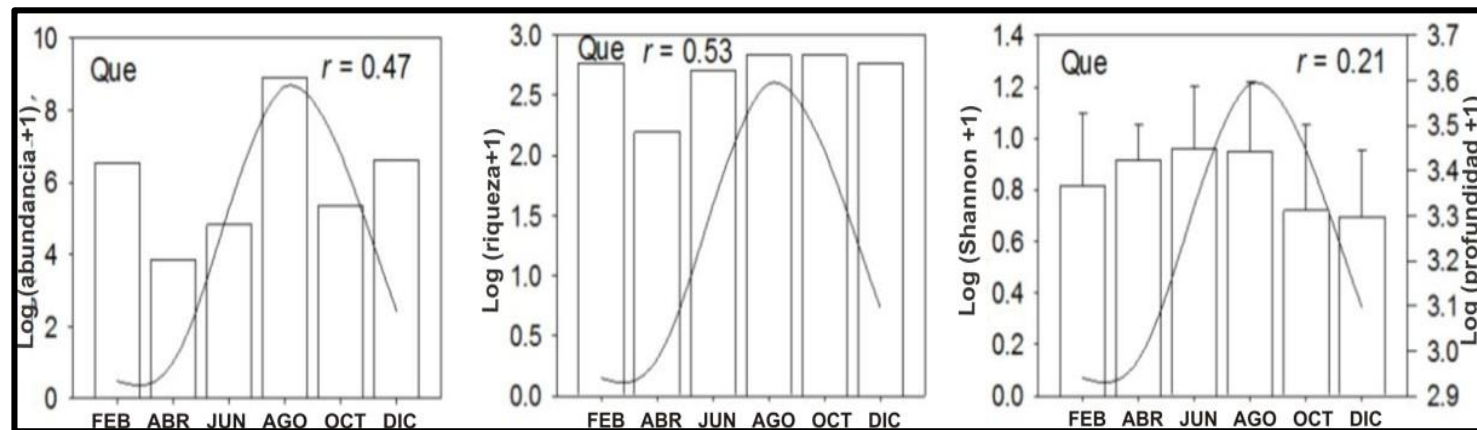
**Figura 4:** Variación temporal (log (x+1)) de la abundancia total, riqueza máxima y el índice de diversidad de Shannon (H') y su relación con la profundidad del humedal Pumalal. Valores de r muestran la relación entre la abundancia y la profundidad del agua en base a correlación de Pearson (\* =  $p < 0.05$ ).

En la figura 4 se observa que en el humedal Pumalal hay una variación significativa de la abundancia total a escala temporal ( $p < 0.05$ ) a su vez se observa diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los índices comunitarios. Existe una mayor abundancia en el mes de Junio y Agosto, mientras que la riqueza es ligeramente mayor en el mes de Octubre a diferencia de los demás meses acentuando una menor riqueza en los meses de Febrero y Diciembre. De la misma forma se puede observar que se registraron fuertes correlaciones significativas ( $p < 0.05$ ) entre la profundidad y la abundancia total de macroinvertebrados bentónicos en el humedal Pumalal ( $r = 0.82$ ), así como con la riqueza (Pumalal  $r = 0.74$ ). Y la diversidad de Shannon también presentó una fuerte correlación con la profundidad en el humedal temporal Pumalal ( $r = 0.75$ ).



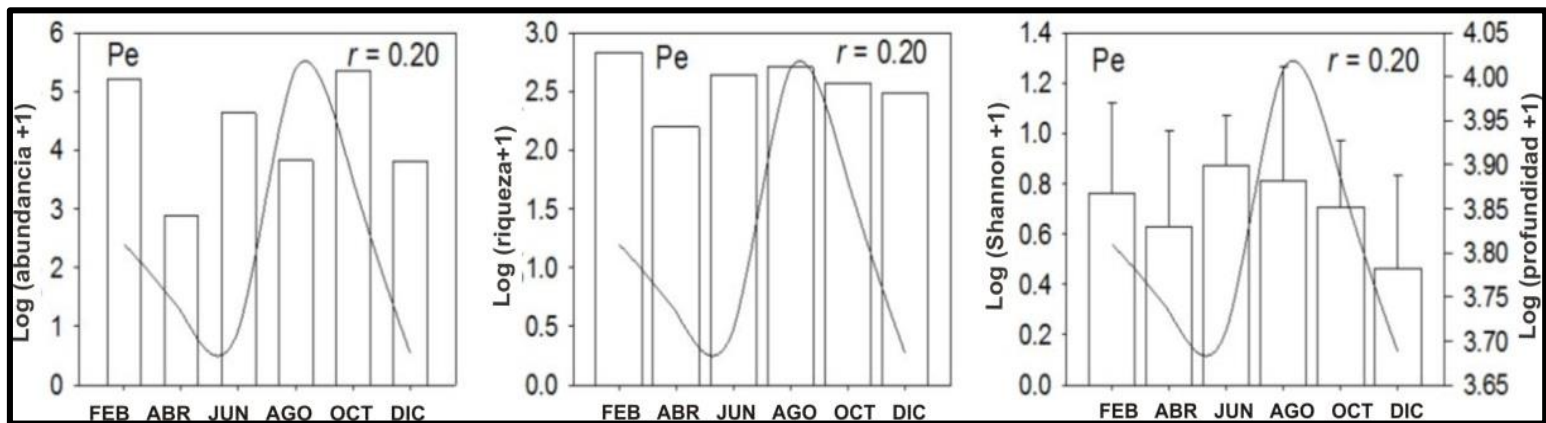
**Figura 5:** Variación temporal (log (x+1)) de la abundancia total, riqueza máxima y el índice de diversidad de Shannon (H') y su relación con la profundidad del humedal Nohualhue. Valores de r muestran la relación entre la abundancia y la profundidad del agua en base a correlación de Pearson (\* =  $p < 0.05$ ).

Se observa en la figura 5 una variación significativa de la abundancia total a escala temporal ( $p < 0.05$ ) en el humedal Nohualhue y en los índices comunitarios presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con excepción de la diversidad de Shannon en este el humedal. Se puede notar que la abundancia en el mes de Febrero presentar una mayor cantidad respecto a los demás meses y la riqueza permanece casi constante a nivel anual. La diversidad de Shannon no presentó una fuerte correlación con la profundidad en el humedal permanente Nohualhue.



**Figura 6:** Variación temporal ( $\log(x+1)$ ) de la abundancia total, riqueza máxima y el índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) y su relación con la profundidad del humedal Quepe. Valores de  $r$  muestran la relación entre la abundancia y la profundidad del agua en base a correlación de Pearson ( $* = p < 0.05$ ).

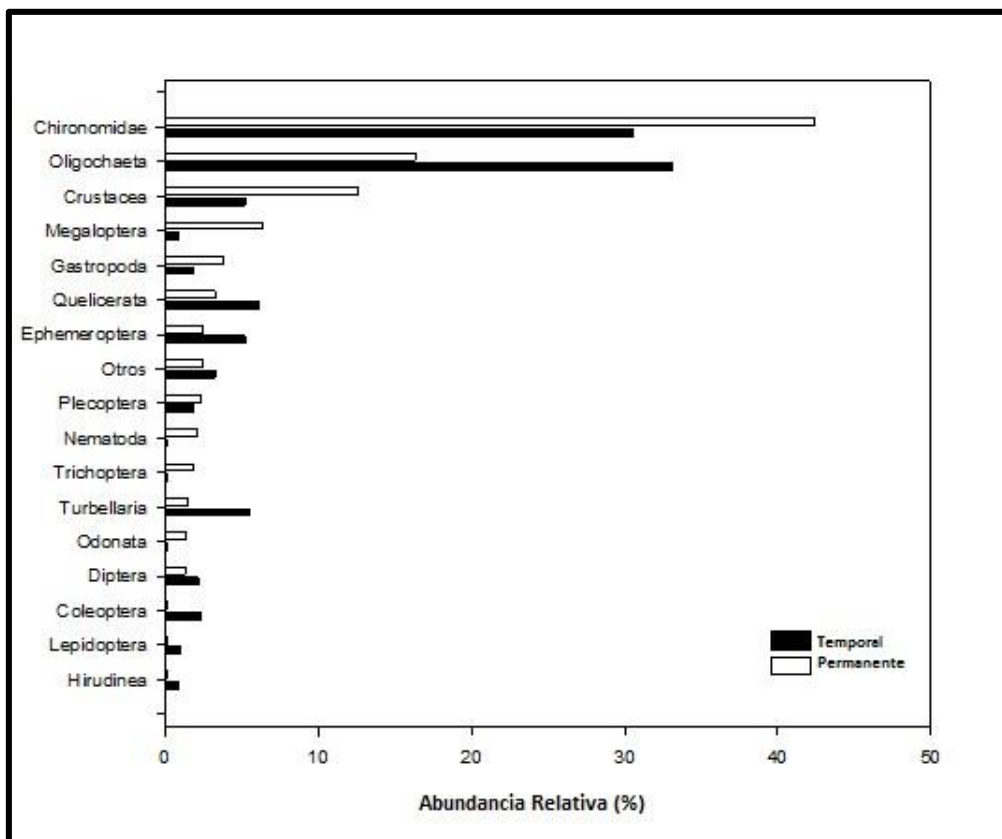
Se aprecia en la figura 6 una variación significativa de la abundancia total a escala temporal ( $p < 0.05$ ) en el humedal Quepe y en los índices comunitarios se presenta diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). También se observa que en el mes de Agosto, la abundancia es mayor a diferencia de los demás meses, y que la riqueza tiende a ser constante a nivel anual. La diversidad de Shannon no presentó una fuerte correlación con la profundidad en este humedal permanente.



**Figura 7:** Variación temporal ( $\log(x+1)$ ) de la abundancia total, riqueza máxima y el índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) y su relación con la profundidad del humedal Petrenco. Valores de  $r$  muestran la relación entre la abundancia y la profundidad del agua en base a correlación de Pearson ( $* = p < 0.05$ ).

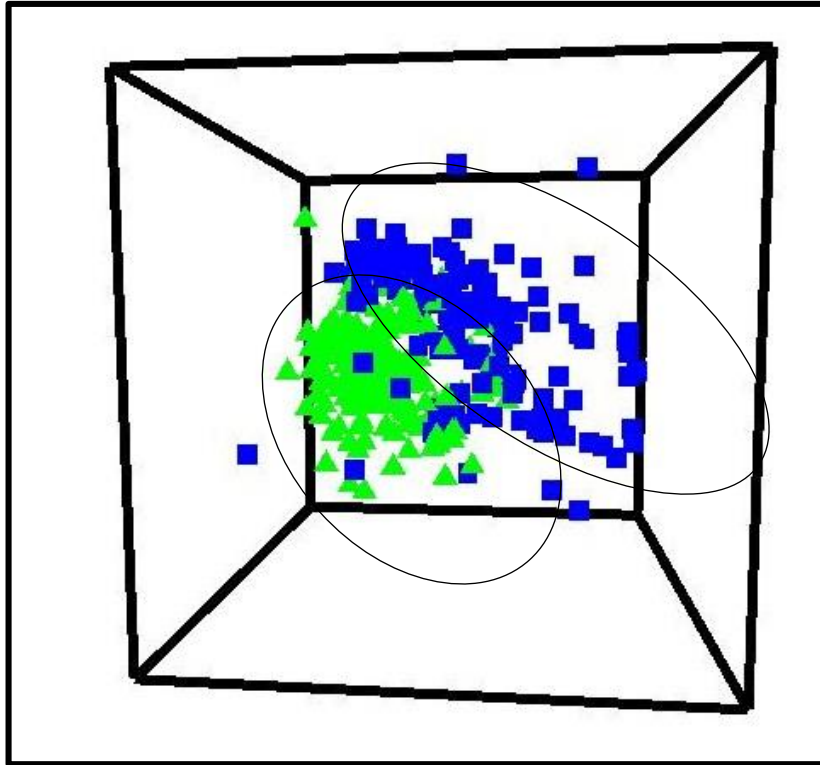
En la figura 7 se puede observar una variación significativa de la abundancia total a escala temporal ( $p < 0.05$ ) en el humedal Petrengo y en los índices comunitarios se presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). También se aprecia que en el mes de Febrero la abundancia es mayor a diferencia de los demás meses, y que la riqueza tiende a ser constante a nivel anual. En el humedal Petrengo, la diversidad de Shannon no presentó una fuerte correlación con la profundidad.

### 4.3. Relación entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los regímenes hídricos



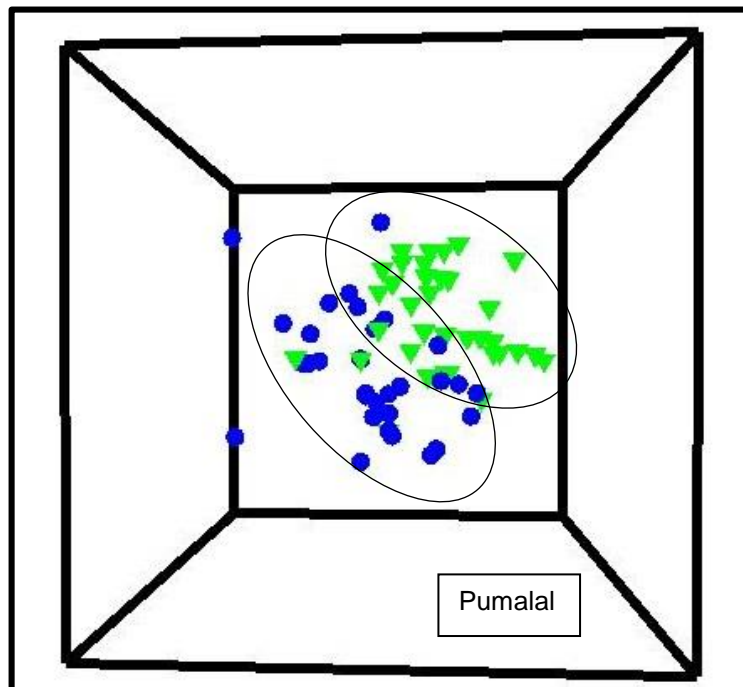
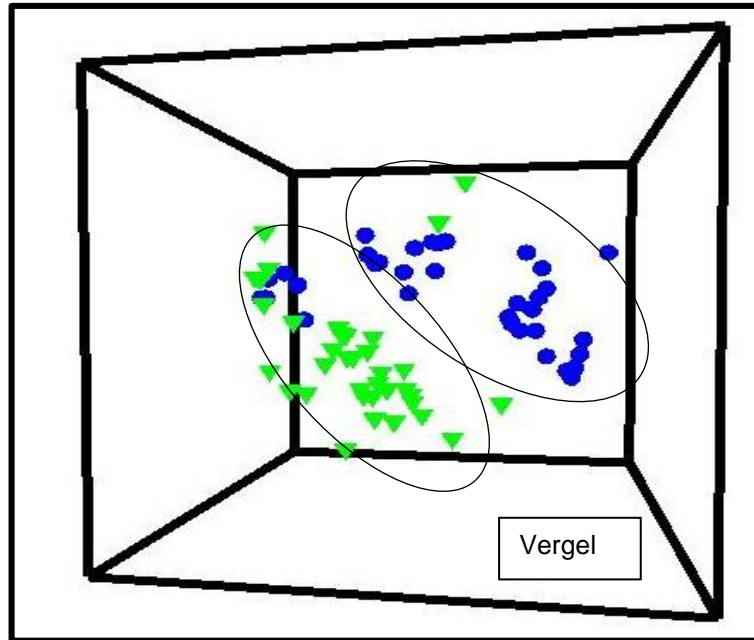
**Figura 8:** Abundancia relativa (%) de los principales grupos de macroinvertebrados bentónicos en los humedales en relación a los regímenes hídricos permanente y temporal.

Podemos observar en la Figura 8, que los taxaChironomidae, Oligoqueta y Crustacea fueron los dominantes en humedales permanentes y temporales representando el 71% y 69% de la abundancia total respectivamente.



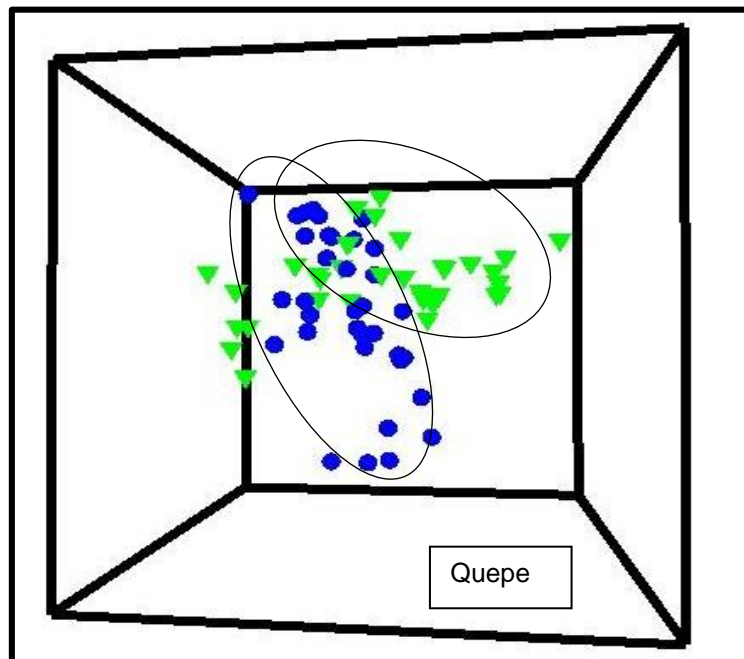
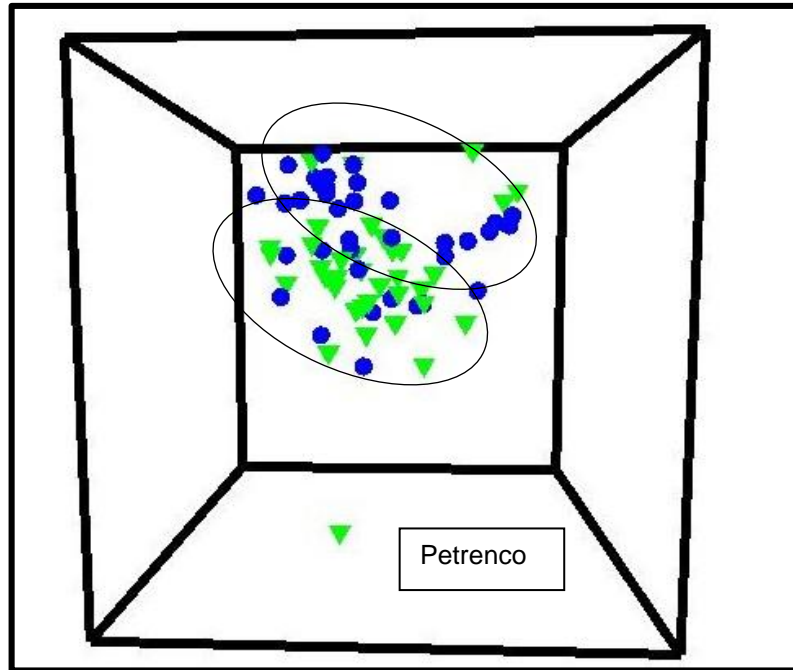
**Figura 9:** Análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) en tres dimensiones de la matriz de macroinvertebrados bentónicos utilizando el régimen hídrico (■ = temporal, ▲ = permanente) como factor.

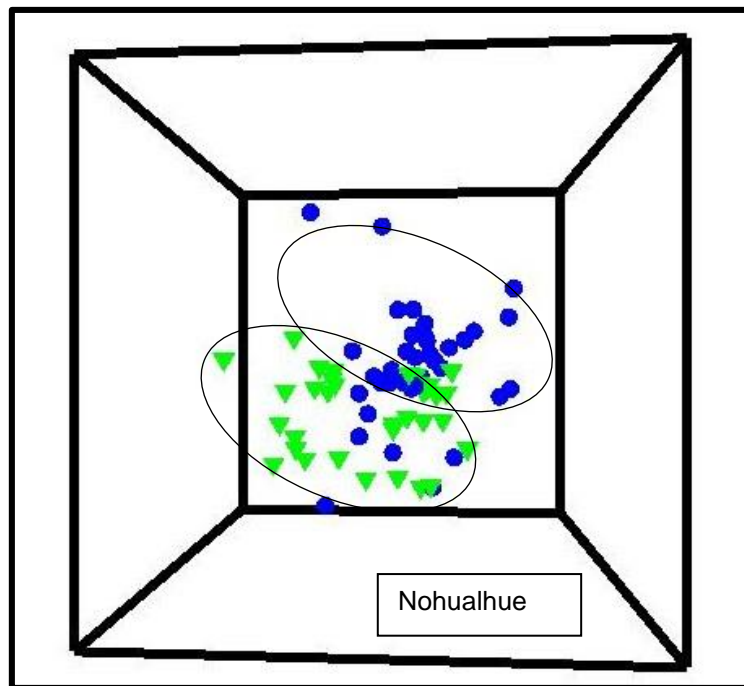
El análisis de NMDS de la matriz biológica mostró la formación de dos grupos claramente definidos según el régimen hídrico de los humedales (Figura 9), los cuales muestran diferencias altamente significativas (ANOSIM Valor R 0.45,  $p = 0.001$ ).



**Figura 10:** Análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) en tres dimensiones de la matriz de macroinvertebrados bentónicos utilizando la época (● = estival, ▼ = invernal) como factor en humedales temporales.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos de humedales temporales mostró la formación de dos grupos asociado a las épocas estival e invernal (Figura 10: Ve, Pu), dichos grupos son significativamente diferentes en ambos humedales (Ve: ANOSIM Valor R 0.33  $p = 0.001$ ; Pu: ANOSIM Valor R 0.32  $p = 0.001$ ). Cuyas diferencias fueron explicadas mayormente por la abundancia de Oligoqueta, Chironomidae y *Hyallela* sp. Específicamente, para el humedal Vergel también fue relevante Limnephilidae, así como Elmidae en Pumalal.





**Figura 11:** Análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) en tres dimensiones de la matriz de macroinvertebrados bentónicos utilizando la época (● = estival, ▼ = invernal) como factor en humedales permanentes.

En humedales permanentes también se observó la misma agrupación y diferencias significativas (Nohualhue: ANOSIM Valor R 0.11,  $p = 0.001$ ; Quepe: ANOSIM Valor R 0.17,  $p = 0.001$ ; Petrengo: ANOSIM Valor R 0.32,  $p = 0.08$ ), aunque no fue tan clara como en humedales temporales pues los sitios tienden a la superposición

(Figura 11: Nohualhue, Quepe, Petrengo). Estas diferencias estuvieron mayormente influidas por los taxa Asellidae, Chironomidae, *Hyallela* sp., *Littoridin* sp. y Oligochaeta.

**Tabla 4:** Análisis de Similaridad porcentual (SIMPER) entre épocas (estival e invernal) y régimen hídrico (permanente =P y temporal =T).

En negrita se presenta la más importante taxa por cada humedal.

	<b>Ve</b>	<b>Pu</b>	<b>No</b>	<b>Que</b>	<b>Pe</b>	<b>P-T</b>
<b>Acari</b>		7.65				3.32
<b>Ancylidae</b>	4.03			4.75	6.48	2.82
<b>Asellidae</b>	4.57		<b>12.14</b>	<b>11.01</b>	<b>18.92</b>	<b>15.8</b>
<b>Chironomidae</b>	<b>7.65</b>	<b>12.37</b>	9.6	<b>11.36</b>	<b>11.54</b>	<b>10.9</b>
<b>Dugesiasp.</b>	5.45					
<b>Elmidae</b>		<b>13.69</b>				3.94
<b>Hyallelasp.</b>	<b>9.88</b>	10.74	<b>13.84</b>	9.52	<b>11.8</b>	<b>10.56</b>
<b>Leptophlebiidae</b>	<b>8.09</b>		3.44			3.73
<b>Limnephilidae</b>			3.15			
<b>Littoridinasp.</b>	4.29		3.79	<b>11.3</b>	7.14	4.61
<b>Neonemurabarros i</b>			5.12			
<b>Oligochaeta</b>	<b>8.44</b>	<b>18.61</b>	<b>8.92</b>	8.77	5.92	<b>8.76</b>
<b>Parastacussp.</b>			3.59			
<b>Smichrideasp.</b>			7.32			3.17

De acuerdo al análisis de SIMPER, podemos observar en la tabla 4 que los taxa que más influyeron en esas diferencias fueron Aeshnidae, Chironomidae, *Hyallelasp.*, y Oligochaeta.

## V. DISCUSIÓN

La presencia continua o temporal del agua y las variaciones en la profundidad de los humedales han sido descritos como los más importantes factores que afectan a la mayoría de las comunidades acuáticas (Tavernini, 2008; Sahuquillo&Miracle, 2010; Correa-Araneda *et al.*, 2012). Las respuestas de las comunidades ante estos cambios son múltiples y varían de acuerdo a su intensidad (Tarret *et al.* 2005). En el presente estudio, todos los humedales presentaron un significativo descenso en la profundidad y volumen del agua en época estival, fenómeno que se asocia en gran parte a la normal disminución de las precipitaciones en época estival (Pizarro *et al.* 2006; Little *et al.*, 2009).

En general, la riqueza taxonómica de macroinvertebrados bentónicos (80 taxa) fue mayor que la registrada en humedales de la zona semiárida (Figueroa *et al.* 2009) y centro-sur de Chile (Villagran-Mella *et al.* 2006), donde se identificaron 42 y 24 respectivamente. Al igual que a lo reportado por Brooks (2000), Della Bella & Mancini (2009) y Bazzanti *et al.* (2010), quienes describieron un total de 63 y 67 taxa (genero/especie) en humedales temporales y permanentes de Italia central y 57 taxa en cinco humedales boscosos temporales de Norteamérica respectivamente. Sin

embargo, esta variable fue menor que humedales de zonas mediterráneas, donde Florencio *et al.* (2009) identificó 123 taxa en 22 humedales temporales de la Reserva Nacional de Doñana - España, esto es explicable por la cantidad de humedales considerados en los respectivos estudios y el esfuerzo en el número de muestreos.

Asimismo, se ha reportado que la riqueza y abundancia es normalmente mayor en humedales permanentes (Brooks 2000, Urban 2004, Serrano & Fahd 2005, Della Bella *et al.* 2005), donde dominan principalmente Dípteros, Amphipodos y Hemipteros (Zimmeret *al.* 2001, Bella & Mancini 2009). Por el contrario, los humedales temporales tienden a estar dominados por larvas de Chironómidos (Nicolet *et al.* 2004).

Los resultados del presente trabajo son concordantes con los anteriormente expuesto, pues los humedales permanentes presentaron una mayor riqueza y abundancia que humedales temporales, aunque Amphipodos y Chironómidos fueron importantes en ambos tipos.

Muchos autores también han destacado que humedales con régimen temporal, presentan taxa exclusivos o que son escasos en ambientes permanentes (e.g. Collinson *et al.* 1995, Boixet *al.* 2001, Della Bella *et al.* 2005, Williams 2006, Cereghino *et al.* 2008). Esto también fue observado

en los humedales estudiados, donde se registraron 13 taxa únicamente en humedales temporales y 17 exclusivos de humedales permanentes. Sin embargo, la mayoría fue común a ambos tipos de ambientes, concordando con estudios realizados en regiones templadas (e.g. Barclay 1966, Jeffries 1989, Collinson *et al.* 1995, Bazzantiet *al.* 2000).

Estos patrones responden al estrés generado por la ausencia de agua o la adaptación de los organismos a las características físicas del ambiente (e.g. temperaturas extremas, bajos niveles de oxígeno disuelto), que generan una importante influencia en la composición comunitaria (Wellborn *et al.* 1996), ante lo cual los organismos deben desarrollar diversas adaptaciones fisiológicas y de comportamiento que les permitan sobrevivir (Williams 2006; Florencio *et al.* 2009). Por el contrario, los humedales permanentes ofrecen un ambiente más estable en comparación a ambientes temporales y que son regulados además por depredadores superiores (e.g. peces; Zimmer *et al.* 2001), que ayudan a mantener mayores umbrales de diversidad (Arnott & Jackson 2006). Implicando la existencia de taxa especialistas, con una mayor movilidad (e.g. isópodos) u otras estrategias para contrarrestar su depredación (Wellborn *et al.* 1996; Williams, 2006). Esto también es reforzado por la presencia de islotes, que dominan estos ambientes, conformados por

raíces adventicias y la materia orgánica vegetal acumulada (Correa-Araneda *et al.* 2012), los cuales otorgan una gran cantidad de microhábitat y aumentan la superficie disponible para la colonización.

Estudios experimentales (Vivian-Smith 1997) y de campo (Koponen *et al.* 2004) indican que estas características morfométricas implican una gran riqueza de especies raras, en comparación con otros tipos de humedales. Lo que es consistente con los resultados del estudio, pues alrededor del 19% de los taxa están escasamente representados, a pesar del alto esfuerzo de muestreo en términos de técnicas y número de muestreos.

También se han observado diferencias estacionales en los humedales boscosos estudiados, aunque estas fueron más importantes en los humedales temporales, donde la fases de inundación y desecación es particularmente relevante (Brooks, 2000). En las fases secas, los invertebrados más característicos son los que habitan enterrados en el sustrato (Gerard, 2001; Jensen *et al.*, 1996), lo que explica que Oligochaeta y Chironomidae fueran importantes en las diferencias estacionales registradas, así como también *Hyallela* sp. que logra sobrevivir en pequeñas charcas aisladas que se mantienen durante la época estival. En humedales boscosos esto es facilitado por la presencia

de vegetación arbórea siempre-verde, que implica una baja penetración de la luz hacia el espejo de agua, la que minimiza la evaporación y permite conservar la humedad del sustrato durante esta época. En humedales permanentes los mismos organismos también fueron relevantes en las diferencias estacionales, lo que indica que estos taxa son fundamentales en los patrones comunitarios de macroinvertebrados bentónicos en ambos tipos de humedales.

Las diferencias estacionales registradas son consecuencia de los cambios que experimentan los hábitats acuáticos, presentando condiciones ambientales óptimas para diferentes grupos de macroinvertebrados (Boulton & Lake, 1992; Boixet *al.*, 2004; Culioliet *al.*, 2006), las que derivan en variaciones en sus estrategias de vida, como su reproducción, alimentación, desarrollo, dispersión, entre otras (Williams, 2006; Verberket *al.*, 2008). Sin embargo, la reducción en la duración del hidroperíodo produce los mayores efectos sobre organismos con ciclos de vida largos, al no poder completar su etapa acuática (Schneider & Frost, 1996; Taylor *et al.*, 1999) y modificar algunas de las variables ambientales claves para su permanencia. Estas diferencias comunitarias, se han reflejado también mediante un incremento significativo en la riqueza y abundancia relativa (Bazzantiet *al.* 1996; Williams 2006), concordante con lo registrado en el

presente estudio, donde humedales temporales presentaron una mayor abundancia y riqueza en época invernal.

La relevancia de los distintos factores que influyen a diferentes escalas sobre la composición de las comunidades acuáticas es aún pobremente entendida. Sin embargo, numerosos autores (e.g., Wellborn *et al.*, 1996; Kiflawiet *al.*, 2003; Bilton *et al.*, 2009) han reportado que gran parte de la variabilidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de humedales depende de la fisicoquímica local. Al respecto, el hidropériodo ha sido ampliamente mencionado como una variable fuertemente relacionada con las dinámicas físicas y químicas (Nicolet *et al.* 2004). En humedales temporales esto es aún más crítico, pues implica que desde el proceso de llenado hasta la desecación experimenten importantes variaciones en dichas variables (Gómez-Rodríguez *et al.*, 2009). Al respecto, estudios como los de Podrabsky *et al.* (1998) y Angélibert *et al.* (2004), reportaron que la mayoría de las variables físicas y químicas de humedales temporales, como el oxígeno disuelto (Escalera-Vazquez & Zambrano, 2010), nitrógeno (Balla and Davis, 1995), pH (Waterkeyn *et al.* 2008), temperatura (Ripley & Simovich, 2009) y conductividad (Williams, 2006; Miserendino & Archangelsky, 2006) fluctuaban estacionalmente, lo que también fue observado en este estudio y puede ser relacionado con

variaciones en la composición y abundancia de macroinvertebrados. Dentro de las variables mencionadas, la profundidad fue detectada como relevante en las diferencias estacionales registradas en la riqueza y abundancia, tanto para humedales temporales como permanentes. Particularmente, en humedales temporales la turbidez y el calcio también aportaron en la variabilidad estacional, mientras que en humedales permanentes el pH, temperatura y nitrato también explicaron las diferencias registradas en la comunidad de macroinvertebrados

No obstante, esta primera aproximación deja de manifiesto la relación entre la disponibilidad de agua y las variables ambientales que en conjunto determinan las comunidades biológicas estudiadas. La alta riqueza de macroinvertebrados registrada en estos ecosistemas, entrega nuevos antecedentes para justificar la necesidad de su conservación, lo que sería aún más relevante si a esto se adhiere la presencia de un importante número de especies raras. También la existencia de taxa adaptados a sobrevivir en ese tipo de ecosistemas y que pueden sustentar fauna de niveles tróficos superiores con un mayor grado de especialización. Igualmente relevante es la morfometría de estos ecosistemas, caracterizada por la presencia de un mosaico de islotes que configuran un ambiente altamente heterogéneo y particularmente distinto

a los demás humedales. Esto ha sido considerado un factor importante tanto para macroinvertebrados bentónicos como para otras comunidades acuáticas, aunque aún no ha sido suficientemente estudiado. En general, los humedales boscosos de Chile aún no han sido considerados en las estrategias o planes de conservación de áreas naturales, pues son prácticamente desconocidos o simplemente no son clasificados como humedales, con un alto riesgo de desaparecer antes de conocer su dinámica funcional.

## VI. CONCLUSIONES

- Los distintos regímenes hídricos influyeron directamente en la composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, la cual presentó claras diferencias entre humedales temporales y permanentes.
- Adicionalmente, las variaciones estacionales de estos organismos se dan de manera más marcada en humedales temporales, disminuyendo su abundancia y riqueza en época estival, lo que está influenciado directamente por las variaciones en la profundidad.
- En la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de humedales permanentes también ocurren estas diferencias a escala temporal, sin embargo, estos cambios son producto del ciclo de desarrollo normal de estos organismos y no dependen directamente de los cambios en el hidroperíodo.
- En Humedales Temporales los grupos que se presentan con una mayor abundancia son Oligochaeta, Chironomidae y *Hyallela* sp. En Humedales Permanentes los grupos que se presentan con mayor

abundancia son Chironomidae, Asellidae y *Hyallela* sp. El Phylum que presenta una mayor distribución en los humedales boscosos es el Arthropoda y el menos abundante es el Nematoda.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir realizando monitoreos permanentes sobre el comportamiento de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos para continuar el estudio de estos ecosistemas de suma importancia, así como realizar estudios sobre las algas, peces y demás biota aún no evaluada. Todo esto apuntando a posteriores evaluaciones y evaluando el efecto del cambio climático en los humedales boscosos del sur de Chile.
- También se recomienda realizar estas evaluaciones en otros humedales como es el caso de los humedales del sur del Perú (e.g. Ite, Lagunas de Mejía).

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ARNOTT S.E. & JACKSON A.B. 2006.** Distribution and potential effects of water beetles in lakes recovering from acidification. *Journal of the North American Benthological Society* 25, 811–824.
2. **BALLA S.A., DAVIS J.A. 1995.** Seasonal variation in the macroinvertebrate fauna of wetlands of differing water regime and nutrient status on the Swan Coastal Plain, Western Australia. *Hydrobiologia* 299: 147–161.
3. **BARCLAY M.H. 1966.** An ecological study of a temporary pond near Auckland, New Zealand. *Australian Journal of Marine and Freshwater Resources* 17, 239–258.
4. **BARRY R.G., CHORLEY R.J. 1985.** *Atmósfera, tiempo y clima* (Atmosphere, weather and climate). 4<sup>o</sup> Edition. Editorial Omega S.A. Barcelona. p. 489.

5. **BAZZANTI M., BALDONI S., SEMINARA M. 1996.**Invertebrate macrofauna of a temporary pond in Central Italy: composition, community parameters and temporal succession. Arch Hydrobiol 137:77–94.
6. **BAZZANTI M., COCCIA C., DOWGIALLO M.G. 2010.** Microdistribution of macroinvertebrates in a temporary pond of Central Italy: Taxonomic and functional analyses.
7. **BAZZANTI M., SEMINARA M., BALDONI S. 1997.** Chironomids (Diptera: Chironomidae) from three temporary ponds of different wet phase duration in central Italy. Journal of Freshwater Ecology 12:89–99.
8. **BAZZANTI M., SEMINARA M., BALDONI S., STELLA A. 2000.** Macroinvertebrates and environmental factors of some temporary and permanent ponds in Italy. Verh. Internat. Verein. Limnol. 27, 936–941.

9. **BENEDETTO L. 1974.** Clave para la determinación de los Plecópteros sudamericanos. *Studies Neotropical Fauna and Environment* 9: 141-170.
  
10. **BILTON D.T., MCABENDROTH L.C., NICOLET P., BEDFORD A., RUNDLE S.D., FOGGO A., RAMSAY P.M. 2009.** Ecology and conservation status of temporary and fluctuating ponds in two areas of southern England. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19, 134–146.
  
11. **BOIX D., SALA J., MORENO-AMICH R. 2001.** The faunal composition of Espolla pond (NE Iberian Peninsula): the neglected biodiversity of temporary waters. *Wetlands*, 21: 577-592.
  
12. **BOIX D., SALA J., QUINTANA X. D., MORENO-AMICHI R. 2004.** Succession of the animal community in a Mediterranean temporary pond. *Journal of the North American Benthological Society* 23: 29–49.

13. **BOULTON A. J., LAKE P. S. 1992.** The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. II. Comparisons of faunal composition between habitats, rivers and years. *Freshwater Biology* 27: 99–121.
14. **BROOKS RT. 2000.** Annual and seasonal variation and the effects of hydroperiod on benthic macroinvertebrates of seasonal forest (“vernal”) ponds in central Massachusetts. *Wetlands*. 20:707–715.
15. **BROWDER J.A., BLACK A.S., BROWN M., NEWMAN M., COTTRELL D., BLACK D., POPE R., POPE P. 1981.** Perspectives on the ecological causes and effects of the variable algal composition of Southern Evergladesperiphyton. South Florida Research Center, Homestead, Florida Report T-643.
16. **BRUNO M.C., LOFTUS W.F., REID J.R., PERRY S.A. 2001.** Diapause in copepods (Crustacea) from ephemeral habitats with different hydroperiods in Everglades National Park (Florida, U.S.A.) *Hydrobiologia* 453/454, 295–308.

17. **CAAMAÑO M. 1985.** Taxonomía de las ninfas terminales de Plecóptera (Insecta) en tres ritronespreandinos de Riñihue, X región, Chile. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 146 pp.
18. **CEREGHINO R., J. BIGGS, OERTLI B., DECLERCK S. 2008.** The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia*, 597: 1-6.
19. **CLARKE K.R., AINSWORTH M. 1993.** A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Mar EcolProgSer* 92, 205-219.
20. **CLARKE K.R., GREEN R.H. 1988.** Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. *Mar EcolProgSer* 46, 213-226.
21. **CLARKE K.R., WARWICK R.M., 2001.** Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, UK. 172 pp.
22. **CLARKE K.R., GORLEY, R.N., 2006.** PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd: Plymouth, UK. p. 192.

23. **COLE C.A., BROOKS R.P., 2000.** A comparison of the hydrologic characteristics of natural and created mainstem floodplain wetlands in Pennsylvania. *Ecol. Eng.* 14, 221–231.
24. **COLE C.A., BROOKS R.P., WARDROP D.H., 1997.** Wetland hydrology and water quality as a function of hydrogeomorphic subclass. *Wetlands* 17, 456–467.
25. **COLE C.A., URBAN P.R., MURRAY J., HOYTE D., BROOKS R.P., 2006.** Comparison of the long-term water levels of created and natural reference wetlands in northern New York, USA. *Ecological Engineering* 27, 166–172.
26. **COLE G.A., 1979.** *Textbook of Limnology*. 2d ed. Mosby, St. Louis. p. 426.
27. **COLLINSON N. H., BIGGS J., CORFIELD A., HODSON M. J., WALKER D., WHITFIELD M., WILLIAMS P. J. 1995.** Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation* 74:125–133.

**28. CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA (CHS). 2008.**

Restauración de Riberas: Manual para la restauración Riberas en la cuenca del río Segura, Murcia, España. p 227.

**29. CORREA-ARANEDA F., URRUTIA J., FIGUEROA R. 2011.**

Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 84, 325-340.

**30. CORREA-ARANEDA F., URRUTIA J., SOTO-MORA Y.,**

**FIGUEROA R., HAUENSTEIN E., 2012.** Effects of the hydroperiod on the vegetative and community structure of freshwater forested wetlands, Chile. Journal of Freshwater Ecology 1, 1-12.

**31. CULIOLI J.L., FOATA J., MORI C., ORSINI A., MARCHAND B.**

**2006.** Temporal succession of the macroinvertebrate fauna in a Corsican temporary pond. Vieet Milieu-Life Environ. 56,215–221.

**32. DELLA BELLA V., MANCINI L., 2009.**

Freshwater diatom and macroinvertebrate diversity of coastal permanent ponds along a gradient of human impact (site degradation) in a Mediterranean eco-region. Hydrobiologia 634: 25–41.

33. **DELLA BELLA V., BAZZANTI M. & CHIAROTTI F., 2005.** Macroinvertebrate diversity and conservation status of Mediterranean ponds in Italy: water permanence and mesohabitat influence. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 15: 583–600.
34. **DI CASTRI F., HAJEK E., 1976.** Bioclimatología de Chile. Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 128 pp.
35. **DOMÍNGUEZ E., PESCADOR M.L., HUBBARD M.D., MOLINERI C. & NIETO C., 2006.** Ephemeroptera of South America. In Adis, J., J.R. Arias, G. Rueda-Delgado & K.M. Wantzen (eds), *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*. Vol.2. Pensoft, Sofía-Moscow. pp 646.
36. **DOMÍNGUEZ E. & FERNÁNDEZ H. R. (EDS). 2009.** Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

37. **DUBERSTEIN J.A. & CONNER W.H. 2009.** Use of hummocks and hollows by trees in tidal freshwater forested wetlands along the Savannah River. *Forest Ecology and Management* 258: 1613-1618.
38. **ESCALERA-VAZQUEZ L.H., ZAMBRANO L., 2010.** The effect of seasonal variation in abiotic factors on fish community structure in temporary and permanent pools in a tropical wetland. *Freshwater Biology* 55, 2557–2569.
39. **FERREIRA C.S., PIEDADE M.T.F., FRANCO A.C., CARVALHO GONCALVES J.F., JUNK W.J. 2009.** Adaptive strategies to tolerate prolonged flooding in seedlings of floodplain and upland populations of *Himatanthussucuuba*, a Central Amazon tree. *Aquatic Botany*. 90:246–252.
40. **FERREIRA C.S., PIEDADE M.T.F, JUNK W.J., PAROLIN P. 2007.** Floodplain and upland populations of Amazonian *Himatanthussucuuba*: effects of flooding on germination, seedling growth and mortality. *Environmental and Experimental Botany*. 60:477–483.

41. **FIGUEROA R., SUÁREZ M.L., ANDREU A., RUIZ V.H. & VIDAL-ABARCA M.R. 2009.** Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile Central. *Gayana* 73: 76-94.
42. **FLORENCIO M., SERRANO L., GOMEZ- RODRIGUEZ C., MILLAN A., DIAZ - PANIAGUA C. 2009.** Inter and intra-annual variations of macroinvertebrate assemblages are related to the hydroperiod in Mediterranean temporary ponds. *Hydrobiologia* 634:167–183.
43. **FRISCH D., MORENO - OSTOS E., & GREEN A. J. 2006.** Species richness and distribution of copepods and cladocerans and their relation to hydroperiod and other environmental variables in Doñana, South–West Spain. *Hydrobiologia*, 556, 327–340.
44. **FRITSCH F.E., 1922.** The terrestrial alga. *J. Ecol.* 10, 220–236.
45. **GARMENDIA E., MARIELC P., TAMAYO I., AIZPURU I., ZABALETA A., 2012.** Assessing the effect of alternative land uses in the provision of water resources: Evidence and policy implications from southern Europe. *Land Use Policy* 29, 761– 770.

46. **GERARD C., 2001.** Consequences of a drought on freshwater gastropod and trematode communities. *Hydrobiologia* 459, 9e18.
47. **GÓMEZ - RODRÍGUEZ C., DÍAZ - PANIAGUA C., SERRANO L., FLORENCIO M., PORTHEAULT A. 2009.** Mediterranean temporary ponds as amphibian breeding habitats: the importance of preserving pond network. *AquatEcol* 43:1179–1191.
48. **GONZÁLEZ E. 2003.** The freshwater amphipods *Hyalella* Smith, 1874 in Chile (Crustacea: Amphipoda). *Revista Chilena de Historia Natural* 76(4):623-637.
49. **GUNDERSON L.H. 1994.** Vegetation of the Everglades: determinants of community composition. In: Davis, S.M., Ogden, J.C. (Eds.), *Everglades: the Ecosystem and its Restoration*. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida, USA, pp. 323–340.
50. **JENSEN K.T., LATAMA G., MOURITSEN K.N. 1996.** The effect of larval trematodes on the survival rates of two species of mud snails (Hydrobiidae) experimentally exposed to desiccation, freezing and anoxia. *Helgol. Meeresunters.* 50, 327-335.

51. **KIFLAWI M., EITAM A., BLAUSTEIN L., 2003.** The relative impact of local and regional processes on macro-invertebrate species richness in temporary ponds. *Journal of Animal Ecology* 72, 447–452.
52. **KOPONEN P., NYGREN P., SABATIER D., ROUSTEAU A. & SAUR E. 2004.** Tree species diversity and forest structure in relation to microtopography in a tropical freshwater swamp forest in French Guiana. *Plant Ecology* 173: 17-32.
53. **LARA A., LITTLE C., URRUTIA R., MCPHEE J., ÁLVAREZ-GARRETÓN C., OYARZÚN C., SOTO D., DONOSO P., NAHUELHUAL L., PINO M., ARISMENDI I. 2009.** Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forest in Chile. *Forest Ecology and Management* 258, 415–424.
54. **LITTLE C., LARA A., MCPHEE J., URRUTIA R., 2009.** Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology* 374, 162–170.

55. **LITTLE C., LARA A., MCPHEE J., URRUTIA R., 2009.** Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology* 374, 162–170.
56. **MCLELLAN I., MERCADO M. & ELLIOTT S. 2005.** A new species of *Notoperla* (Plecoptera: Gripopterygidae) from Chile. *Illiesia* 1: 33–39.
57. **MISERENDINO M.L., ARCHANGELSKY M., 2006.** Aquatic Coleoptera distribution and environmental relationships in a large Patagonian river. *International Review in Hydrobiology* 91, 423–437.
58. **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1995.** Wetlands, Characteristics and Boundaries. National Academy Press, Washington, DC, p. 307.
59. **NICOLET P., BIGGS J., HODSON M.J., REYNOLDS C., WHITFIELD, M., WILLIAMS P. 2004.** The wetland plant and

macroinvertebrate assemblages of temporary pond in England and Wales. *Biological Conservation* 120, 261–278.

60. **OLIVEIRA - WITTMANN A., PIEDADE M.T.F., WITTMANN F., SCHÖNGART J., PAROLIN P. 2007.** Patterns of structure and seedling diversity along a flooding and successional gradient in Amazonian floodplain forests. *Pesquisas Botânica*. 58:119–138.

61. **PIZARRO R., ARAYA S., JORDAN C., FARÍAS C., FLORES J., BRO P. 2006.** The effects of changes in vegetative cover on river flows in the Purapel river basin of central Chile. *Journal of Hydrology* 327 (1–2), 249–257.

62. **PODRABSKY J.E., HRBEK T., HAND S.C. 1998.** Physical and chemical characteristics of ephemeral pond habitats in the Maracaibo basin and Llanos region of Venezuela. *Hydrobiologia* 362, 67–77.

63. **RAMSEYER U. & MARCHESI M. 2009.** Leaf litter of *Erythrina crista-galli* L. (ceibo): trophic and substratum resources for benthic

invertebrates in a secondary channel of the Middle Paraná River.  
*Limnetica* 28(1): 1-10.

64. **RIPLEY B. J. & SIMOVICH M. A. 2009.** Species richness on islands in time: variation in ephemeralpond crustacean communities in relation to habitat duration and size. *Hydrobiologia*, 617: 181-196.

65. **ROSENBERG D.M., RESH V.H. 1993.** Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, 488 pp.

66. **ROWE C. L. AND DUNSON W. A. 1995.** Impacts of hydroperiod on growth and survival of larval amphibians in temporary ponds of central Pennsylvania, USA. *Oecologia* 102:397–403.

67. **SABATER F., GUASH H., MARTÍ E., ARMENGOL J. & SABATER S. 1995.** The Ter: a Mediterranean river case-study in Spain. In: *River and stream ecosystems. Ecosystems of the world 22*. C.E. Cushing, K. W. Cummins & G. W. Minshall (eds): 419-438. Elsevier Science B.V., Amsterdam.

68. **SAHUQUILLO M., MIRACLE M.R. 2010.** Crustacean and rotifer seasonality in a Mediterranean temporary pond with high biodiversity (Lavajo de Abajo de Sinarcas, Eastern Spain). *Limnetica*. 29:75–92.
69. **SCHNEIDER D.W., FROST T.M., 1996.** Habitat duration and community structure in temporary ponds. *Journal of the North American Benthological Society* 15, 64–86.
70. **SERRANO, L. & K. FAHD. 2005.** Zooplankton communities across a hydroperiod gradient of temporary ponds in the Doñana National Park (SW Spain). *Wetlands*, 25(1): 101-111.
71. **SHREWSBURY. JEFFRIES, M.J., 1989.** Measuring Talling's 'element of chance in pond populations'. *Freshwater Biology* 21: 383–393.
72. **SPENCER M.S., BLAUSTEIN L., SCHWARTZ S. S. AND COHEN J. E. 1999.** Species richness and the proportion of predatory animal species in temporary freshwater pools: relationships with habitat size and permanence. *Ecology Letters* 2: 157–166.

73. **TALLING J. F. 2003.** Phytoplankton-zooplankton seasonal timing and the “clear-water phase” in some English lakes. *Freshwater Biology*, 48, 39–52.
74. **TARR T.L., BABER M.J., BABBITT K.J. 2005.** Macroinvertebrate community structure across a wetland hydroperiod gradient in southern New Hampshire, Usa. *Wetlands Ecology and Management* 13: 321-334.
75. **TAVERNINI S. 2008.** Seasonal and inter-annual zooplankton dynamics in temporary pools with different hydroperiods. *Limnologica* 38, 63-75.
76. **TAVERNINI S., MURA G., ROSSETTI G. 2005.** Factors influencing the seasonal phenology and composition of zooplankton communities in mountain temporary pools. *International Review of Hydrobiology*, 90, 358–375.
77. **TAYLOR B.E., LEEPER D.A., MCCLURE M.A., DEBIASE A.E. 1999.** Carolina bays: ecology of aquatic invertebrates and perspectives on conservation. In: Batzer D, Rader RB, Wissinger SA

(eds) Invertebrates in freshwater wetlands of North America. Wiley, New York, pp 167–196.

78. **TOWNSEND P. A., 2001.** Relationships between vegetation patterns and hydroperiod on the Roanoke River floodplains, North Carolina. *Plant Ecology* 156: 43–58.

79. **URBAN M.C. 2004.** Disturbance heterogeneity determines freshwater metacommunity structure. *Ecology* 85:2971–2978.

80. **VERBERK W. C. E. P., SIEPEL H., ESSELINK H., 2008.** Life history strategies in freshwater macroinvertebrates. *Freshwater Biology* 53: 1722–1738.

81. **VILLAGRÁN-MELLA R., AGUAYO M., PARRA L., GONZÁLEZ A. 2006.** Relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 195-211.

82. **VIVIAN-SMITH G. 1997.** Microtopographic heterogeneity and floristic diversity in experimental wetland communities. *Journal of Ecology* 85: 71-82.
83. **WARD A. & TRIMBLE S. 2004.** Environmental hydrology. United States of America. Lewis Publishers. 475 p.
84. **WARTON D.I., WRIGHT T.W., WANG Y. 2012.** Distance-based multivariate analyses confound location and dispersion effects. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 89–101.
85. **WATERKEYN A., GRILLAS P., VANSCHOENWINKEL B., BRENDONCK L. 2008.** Invertebrate community patterns in Mediterranean temporary wetlands along hydroperiod and salinity gradients. *Freshwater Biology* 53: 1808–1822.
86. **WELLBORN G. A., SKELLY D. K., WERNER E. E. 1996.** Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 27, 337–363.

87. **WILLIAMS D.D. 2006.** The biology of temporary waters. Oxford University Press, Oxford.

88. **ZIMMER K.D., HANSON M.A., BUTLER M.G., DUFFY W.G. 2001.**  
Size distribution of aquatic invertebrates in two prairie wetlands, with and without fish, with implications for community production. Freshwat. Biol. 46, 1373-1386.

## IX. ANEXOS



Figura 12: Zona de muestreo – Humedal Quepe



Figura 13: Zona de muestreo – Humedal Pumalal



Figura 14: Zona de muestreo – Humedal Nohualhue



Figura 15: Zona de muestreo – Humedal El Vergel



Figura 16: Zona de muestreo – Humedal Petrengo

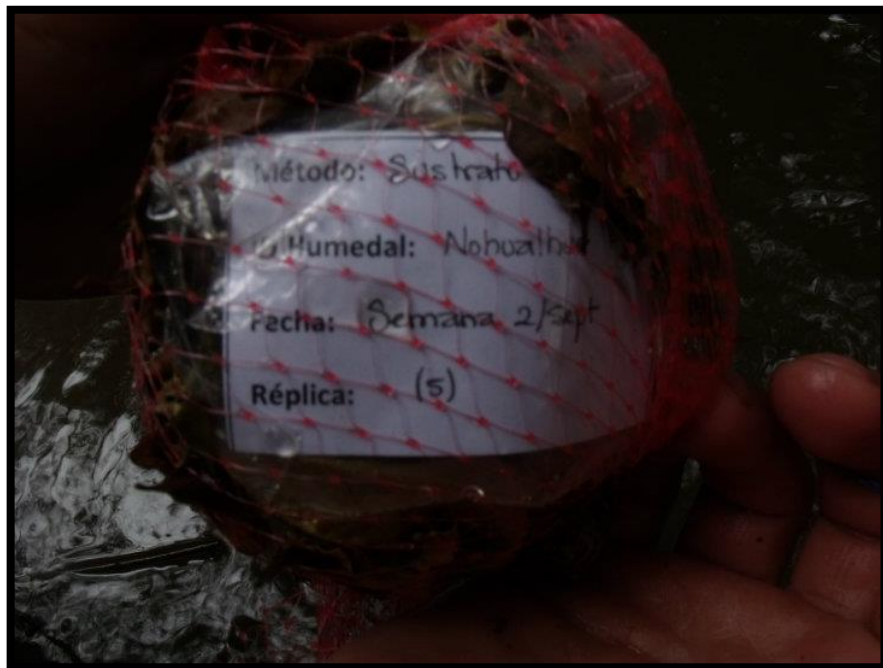


Figura 17: Método de muestreo – Sustrato artificial



Figura 18: Método de muestreo – Core



Figura 19: Método de muestreo – Red de mano

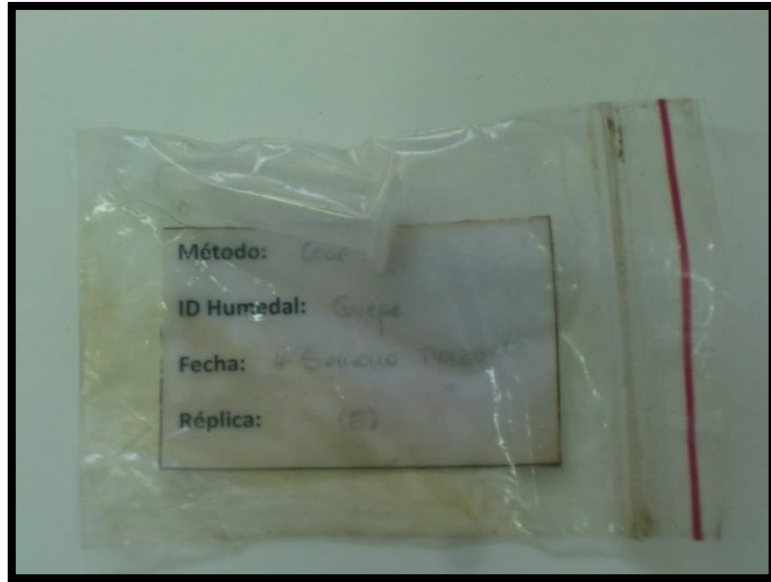


Figura 20: Registro de muestras



Figura 21: Lavado de muestras



Figura 22: Placa Petri con la muestra lavada



Figura 23: Vista con lupa binocular



Figura 24: Vista con lupa binocular con mayor aumento



Figura 25: Vista con lupa binocular para la búsqueda de los macroinvertebrados bentónicos



Figura 26: Familia Libellulidae



Figura 27: Clase Oligochaeta



Figura 28: Familia Ancyliidae



Figura29: Género Littoridina



Figura 30: Género *Dugesia*



Figura 31: Género *Hyallela*



Figura 32: Familia Coenagrionidae



Figura 33: Familia Chironomidae



Figura 34: Familia Chironomidae



Figura 35: Género Prosialis



Figura 36: Familia Leptoceridae



Figura 37: Género Parastacus



Figura 38: Adulto de Hymenoptera



Figura 39: Pupa díptero



Figura 40: Familia Aeshnidae



Figura 41: Familia Pyralidae

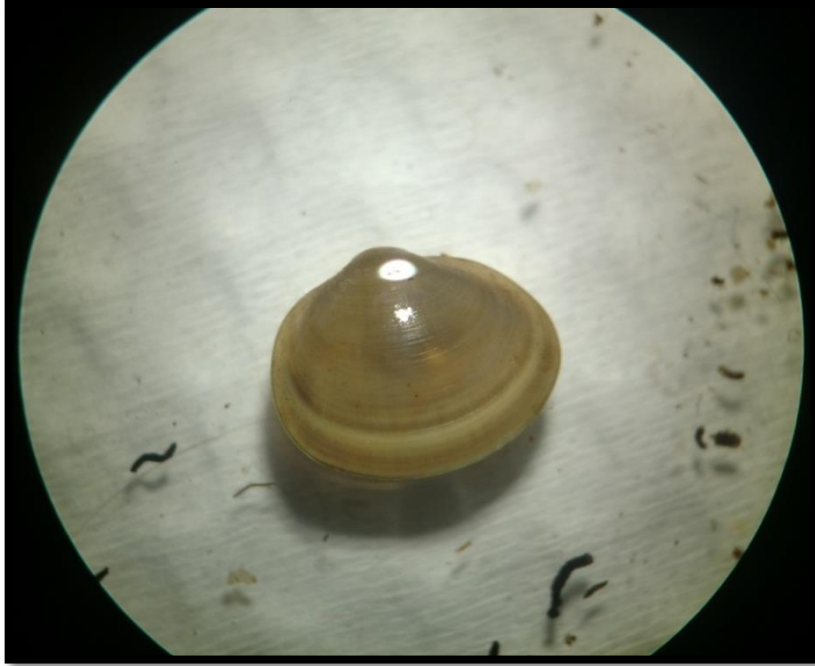


Figura 42: Familia Sphaeriidae



Figura 43: Orden Collembola



Figura 44: Sub Phylum Quelicerata



Figura 45: Orden Plecoptera

---

Jimmy Christian QuinayaGutierrez  
Tesista

---

Dr. Pablo Franco León  
Asesor