

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO**

MEMORIA DE TÍTULO

**ESTABLECER LAS BASES PARA UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA
CALIDAD DE AGUADAS DEL PARQUE NACIONAL LLANOS DE CHALLE,
UTILIZANDO LAS COMUNIDADES ACUÁTICAS COMO BIOINDICADORES**

CLAUDIA ALEJANDRA ITURRA MEDINA

**SANTIAGO, CHILE
2011**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO**

MEMORIA DE TÍTULO

**ESTABLECER LAS BASES PARA UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA
CALIDAD DE AGUADAS DEL PARQUE NACIONAL LLANOS DE CHALLE,
UTILIZANDO LAS COMUNIDADES ACUÁTICAS COMO BIOINDICADORES**

**ESTABLISHING THE BASIS FOR A MONITORING SYSTEM OF THE
NATIONAL PARK LLANOS DE CHALLE SPRING SEEPAGES QUALITY USING
AQUATIC COMMUNITIES AS BIOINDICATORS**

CLAUDIA ALEJANDRA ITURRA MEDINA

**SANTIAGO, CHILE
2011**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**ESTABLECER LAS BASES PARA UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA
CALIDAD DE AGUADAS DEL PARQUE NACIONAL LLANOS DE CHALLE,
UTILIZANDO LAS COMUNIDADES ACUÁTICAS COMO BIOINDICADORES**

Memoria para optar al Título Profesional de
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

CLAUDIA ALEJANDRA ITURRA MEDINA

Profesora Guía	Calificaciones
Sra. Matilde López M. Profesora de Biología y Ciencias, M. Sc., Dr.	7,0
Profesores Evaluadores	
Sr. Luis González F. Ingeniero Agrónomo	7,0
Sr. Marcos Mora G. Ingeniero Agrónomo, Dr.	7,0
Colaborador	
Sr. Rodrigo Fuster G. Ingeniero Agrónomo, M. Sc.	

Santiago, Chile
2011

A mis padres. Por sus enseñanzas, soporte y amor entregado.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, quisiera agradecer a la vida por darme la posibilidad de tener unos padres y hermanos maravillosos. Abel Iturra y Carmen Medina gracias por todo.

A mi querida profesora Matilde López que estuvo a mi lado en todo este enriquecedor proceso. Gracias por sus conocimientos, consejos y tiempo entregado.

Al Profesor Luis González, por darme la posibilidad de realizar este interesante tema. Además agradezco su tiempo y colaboración.

A Oscar Fernández, por su experiencia y ayuda en el análisis de laboratorio, muchas gracias.

A CONAF y sus guardaparques en Llanos de Challe, por su cooperación en la estadía y campañas de terreno.

A mis amigos de la Universidad: Viviana, Carol, Lisette, Macarena, Nancy, Ernesto, Juan y Christian, por ser parte de mi formación profesional y personal.

A Claudio González por incentivar me y apoyarme en cada momento de la elaboración de mi memoria. Muchas gracias amor.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivo General	4
Objetivo Específicos.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
Antecedentes sobre el Parque Nacional Llanos de Challe (PNLLCH).....	5
Ubicación y Superficie	5
Clima y Topografía	5
Vegetación y Fauna.....	6
Hidrografía.....	7
Bioindicadores.....	8
Fitobentos como bioindicadores.....	8
Macrozoobentos como bioindicadores	9
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Área de Estudio	10
Materiales.....	11
Métodos.....	12
Análisis Físicoquímico	12
Análisis Biológico	13
Análisis de Fitobentos	13
Análisis de Macrozoobentos.....	16
RESULTADOS	21
Descripción de las aguadas muestreadas.....	21
Calidad de las aguadas según análisis físicoquímico	22
Calidad de las aguadas según análisis biológico	24
Calidad de las aguadas según análisis del fitobentos	24
Calidad de las aguadas según análisis de los macrozoobentos.....	29
Calidad de las aguadas según su uso.....	30
DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	34
LITERATURA CITADA	36
ANEXO I	41
Aguada Fundición	41
ANEXO II	42
Aguada Challes 1.....	42
ANEXO III	43
Aguada Challes 2.....	43
ANEXO IV	44
Guanaco en Challes 1 y Challes 2.....	44
ANEXO V	45
Aguada Administración.....	45

ANEXO VI..... 46
 Aguada Puesto 1 46
ANEXO VII..... 47
 Aguada La Higuera..... 47
ANEXO VIII 48
 Aguada Hualtatas 48
ANEXO IX..... 49
ANEXO X..... 51

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Valores máximos y mínimos en cuanto a concentraciones o rangos.	13
Cuadro 2. Valores de sensibilidad asignados para cada taxón.	14
Cuadro 3. Valores de variabilidad asignados para cada taxón.	15
Cuadro 4. Clasificación de la calidad de las aguas adoptadas según el índice IDG.	15
Cuadro 5. Valores de tolerancia a la contaminación según taxón.	17
Cuadro 6. Familias de macrozoobentos según su tolerancia a la contaminación.	18
Cuadro 7. Average Score Per Taxa (ASPT), clases de condición de sitio.	19
Cuadro 8. Puntajes IBF para familias de macrozoobentos.	19
Cuadro 9. IBF, calidad de las aguas.	20
Cuadro 10. Nombre de aguadas analizadas y su ubicación geográfica.	21
Cuadro 11. Análisis de variables para estacionalidad húmeda.	23
Cuadro 12. Análisis de variables para estacionalidad seca.	23
Cuadro 13. Individuos identificados en cada aguada según su división taxonómica.	25
Cuadro 14. Diatomeas colectadas durante estacionalidad húmeda y seca en cada aguada.	25
Cuadro 15. Resultados de IDG para fitobentos según periodo de muestreo.	26
Cuadro 16. Diversidad y riqueza de especies identificadas durante estacionalidad húmeda.	27
Cuadro 17. Diversidad y riqueza de especies identificadas durante estacionalidad seca.	28
Cuadro 18. Macrozoobentos registrados durante estacionalidad húmeda y seca.	29
Cuadro 19. Resultados de los índices para macrozoobentos según estacionalidad.	30
Cuadro 20. Muestreo de fitobentos para la estacionalidad húmeda.	49

Cuadro 21.	Muestreo de fitobentos para la estacionalidad seca.	50
Cuadro 22.	Preferencia por aguadas en relación a la cantidad de defecaderos a su alrededor.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1.	Parque Nacional Llanos de Challe.	10
Figura 2.	Aguadas en estudio Parque Nacional Llanos de Challe.	11

RESUMEN

La calidad del agua en Chile por largo tiempo ha sido catalogada mediante el uso de variables fisicoquímicas como: Conductividad eléctrica, Sólidos disueltos, Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, nutrientes, entre otras. Actualmente a estas variables se han incorporado las biológicas (comunidades acuáticas) como bioindicadores, debido a que permiten representar los eventos continuos que ocurren en el recurso hídrico.

En esta memoria se analizaron variables fisicoquímicas y biológicas de siete aguadas del Parque Nacional Llanos de Challe, con el fin de obtener la calidad ambiental que posee cada una de ellas. Puesto que son utilizadas por la comunidad más grande de *Lama guanicoe* (guanacos) que se desarrolla en la zona norte del país.

Para este análisis, se utilizaron los rangos entregados por la guía CONAMA (2005) en el caso de las variables fisicoquímicas, y cinco índices biológicos para el caso de las variables biológicas. La diversidad de índices utilizados en el análisis biológico permite dar soporte a los resultados obtenidos, ya que tanto los índices utilizados para el análisis de fitobentos como para el análisis de macrozoobentos son categóricos. El resultado obtenido señala que la calidad de las aguadas no es óptima para el uso animal, puesto que los valores corresponden de regular a mala, disminuyendo su calidad durante la estacionalidad seca.

El uso de bioindicadores para catalogar la calidad del agua es de gran utilidad, puesto que su aplicación es simple, económica y posibilita conocer el estado ecológico del recurso hídrico. La única dificultad es que se debe contar con la experiencia para identificar los correspondientes taxa a los que pertenecen los individuos del fitobentos y macrozoobentos.

Palabras claves: *Lama guanicoe*, bioindicadores, fitobentos, macrozoobentos, estado ecológico.

SUMMARY

Water quality in Chile has been classified through the use of physical and chemical variables such as: Electric conductivity, Dissolved solids, Temperature, pH, Solved oxygen, Nutrients, among others. Currently these variables have been incorporated with biological ones (aquatic communities) as bioindicators due to they allow to represent the constant events occurring in the hydric resource.

In this thesis physical, chemical and biological variables were analyzed from seven spring seepages in Llanos de Chile National park, in order to obtain the environmental quality in each one of them, since they are used by the largest community of *Lama Guanicoe* (guanacos) settled in the northern area of Chile.

For this analysis we use the range given by the CONAMA booklet (2005) when dealing with physicochemical variables and five biological index in case of the biological variables. The diversity of the ranges used in the biological analysis gives support to the obtained results, as both ranges used for the analysis of phytobenthos and those used for macrozoobenthos analysis are categorical. The result indicates that the quality of the water sources are not optimal for animal use, since the values go from fair to poor, reducing its quality during dry seasons.

The use of bioindicators in order to classify the water quality is extremely useful because its application is simple, economical and makes possible to know the ecological status of water resources. The only difficulty is that you must have the relevant experience to identify the taxa to which the subjects in the phytobenthos and macrozoobenthos belong.

Keys word: *Lama guanicoe*, bioindicators, phytobenthos, macrozoobenthos, ecological status.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Llanos de Challes se ubica en Huasco, Región de Atacama, en un ecosistema desértico, cuyas limitantes más importantes para la generación, desarrollo y sustentabilidad de la vida es el déficit hídrico extremo, el que se refleja en un balance deficitario entre los aportes naturales de agua de lluvia y la evapotranspiración natural (Gastó *et al.*, 1993).

Entre las características que posee el medio desértico, juega un rol relevante el relieve y la alta salinidad de los suelos. Estos se imbrican y provocan la inexistencia de escurrimiento superficial, por lo que las aguadas adquieren importancia debido a que son afloramientos de aguas subterráneas (INE, 2006).

Dentro del Parque Llanos de Challes las aguadas no solo disminuyen el estrés hídrico para la flora, sino que también para la fauna que interactúa y se abastece de ellos, aumentando la diversidad de vida dentro de este tipo de ecosistemas. Dado que las aguadas son lugares poco comunes y restringidos en superficie se les clasifica como “azonales”, ya que las condiciones que allí se dan no son propias del ecosistema dominante (Gajardo, 1993).

El parque resguarda a varias especies con problemas de conservación, entre ellas está el guanaco (*Lama guanicoe*), que se encuentra en peligro de extinción (CONAF, 2011). Según Chiappe y Fuentes (2009), este camélido utiliza las aguadas, por lo tanto se hace necesario tener conocimiento de la composición y calidad de sus aguas.

En vista que se desconoce la calidad de las aguadas del Parque y la calidad del agua es un concepto subjetivo, complejo de definir, es necesario anteponer un uso predominante, puesto que lo que es excelente para un uso puede no serlo para otro (Hellowell, 1978). En este sentido la calidad de las aguadas tiene directa relación con el uso que el guanaco le da a este recurso.

En Chile la calidad del agua se ha caracterizado por el análisis de variables fisicoquímicas según las normativas vigentes. En la actualidad se han ido incorporando variables biológicas como las comunidades acuáticas, puesto que utilizar únicamente las variables fisicoquímicas entrega resultados que son discontinuos del ecosistema en el tiempo y la integración de variables biológicas permite representar los eventos continuos que ocurren en el cuerpo del agua (Rosenberg, 1998).

El ecosistema acuático mantiene una amplia diversidad de organismos, tanto vegetales como animales, que responden a distintas variables fisicoquímicas, por lo que en su conjunto van presentando una estructura diferente en función de los valores de éstas variables (Marambio, 2001; Figueroa *et al.*, 2003), por consiguiente resulta conveniente

determinar la calidad de las aguadas utilizando a las comunidades acuáticas como bioindicadores.

Objetivo General

Establecer las bases para un sistema de monitoreo de la calidad del agua, en las aguadas del Parque Nacional Llanos de Challe.

Objetivos Específicos

Determinar la calidad físico-química en aguadas del Parque Nacional Llanos de Challe y las especies animales y vegetales asociados a esta.

Evaluar la calidad ambiental de las aguadas del parque mediante el uso de índices bióticos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes sobre el Parque Nacional Llanos de Challe (PNLLCH)

La creación legal de este parque fue el día 8 de Noviembre de 1994 mediante el Decreto Supremo n° 946 del Ministerio de Bienes Raíces, teniendo como fin la protección de las formaciones vegetacionales representantes del desierto costero, su alta diversidad y buen estado de conservación (CONAF, 1997). Cabe destacar que en el parque se desarrolla una de las poblaciones de *Lama guanicoe* de mayor importancia a nivel nacional y el grupo más numeroso de la costa y serranías del centro norte del país, con más de 2000 ejemplares.

Ubicación y Superficie

El Parque Nacional Llanos de Challe (PNLLCH) se encuentra ubicado en el sector costero de la Región de Atacama, Provincia y Comuna de Huasco, y presenta una superficie total de 45.708 hectáreas. Sus coordenadas geográficas son: 28° 00' 50" latitud Sur, 71° 03' 43" de longitud Oeste; 28° 11' 26" de latitud Sur, 70° 53' 10" de longitud Oeste y 28° 09' 44" latitud Sur y 71° 10' 04" de longitud Oeste (CONAF, 1997) (Figura 1).

Clima y Topografía

El clima correspondiente a esta zona es desierto costero con nubosidad abundante, con temperaturas promedios entre los 9 y 25 °C. En cuanto a las precipitaciones se registran valores promedios anuales de 12 mm en el extremo norte de la región y 90 mm en su lado sur, La humedad relativa media anual es de 74 % (Fuenzalida, 1967; Santibáñez, 1983).

La topografía de la zona costera norte del país se caracteriza por su irregularidad con rasgos rocosos y arenosos alternados. También se puede identificar bahías cerradas y semi cerradas producto de los vientos predominantemente de dirección suroeste. En cuanto a las planicies costeras presentan un ancho variado entre los 15 y 40 kilómetros (GORE Atacama, 2010).

El Parque Nacional Llanos de Challe se extiende en las serranías orientales de la cordillera de la costa, con cordones montañosos que tienen una orientación norte-sur a noroeste, donde sus mayores alturas están representadas por el cerro El Toro con 1014 m.s.n.m., cerro El Molle con 904 m.s.n.m., cerro Tinaja con 854 m.s.n.m. y el cerro Negro con 774 m.s.n.m. (CONAF, 1997).

Vegetación y Fauna

Según Gajardo (1993) el parque se inserta en la formación vegetal desierto costero del Huasco, en este lugar la vegetación tiene mayor grado de continuidad y permanencia, puesto que está influenciado por las precipitaciones ocasionales y la humedad generada por las neblinas, lo que provoca una transición que señala el límite sur y norte de muchas especies.

Uno de los atractivos del parque es el desierto florido, que se da en épocas de altos índices de precipitación principalmente entre Junio y Agosto. Durante este periodo plantas anuales o efímeras son capaces de usar las condiciones que les provee el ambiente y en pocos meses y a veces semanas completan su ciclo reproductivo, desarrollándose rápidamente y produciendo semillas bastante duras que permanecen en dormancia, resistiendo la sequía y el calor, por uno o más años, hasta que las condiciones ambientales mejoren (Gómez, 2006).

Algunas de las especies vegetales más representativas del parque son el carbonillo (*Cordia decandra*), pata de guanaco (*Calandrinia longiscapa*), la garra de león (*Leontochir ovallei*), esta última en peligro de extinción y algunas especies de cactáceas del género *Copiapoa* como; *Copiapoa carrizalensis*, *Copiapoa Cuerea*, *Copiapoa Cupreata* (CONAF, 2011).

La fauna del parque se asocia a formaciones de matorrales y suculentas, denominadas comunidades de matorral desértico (Mann, 1968). Donde abundan las aves correspondientes a paseriformes como cometocinos (*Phrygilus atriceps*), diucas (*Diuca diuca*), tijerales (*Leptasthenura aegithaloides*), churretes (*Cinclodes nigrofumosus*), además de carroñeros como el cóndor (*Vultur gryphus*) y jote (*Coragyps atratus*); rapaces como aguiluchos (*Buteo polyosoma*) y pequeños (*Athene cunicularia*). También se pueden identificar micromamíferos entre los que destacan las especies ratón chinchilla común (*Abrocoma bennetti*), lauchón orejudo de Darwin (*Phyllotis darwini*) y la yaca (*Thylamys elegans*). En cuanto a mamíferos de mayor envergadura destacan el zorro chilla (*Cannis griseus*), el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) y el guanaco (*Lama guanicoe*), siendo este último el animal representativo del parque (CONAF, 2011).

El número de guanacos ha disminuido crecientemente; Fernández-Baca (1991) señala que la población prehispánica de guanacos en un comienzo era mayor a 30 millones de

individuos, lo que a la fecha se reduce a una población de alrededor de 85000 individuos. Del total de guanacos existentes se pueden encontrar alrededor del 3% en Chile (Muñoz y Yáñez, 2000; Chiappe y Fuentes, 2009).

Esta especie ha sido catalogada en peligro de extinción para la región de Atacama y Vulnerable a nivel Nacional (Glade, 1993; CONAF 2011). En el parque se desarrolla una de las poblaciones más importante del país por lo que su estudio y protección se hace indispensable (Meléndez, Louit y Villegas, 2008).

El guanaco es un animal silvestre que tiene tres unidades sociales elementales; una de ellas es la que está compuesta por un macho adulto, varias hembras y sus crías menores de un año, otro es el grupo de machos solteros o juveniles no reproductivos y finalmente los machos solitarios que por lo general corresponden a animales viejos (Franklin, 1982).

El hábito alimenticio de estos animales se basa en el consumo de plantas con alto contenido de humedad y proteínas, raíces, pastos, hierbas, árboles, helechos, hongos, líquenes, cactáceas y tallos subterráneos (Raedeke y Simonetti 1988; Cortés *et al.* 2003). El consumo de esta gran variedad de vegetales lo convierte en un herbívoro generalista (Cortés *et al.*, 2006).

Entre los camélidos sudamericanos, el guanaco es considerado uno de los más resistentes a condiciones de aridez, se cree que la clave para su supervivencia, reside en una gran flexibilidad ecológica y comportamental (Franklin y Fritz, 1991; Puig *et al.*, 1997). El guanaco posee una serie de cualidades anatómicas y funcionales que lo hacen sobrevivir a condiciones extremas (Raedeke, 1978; Ribeiro y Lizurume, 1995).

Hidrografía

El parque se inserta en la cuenca Algarrobal-Carrizal, al sur del cordón Sierra Pajaritos-Cerro El Paico hasta la zona Estación Chacritas, en esta cuenca no existen cursos permanentes de agua superficial debido a que los materiales geomorfológicos por los que está compuesta provocan que las precipitaciones escurran superficialmente hacia las quebradas infiltrándose hacia los flujos subterráneos (CONAF, 1997).

En cuanto a los flujos subterráneos existen algunos sectores donde el nivel freático sobrepasa la superficie del terreno generando afloramientos de agua subterránea, también llamados aguadas. Se debe considerar que las precipitaciones y la evaporación son los factores que inciden mayormente sobre la recarga y descarga de agua, por lo que se puede inferir que el agua de este reservorio en su mayoría corresponde a aguas fósiles (CONAF, 1997).

Las aguadas que han sido monitoreadas en el parque en su mayoría presentan agua superficial durante todo el año, aunque durante la estacionalidad seca el volumen de agua disminuye. Según Chiappe y Fuentes (2009) las aguadas son principalmente utilizadas por guanacos, constatándolo en forma directa y mediante la identificación de defecaderos cercanos a las aguadas, los que a simple vista aumentan en las cercanías de estas.

Bioindicadores

La existencia de organismos tolerantes o sensibles a distintas variables en el medio que se desarrollan, permite utilizarlos como organismos indicadores o bioindicadores que demuestran la existencia de ciertas condiciones en el medio y su ausencia demuestra que las condiciones de este han cambiado (Hurtado, 2007; Fernández, 2010).

Los bioindicadores se utilizan como una herramienta de aproximación que permite identificar los impactos producidos por la ausencia o presencia de las condiciones físicas y químicas que debe tener el medio para que se desarrollen de forma natural o acostumbrada (CENMA, 2006; Vázquez *et al.*, 2006).

Toro *et al.*, (2003), señalan que la contaminación de los ecosistemas acuáticos es ante todo un problema biológico, pero a pesar de esto, muchos países entre ellos Chile, han dependido de las tradicionales variables fisicoquímicas para su evaluación, por lo que el uso de indicadores biológicos permiten hacer una evaluación más completa del estado del ecosistema en estudio, debido a que representan los eventos continuos que ocurren en el cuerpo de agua (Rosenberg, 1998).

En las comunidades acuáticas se pueden identificar varias especies animales y vegetales que a su vez interactúan con factores físicos y químicos del medio en que se desenvuelven. El grupo de los vegetales conocido como Fitobentos incluye a las algas, cianobacterias, microalgas y plantas vasculares que viven en el medio acuático. En cuanto al grupo de los animales o Macrozoobentos, está conformado por los organismos invertebrados con un tamaño mayor a 250 μ m, que habitan las aguas continentales y cumplen importantes roles tróficos en el medio acuático (Allan, 1995; Marambio, 2001; Hurtado, 2007).

Fitobentos como bioindicadores

El fitobentos es un productor primario y está constituido por organismos vegetales acuáticos que se desarrolla sobre sustratos sólidos del lecho fluvial. Una de sus características, es que son un referente de la calidad del agua en una amplia escala de

tiempo y espacio, por lo mismo son mejores que los factores fisicoquímicos que solo muestran una visión instantánea de la calidad (Whitton, 1975; Meybeck, 1990).

Las comunidades fitobentónicas se desarrollan en sustratos naturales y artificiales, estas presentan una exposición mayor a la contaminación acuática (Kolwitz y Marsson, 1908), siendo principalmente las diatomeas las más utilizadas como bioindicadores del estado ecológico debido a su gran diversidad, amplitud ecológica y sensibilidad a la cantidad de material orgánico, pH, alcalinidad, tipo de sustrato, entre otros (Allan, 1995).

El análisis de Fitobentos realizado para este trabajo se hizo mediante el uso de dos índices. El Índice Diatómico General que permite identificar la calidad del agua utilizando diatomeas y el Índice de Simpson que deriva de la teoría de las probabilidades y que es sensible a los cambios en las abundancias de las especies más frecuentes.

Macrozoobentos como bioindicadores

Los macrozoobentos o macroinvertebrados bentónicos son organismos invertebrados que se desarrollan en y sobre el fondo de sistemas límnicos, estos han sido utilizados considerablemente para la evaluación de la calidad de agua. Autores como Rosenberg y Resh (1993) señalan algunas de las ventajas que presentan estos organismos por sobre otros para evaluar la calidad de las aguas:

- Se encuentran en todos los sistemas acuáticos continentales, lo que favorece el estudio comparativo.
- La naturaleza sedentaria de estos organismos permite analizar espacialmente los efectos de las perturbaciones en el ambiente.
- El muestreo y análisis de las muestras puede ser realizado con materiales simples y económicos.
- Existe un amplio número de metodologías para el análisis de datos, que han sido utilizados en distintas partes del mundo.

Cabe destacar que los biomonitoreos para determinar la calidad del agua han sido utilizados en Europa desde comienzos del siglo XX, donde la metodología empleada se basa en la tolerancia o nivel de respuesta que tiene el organismo a distintos tipos de contaminantes al que hayan sido expuestos (Figuroa *et al.*, 1999).

Para analizar los Macrozoobentos recolectados en este trabajo se utilizaron tres índices. Índice biótico de Tuffery y Verneaux (1967), Índice Biological Monitoring Working Party (1978) y el Índice de Hilsenhoff (1988).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El presente estudio se realizó en siete aguadas ubicadas dentro del Parque Nacional Llanos de Challe que se encuentra en la Provincia y Comuna de Huasco, III Región de Atacama (Figura 1 y 2).

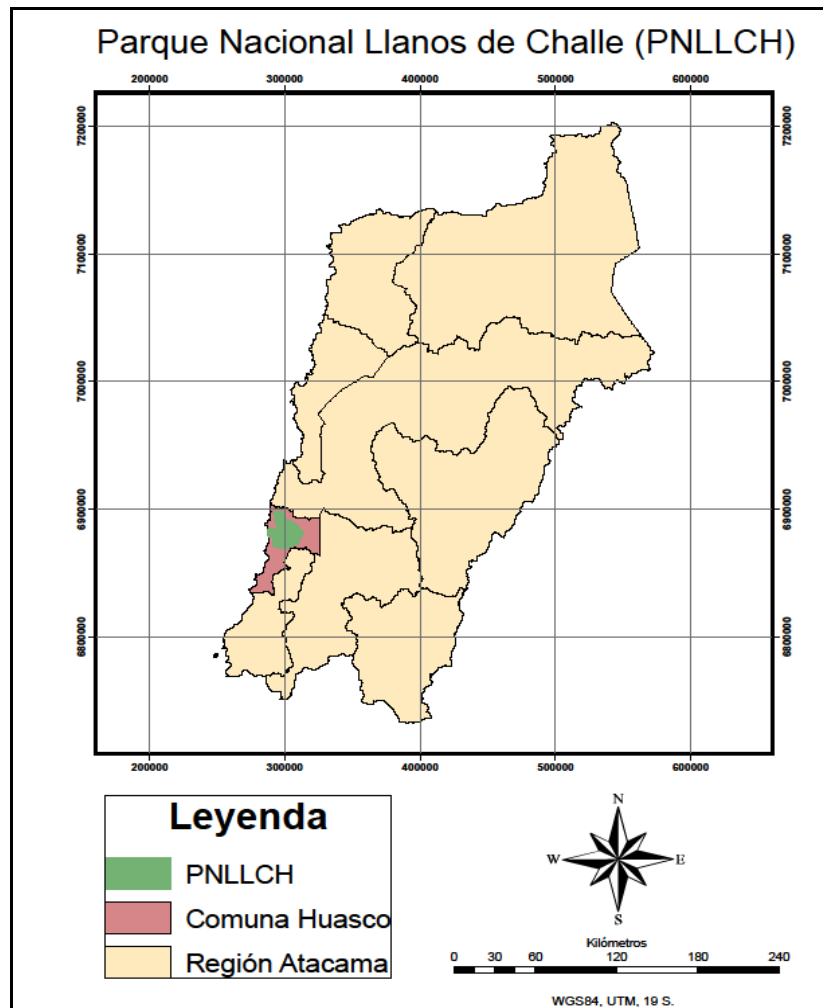


Figura 1. Parque Nacional Llanos de Challe.

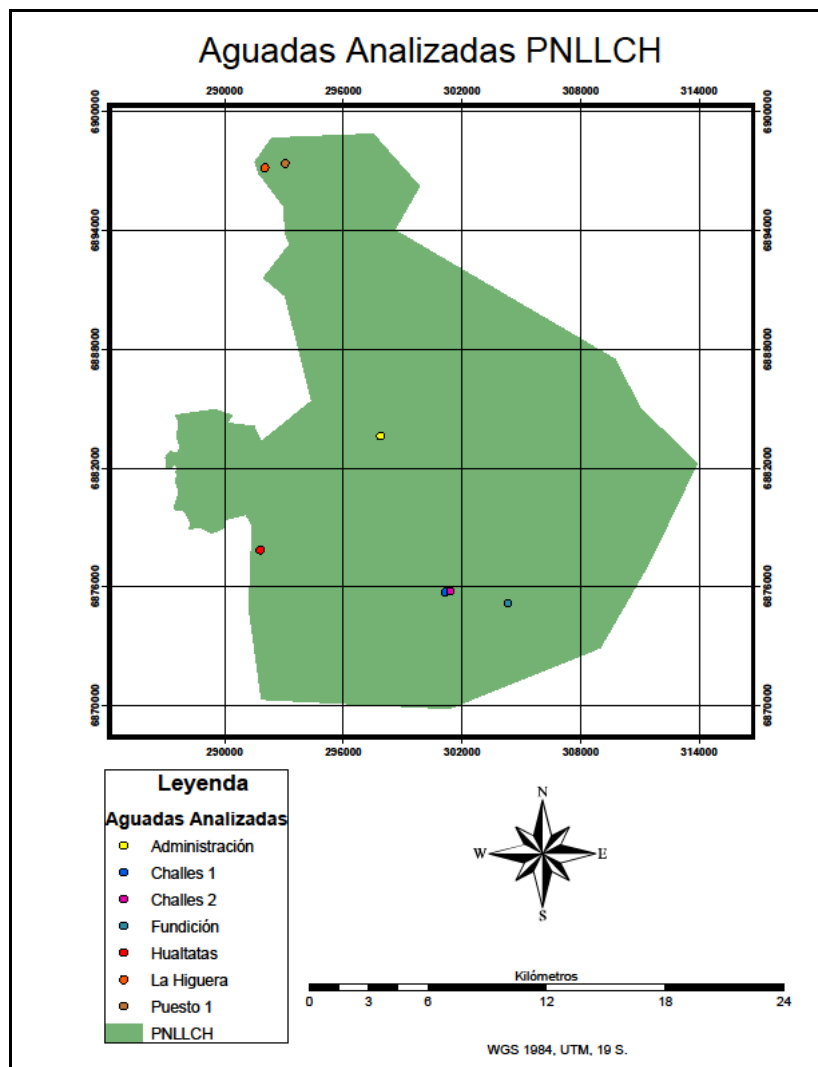


Figura 2. Aguadas en estudio del Parque Nacional Llanos de Challe.

Materiales

Los variables fisicoquímicas se midieron utilizando los siguientes instrumentos portátiles: conductivímetro Thermos modelo Tristar, medidor de sólidos disueltos Thermos modelo Tristar, pHmetro digital Merck y termómetro Thermos modelo Tristar.

Las determinaciones biológicas fueron obtenidas por muestreos directos en 7 puntos, correspondientes a cada una de las 7 aguadas en estudio. Para esto se utilizó la técnica de cepillado para capturar fitobentos y para la captura de macrozoobentos se utilizó una red manual.

Los componentes biológicos mencionados anteriormente se preservaron en formalina al 10% neutralizada con bórax en el caso del fitobentos y alcohol de 95% en el caso del macrozoobentos.

El material biológico colectado fue analizado en el laboratorio de Hidronomía de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile y se utilizaron los siguientes materiales: microscopio Leitz-Wetzlar, lupa estereoscópica Leika 2000, capsula Petri y cámara Sedgwick-Rafter, además de pinzas y pipetas.

Métodos

Por calidad del agua se entiende al conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado (INN, 1978; Wanielista, 1997; CONAMA, 2005).

Para determinar la calidad de las aguadas se realizó la medición de las variables fisicoquímicas correspondientes a Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Disueltos (SD), Temperatura (T) y pH, mediante el uso de los materiales señalados anteriormente. Además se realizaron muestreos biológicos de fitobentos y macrozoobentos para analizar la calidad utilizando diversos índices.

Debido a que el acceso a las aguadas del Parque es difícil en algunos casos, se optó por evaluar 7 aguadas de un total de 14. Por lo mismo, las mediciones fueron hechas en dos oportunidades, una de ellas durante la estacionalidad húmeda el mes de Junio de 2010 y otra en estacionalidad seca el mes de Enero de 2011.

Análisis Físicoquímico

El análisis físicoquímico fue evaluado utilizando como referente la guía de CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas (CONAMA, 2005)

Esta guía muestra valores máximos y mínimos en cuanto a concentraciones, rangos o unidades totales respecto a los elementos o compuestos que serán evaluados. Estos a su vez permiten la clasificación según clase 1, clase 2 y clase 3 (Cuadro 1).

Clase 1: Muy buena calidad. Indica un agua adecuada para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.

Clase 2: Buena calidad. Indica un agua adecuada para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.

Clase 3: Regular calidad. Indica un agua adecuada para la bebida de animales y para riego restringido.

Cuadro 1. Valores máximos y mínimos en cuanto a concentraciones o rangos.

Indicador Físicoquímico	Unidad	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Conductividad eléctrica	µs/cm	750	1500	2250
Sólidos 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.

* Diferencia de temperatura entre la zona analizada y la temperatura natural del agua.

**Expresado en términos de valor máximo y mínimo.

Análisis Biológico

El análisis biológico fue realizado tomando como referente la norma de calidad de agua ISO 7828:1985. Método de muestreo biológico. Adecuando el muestreo a las características de las aguadas en estudio.

Análisis de Fitobentos

Para cada aguada se realizó un muestreo con el fin de coleccionar organismos representantes de los fitobentos, estos fueron recogidos de las rocas incrustadas a las orillas de las aguadas mediante la técnica de cepillado. Las muestras se almacenaron en envases plásticos, etiquetados y fijadas en formalina al 10% con bórax.

Para identificar y contabilizar el material coleccionado se usó un microscopio con aumento de 40X. El recuento se hizo con la cámara Sedgwick-Rafter(S-R), la cual consta de una superficie de 10 cm² y un volumen de 1 ml. Esta se coloca en el microscopio sobre el portaobjeto para luego empezar el barrido horizontalmente de izquierda a derecha.

La información obtenida en el recuento fue aplicada en los índices Diatómico General y de Simpson.

Índice Diatómico General (IDG): indica la calidad del agua mediante el uso de diatomeas. Este índice está referido para todos los ecosistemas de agua dulce, puesto que las diatomeas se caracterizan por estar presentes en todas partes y sobre todo por estar en todo tipo de sustrato (Coste y Ayphassorho, 1991).

El IDG está determinado por las variables de sensibilidad a la contaminación del taxón, la amplitud ecológica y la abundancia relativa (Ecuación 1).

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

Donde:

A_j = Abundancia relativa (% de las especies en relación a la muestra)

S_j = Sensibilidad a la contaminación (1 (resistente) a 5 (sensible))

V_j = Amplitud ecológica o variabilidad de la especie (1 (ubicua) a 3 (característica))

Los valores de sensibilidad (S_j) se distribuyen entre 1 y 5, donde el menor valor indica que son especies con una mayor resistencia a condiciones ecológicas adversas y aquellas especies que son designadas con un mayor valor son más sensibles a las condiciones ecológicas en que se desarrollan (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de sensibilidad asignados para cada taxón.

Sensibilidad	Taxón (Especie)
1	<i>Hantzschia sp.</i> , <i>Navicula punctatae</i> , <i>Nitzschia (otras)</i>
2	<i>Attheya sp.</i> , <i>Navicula orthostichae</i> , <i>Rhizosoenia sp.</i> , <i>Stephanodiscus sp.</i> , <i>Thalassiosira sp.</i>
3	<i>Amphora sp.</i> , <i>Cyclotella sp.</i> , <i>Gomphonema sp.</i> , <i>Melosira sp.</i> , <i>Navicula (otras)</i> , <i>Surirella sp.</i> , <i>Synedra sp.</i>
4	<i>Asterionella sp.</i> , <i>Caloneis sp.</i> , <i>Cocconeis sp.</i> , <i>Cymatopleura sp.</i> , <i>Diatoma sp.</i> , <i>Fragilaria sp.</i> , <i>Gomphoneis sp.</i> , <i>Gyrosigma sp.</i> , <i>Neidium sp.</i> , <i>Nitzschia di</i>
5	<i>Achnantes sp.</i> , <i>Amphipleura sp.</i> , <i>Anomoeoneis sp.</i> , <i>Campylodiscus sp.</i> , <i>Ceratoneis sp.</i> , <i>Cymbella sp.</i> , <i>Denticula sp.</i> , <i>Diploneis sp.</i> , <i>Epithemia sp.</i> , <i>Eunotia sp.</i> , <i>Frustulia sp.</i> , <i>Meridion sp.</i> , <i>Stauroneis sp.</i> , <i>Stenopterobia sp.</i> , <i>Tabellaria sp.</i> , <i>Tetracyclus sp.</i>

Fuente: Modificado de Coste y Ayphassorho, 1991.

En cuanto a los valores de variabilidad o amplitud ecológica (V_j) varían entre 1 y 3 e indican que el menor valor es para aquellas especies que tienen la capacidad de desarrollarse en diversos ambientes y un mayor valor a aquellas que necesitan de condiciones más específicas por lo que no se desarrollan en cualquier ambiente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de variabilidad o amplitud ecológica asignados para cada taxón.

Variabilidad	Taxón (Especie)
1	<i>Achnantes sp.</i> , <i>Asterionella sp.</i> , <i>Cocconeis sp.</i> , <i>Cyclotella sp.</i> , <i>Cymbella sp.</i> , <i>Diatoma sp.</i> , <i>Diploneis sp.</i> , <i>Eunotia sp.</i> , <i>Fragilaria sp.</i> , <i>Melosira sp.</i> , <i>Meridion sp.</i> , <i>Navicula (otras)</i> , <i>Nitzschia (otras)</i> , <i>Rhoiscophenia sp.</i> , <i>Rhopalodia sp.</i> , <i>Stephanodiscus sp.</i> , <i>Synedra sp.</i> , <i>Tabellaria sp.</i>
2	<i>Amphora sp.</i> , <i>Anomoeoneis sp.</i> , <i>Caloneis sp.</i> , <i>Campylodiscus sp.</i> , <i>Ceratoneis sp.</i> , <i>Cymatopleura sp.</i> , <i>Epithemia sp.</i> , <i>Frustulia sp.</i> , <i>Gomphoneis sp.</i> , <i>Gomphonema sp.</i> , <i>Navicula orthostichae</i> , <i>Navicula punctatae</i> , <i>Nitzschia dissipatae</i> , <i>Stauroneis sp.</i>
3	<i>Amphipleura sp.</i> , <i>Attheya sp.</i> , <i>Denticula sp.</i> , <i>Gyrosigma sp.</i> , <i>Hantzschia sp.</i> , <i>Neidium sp.</i> , <i>Pinnularia sp.</i> , <i>Rhizosoenia sp.</i> , <i>Stenopterobia sp.</i> , <i>Surirella sp.</i> , <i>Tetracyclus sp.</i> , <i>Thalassiosira sp.</i>

Fuente: Modificado de Coste y Ayphassorho, 1991.

Este índice varía entre 1 y 5 en forma decreciente según el nivel de contaminación, por lo que la clasificación de la calidad del agua tomará valores mayores en el caso de una mejor calidad de agua y menores para una mala calidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación de la calidad de las aguas adoptadas según el índice IDG.

Valor	Significado
IDG > 4.5	Calidad biológica óptima.
4 < IDG < 4.5	Calidad normal. Contaminación débil.
3.5 < IDG < 4	Contaminación moderada.
3 < IDG < 3.5	Contaminación media.
2 < IDG < 3	Desaparición de especies sensibles. Contaminación fuerte.
1 < IDG < 2	Contaminación muy fuerte.
IDG = 0	La población es considerada como inexistente. Contaminación tóxica.

Fuente: Modificado de Coste y Ayphassorho, 1991.

Índice de Simpson (S): índice de diversidad que representa la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan al mismo taxón (López, 1977).

La obtención de este índice esta dado a través de la ecuación 2:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (2)$$

Donde:

n_i = Número de individuos por especie

N = Número total de individuos de todas las especies

S = Índice de Simpson

Análisis de Macrozoobentos

La colecta de macroinvertebrados bentónicos fue realizada mediante el uso de una red manual de 250 μm de diámetro de poro en cada una de las siete aguadas. Todo el material colectado fue colocado en envases plásticos y fijados con alcohol de 95%, posteriormente en el laboratorio fueron puesto en capsulas Petri para ser observado e identificado bajo lupa estereoscópica de 450 X de aumento.

La identificación taxonómica de los individuos colectados se realizó hasta el nivel de familia con el apoyo de expertos, utilizando claves taxonómicas y bibliografía especializada (Fernández y Domínguez, 2001; Camousseight y Vera, 2007).

Luego de identificar cada uno de los individuos se procedió a clasificarlos según su tolerancia a la contaminación mediante el uso de los siguientes índices: índice biótico de Tuffery y Verneaux (1967), índice Biological Monitoring Working Party (1978) y el índice de Hilsenhoff (1988) (CENMA, 2006; Aguilera, 2008).

El análisis de cada índice se realizó con la sumatoria de las muestras de las 7 aguadas en estudio, por recomendación del experto de la Universidad de San Diego State, California, Dr. Stuart Hurlbert (2011, com. pers.), uno para la estacionalidad húmeda en el mes de Junio de 2010 y otro para la estacionalidad seca en el mes de Enero de 2011.

Índice biótico de Tuffery y Verneaux: índice de carácter cualitativo que se basa en la identificación de taxa y su clasificación según la tolerancia a la contaminación. La

clasificación es realizada mediante una puntuación de tolerancia del 1 al 10, donde el menor valor indica una mayor tolerancia a la contaminación y viceversa (Cuadro 5). A continuación de otorgarle la puntuación a cada individuo se suman los puntajes y se dividen por el total de individuos colectados (Tuffery y Verneaux, 1967).

Cuadro 5. Valores de tolerancia a la contaminación según taxón.

Taxón (Orden)	Valor índice por número de individuos				Tolerancia a la contaminación
	1-5	6-10	11-15	16 y más	
Plecoptera	7	8	9	10	Sensibles a la contaminación (10 - 7)
Trichoptera	6	7	8	9	
Ephemeroptera					
Tricladia(Planariidae)	5	6	7	8	
Amphipoda					
Gastropoda(Planorbidae)	4	5	6	7	
Megaloptera(Coridalidae)					
Gastropoda(Amnicolidae					
Physidae, Ancylidae,	4	5	6	7	
Siphonaridae)					
Megaloptera(Sialidae)					
Odonata	3	4	5	6	Tolerantes a la contaminación (7 - 4)
Collembola					
Hemiptera	2	3	4	5	
Coleoptera					
Diptera	1	2	3	4	Muy tolerantes a la contaminación (4 - 1)
Oligochaeta	1	2	2	3	
Nematoda					
Hirudinea	1	1	1	2	

Fuente: Modificado de Tuffery y Verneaux, 1967.

Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP): 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 se asigna a familias de organismos indicadores de aguas de calidad excelente, puesto que son familias muy exigentes de calidad de hábitat y el valor 1 a familias de organismos indicadores de aguas con una calidad muy mala, porque tienen baja exigencia de calidad de hábitat (Alba-Tercedor y Sánchez, 1988).

Para obtener el grado de contaminación, se ordenaron las familias de macrozoobentos obtenidas para cada periodo y luego se les asignó un puntaje según tolerancia a la contaminación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Familias de macrozoobentos según su tolerancia a la contaminación.

Puntuación	Familia
10	Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Amphipodae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae.
9	Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae.
8	Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae.
7	Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae.
6	Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydrophilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnenedidae, Coenagriidae.
5	Mesovelidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Hydrophilidae, Elmidae, Haliplidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Elimithidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Siphonuridae, Planariidae, Dendrocoelidae.
4	Baetidae, Sialidae, Pisidcolidae
3	Asellidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae.
2	Chironomidae.
1	Nematoda.

Fuente: Alba-Tercedor y Sánchez, 1988.

A continuación se sumaron los valores obtenidos para cada familia en periodo seco y periodo húmedo y se realizó una asignación promedio por taxón conocido como Average Score Per Taxa (ASPT), donde el puntaje total BMWP se divide por el número de individuos del taxón a nivel de familia, lo que permite evaluar la condición del sitio. Los valores de ASPT varían desde 0 hasta 10, señalando que un valor alto de ASPT se asocia a un valor alto de BMWP indicando bajas condiciones de contaminación del sitio y viceversa (Roldan y Ramírez, 1992) (Cuadro 7).

Cuadro 7. 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: Modificado de Roldan y Ramírez, 1992.

Índice de Hilsenhoff o índice biótico de familias (IBF): se utiliza para catalogar la calidad del agua asignando puntajes a cada familia según la sensibilidad a la contaminación orgánica (Hilsenhoff, 1988) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Puntajes IBF para familias de macrozoobentos.

Puntaje	Familias
0	Blephariceridae, Corydalidae, Glossosomatidae, Leuctridae, Odontoceridae, Pteronarcyidae, Rhyacophilidae
1	Brachycentridae, Capriidae, Chloroperlidae, Ephemerellidae, Gomphidae, Lepidostomatidae, Perlidae
2	Athericidae, Leptophlebiidae, Metretopodidae, Nemouridae, Oligoneuriidae, Perlodidae, Polymitarcyidae, Psychomyiidae, Taeniopterygidae
3	Aeshnidae, Baetiscidae, Cordulegastridae, Helicopsychidae, Macromiidae, Philopotamidae, Sericostomatidae, Tipulidae
4	Baetidae, Dolochopodidae, Elmidae, Ephemeridae, Gammaridae, Heptageniidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Phryganidae, Potomanthidae, Psephenidae, Sialidae, Tricorythidae
5	Calopterygidae, Corduliidae, Dryopidae, Pyralidae
6	Ceratopogonidae, Chironomidae, Empididae, Ephydriidae, Molannidae, Muscidae, Polycentropodidae, Simuliidae, Tabanidae, Hydrobiidae
7	Caenidae, Siphonuridae
8	Asellidae, Talitridae
9	Coenagrionidae, Lestidae, Libellulidae
10	Psychodidae, Syrphidae

Fuente: Modificado de Hilsenhoff, 1988.

La obtención de los valores de IBF es a través de la ecuación 3:

$$IBF = \frac{\sum n_i * a_i}{N} \quad (3)$$

Donde:

n_i = Números de individuos del taxón i

a_i = Valor de tolerancia del taxón i

N = Número total de individuos de la muestra

Los valores obtenidos por la ecuación 4 dependen del número de familias identificadas y la tolerancia a la contaminación orgánica que estas tengan, permitiendo catalogar la calidad del agua (Cuadro 9).

Cuadro 9. IBF, calidad de las aguas.

Índice Biótico de Familias	Calidad de las aguas
0,00 – 3,75	Excelente
3,76 – 4,25	Muy buena
4,26 – 5,00	Buena
5,01 – 5,75	Regular
5,76 – 6,50	Relativamente mala
6,51 – 7,25	Mala
7,26 – 10,00	Muy mala

Fuente: Modificado de Hilsenhoff, 1988.

RESULTADOS

Los muestreos en terreno durante Junio del 2010 y Enero del 2011 se realizaron utilizando la metodología expuesta anteriormente. De estos terrenos se pudo obtener las características de cada aguada muestreada y sus datos fisicoquímicos y biológicos.

Descripción de las aguadas muestreadas

De las expediciones realizadas en terreno se pudo obtener las características que conformaban el medio de cada una de las aguadas muestreadas. Cada una de ellas se identifica con su nombre, código (letra más número correlativo) y coordenadas UTM del año 2010 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Nombre de aguadas analizadas y su ubicación geográfica.

Nombre	Código	Coordenada UTM (E)	Coordenada UTM (N)
Fundición	A1	304342	6875149
Challes 1	A2	301181	6875719
Challes 2	A3	301418	6875746
Administración	A4	297902	6883596
Puesto 1	A5	293085	6897365
La Higuera	A6	292057	6897152
Hualtatas	A7	291805	6877822

Cabe destacar que la totalidad de las aguadas en estudio mantenían agua durante la estacionalidad húmeda y seca, presentando una disminución en el volumen de agua durante la estacionalidad seca. Las aguadas en estudio son similares a pozones (sin movimiento) a excepción de La Higuera que mantenía un curso afluente por la quebrada del mismo nombre.

Aguada Fundición: Esta aguada se encuentra ubicada en un sector donde se acopian restos de acero, con poca vegetación a su alrededor. Sus aguas son claras y en ellas se desarrollan representantes de plantas macrófitas (Anexo I).

Aguadas Challes 1 y Challes 2: Ambas aguadas son claras y están ubicadas a solo unos metros la una de la otra. La vegetación a su alrededor es mayor que en el caso anterior y también presentan crecimientos de macrófitas en sus aguas (Anexo II y III). Sobre ella se visualizaron Odonata (matapiojos) y Diptera (mosquitos) en estado adulto. Además se pudo registrar las huellas de guanacos en este sector, defecaderos y revolcaderos (Anexo IV).

Aguada Administración: Esta aguada presenta un color oscuro, sus aguas son turbias y tiene restos salinos en sus orillas (Anexo V). También se pudieron ver Diptera (Ephidridae) sobre ellas y el sector donde se ubica presenta escasa vegetación.

Aguada Puesto 1: Una de las características de esta aguada es que durante Enero del 2011 se pudo constatar la presencia de restos de guanacos y utensilios domésticos posiblemente pertenecientes a cazadores ilegales. El sector donde está ubicada presenta mayor vegetación que las anteriores aguadas y al igual que en las otras existen plantas macrófitas en sus aguas. Se visualizaron insectos como tábanos y mosquitos (Anexo VI).

Aguada La Higuera: El sector donde se ubica esta aguada presenta bastante vegetación. En ella se visualizan plantas macrófitas, donde destacan representantes de la familia Cyperaceae. Además se encontraron ejemplares de *Bufo atacamensis* en estado juvenil y adulto (Anexo VII).

Aguada Hualtatas: El sector donde se ubica esta aguada es de material arenoso, puesto que está en el sector de dunas del parque. Acá también se encontraron ejemplares de *Bufo atacamensis* y sus aguas están colonizadas por plantas macrófitas. (Anexo VIII).

Calidad de las aguadas según análisis fisicoquímico

Las mediciones de las variables fisicoquímicas se llevaron a cabo según la metodología descrita, para la estacionalidad húmeda y seca (Cuadro 11 y 12).

Para clasificar la calidad del agua se utilizó la guía de CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas (CONAMA, 2005).

Esta guía muestra que durante la estacionalidad húmeda las variables correspondientes a Conductividad eléctrica (CE) y Sólidos disueltos (SD) superan ampliamente 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. Según la guía el máximo permitido en la clase 3 para CE es de 2250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y el máximo permitido para SD es de 1500 mg/L (Cuadro 11).

En tanto la Temperatura (T) se mantuvo dentro de los rangos de la clasificación de la guía y el pH también a excepción de Challes 1 que supero el rango permitido (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de variables para estacionalidad húmeda.

AGUADA	Fecha	Hora	T(°C) Zona	T(°C) Aguadas	pH	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	SD (mg/L)
A1	16-06-2010	13:35	23	21,6	8,4	10641,5	5020,8
A2	16-06-2010	15:00	22	20,5	8,8	5650	2758,5
A3	16-06-2010	15:10	22	18,6	8,0	3988,5	1944,3
A4	16-06-2010	17:30	20	17,1	8,3	20500	9999,0
A5	17-06-2010	10:10	19	22,1	7,9	9682,5	5545,5
A6	17-06-2010	11:00	20	17,2	8,0	11002,5	5453,5
A7	17-06-2010	13:55	20	22,0	8,5	6412,5	2901,0

Para la estacionalidad seca las variables de CE y SD al igual que en la húmeda fueron ampliamente superiores a los rangos permitidos para la clase 3 o de regular calidad (Cuadro 12).

La variable T se mantuvo en los rangos permitidos por la guía y el pH los superó para el caso de las aguadas Challes 2, Administración, Puesto 1 y La Higuera (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de variables para estacionalidad seca.

AGUADA	Fecha	Hora	T(°C) Zona	T(°C) Aguadas	pH	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	SD (mg/L)
A1	19-01-2011	09:35	18	19,9	8,2	8372,5	4057,3
A2	19-01-2011	11:00	22	25,0	8,1	19857,5	9761,0
A3	19-01-2011	11:15	22	23,2	8,7	17525	8616,8
A4	18-01-2011	18:30	25	26,0	9,0	20000	9999,0
A5	19-01-2011	15:30	28	30,2	9,1	7587,5	3756,3
A6	18-01-2011	13:10	22	21,8	8,9	11920	5844,8
A7	18-01-2011	16:45	24	21,8	7,9	6922,5	3389,8

Del análisis fisicoquímico (Cuadro 11 y 12) se pudo ver que las aguadas superan ampliamente los rangos de CE y SD permitidos por la guía CONAMA (2005) y en algunos casos la variable pH también es superada. La única variable que se mantiene dentro de los rangos permitidos es la T.

Los valores más altos para las variables CE y SD medidas durante la estacionalidad húmeda se obtuvieron en las aguadas Administración, Puesto 1, La Higuera y Fundición (Cuadro 11). Durante la estacionalidad seca los valores más altos se obtuvieron en Challes 1, Challes 2, Administración y La Higuera (Cuadro 12). En el caso de la aguada Administración en los dos periodos mantuvo el mayor valor con 20000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ de CE y 9999 mg/L de SD.

Se observa que para la estacionalidad seca los valores de CE, SD y pH aumentan en relación a la estacionalidad húmeda, probablemente por la disminución del volumen de agua. Los valores de pH para la estacionalidad seca se ven sobrepasados, aumentando su alcalinidad en 4 de las 7 aguadas en estudio (Challes 2, Administración, Puesto 1 y La Higuera). Durante la estacionalidad húmeda solo Challes 1 superó el rango permitido.

Los altos valores de CE Y SD tienen sentido por el alto contenido de sales y minerales de los suelos ya que el área en que se emplaza el parque está representado por la formación llamada Canto del Agua que son un conjunto de sedimentitas marinas, areniscas y conglomerados cuarcíferos, lutitas, calizas brechosas y calcarenitas (García-Huidobro, 2007). Según Borget (1983) el parque está inserto en la zona de Llanos de Sedimentación Continental, lugar que se produce por la acumulación de materiales continentales con deposiciones marinas (CONAF, 1997). Se puede agregar que la poca profundidad de las aguadas, y la alta temperatura medida, generaría que los sólidos disueltos sean también bastante altos.

Calidad de las aguadas según análisis biológico

Las muestras biológicas colectadas fueron identificadas y contabilizadas para ser utilizadas en distintos índices y obtener la calidad ambiental de cada una de las aguadas (Anexo IX). En el caso de los fitobentos se utilizaron los índices IDG y Simpson y para el caso de los macrozoobentos los índices de Tuffery y Verneaux, BMWP e IBF.

Calidad de las aguadas según análisis del fitobentos

Se encontró un amplio número de representantes del fitobentos y se optó por agruparlos en sus correspondientes divisiones taxonómicas, Bacillariophyta o Diatomeas, Chlorophyta o Algas verdes y Cyanophyta o Algas verde-azules (Cuadro 13).

Cuadro 13. Individuos identificados en cada aguada según su división taxonómica.

División	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Total	%
Bacillariophyta	502	185	211	359	147	244	42	1690	51,181
Chlorophyta	63	207	194	5	7	13	34	523	15,839
Cyanophyta	35	9	82	600	8	350	5	1089	32,980
Total	600	401	487	964	162	607	81	3302	100

Se puede observar en el cuadro 13, que la división taxonómica con mayor número de representantes en las aguadas son las Bacillariophyta con un 51,2%, a continuación las Cyanophytas con un 32,9 % y finalmente las Chlorophytas con un 15,8%.

Como se señaló en la metodología, se evaluó la calidad del agua utilizando el Índice Diatómico General IDG. Para esto se identificaron los individuos correspondientes a esta división taxonómica y se construyó una lista con las especies de diatomeas colectadas durante estacionalidad húmeda y seca en cada una de las aguadas (Cuadro 14).

Cuadro 14. Diatomeas colectadas durante estacionalidad húmeda y seca en cada aguada.

Especies	Estacionalidad Húmeda							Estacionalidad Seca						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
<i>Achnantes sp.</i>	0	3	2	0	1	1	1	0	5	12	13	7	3	1
<i>Amphora sp.</i>	2	0	0	0	14	20	5	8	2	5	9	26	43	4
<i>Campilodiscus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	50	11	10	0	0	0	0
<i>Coccinodiscus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Cocconeis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	12	11	2
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella sp.</i>	17	4	3	11	5	4	4	13	16	0	7	10	20	3
<i>Diploneis ovalis</i>	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	15	0
<i>Ephitemia sp.</i>	2	40	41	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11
<i>Mastogloia sp.</i>	5	4	5	0	3	3	3	15	7	0	0	40	36	4
<i>Navicula sp.</i>	96	47	100	95	0	0	0	278	40	31	120	10	13	2
<i>Pinularia sp.</i>	0	4	2	0	3	4	2	0	2	0	2	10	0	0
<i>Pleurosigma sp.</i>	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanodiscus sp.</i>	8	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	1	24	0

Entre las diatomeas identificadas se encontró *Stephanodiscus sp* especie muy característica en ambientes eutróficos (EIA, 2004). Según la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE, 1982), “la eutrofización, es el enriquecimiento en nutrientes de las aguas, lo que provoca la estimulación de una serie de cambios sintomáticos, como el incremento en la producción de algas y macrófitas, el deterioro de la calidad de agua y otros cambios sintomáticos que resultan indeseables e interfieren con la

utilización del agua". Esta especie se identificó, en las aguadas Fundación, Puesto 1 y La Higuera, lo que indica que éstas son de baja calidad.

Las especies de diatomeas identificadas se ingresaron en el IDG dando como resultado que la calidad del agua en las aguadas Challes 1 y Challes 2 es superior a las demás, ya que se mantienen en un rango de calidad normal con contaminación débil a contaminación moderada. En el caso de las otras la contaminación es moderada a media, presentando una menor calidad las Aguadas Fundación, Administración, Puesto 1 y La Higuera (Cuadro 15), lo que coincide con la presencia de *Stephanodiscus sp* en las tres primeras aguadas nombradas anteriormente.

Cuadro 15. Resultados de IDG para fitobentos según periodo de muestreo.

IDG	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
P. Húmedo	3,3	4,3	4,0	3,3	3,3	3,4	3,8
P. Seco	3,5	4,0	3,9	3,6	3,4	3,6	3,8
Promedio	3,4	4,2	4,0	3,5	3,4	3,5	3,8

A continuación para llevar a cabo el cálculo del índice de Simpson se generó una lista con la totalidad de las especies colectadas en terreno durante la estacionalidad húmeda y seca y se obtuvo la diversidad y riqueza de cada una de las aguadas. Lo que se puede observar en los cuadros 16 y 17.

De los resultados obtenidos con el Índice de Simpson (S), para la estacionalidad húmeda (cuadro 16), las aguadas en general presentan valores que varían entre los 40% y 80% de diversidad de especies, por lo que se puede decir que las muestras obtenidas de las aguadas son heterogéneas. De estos valores las aguadas con menor diversidad fueron: La Higuera, Administración y Challes 1. Las cuatro restantes mostraron un S menor, lo que también indica una diversidad mayor, en especial Puesto 1 y Hualtatas.

En cuanto a la riqueza de microalgas obtenidas, no se superaron las 11 especies encontradas en La Higuera. El menor registro de especies corresponde a las aguadas Administración y Hualtatas. Para Administración la baja riqueza de especies concuerda con la baja diversidad, puesto que son menos las microalgas tolerantes a condiciones extremas. En el caso de Hualtatas la baja en la riqueza de especies no influye en la diversidad y en el caso de La higuera sucede lo contrario, es la aguada con más especies y posee menos diversidad.

Esta contradicción entre la diversidad y la riqueza de especies puede deberse a que la diversidad en función de la contaminación ha sido pobremente estudiada para los sistemas continentales áridos.

Cuadro 16. Diversidad y riqueza de especies identificadas durante estacionalidad húmeda.

Especies	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
<i>Achnantes sp.</i>	0,00000	0,00008	0,00002	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Amphora sp.</i>	0,00006	0,00000	0,00000	0,00000	0,12945	0,00257	0,02016
<i>Campilodiscus sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Coccinodiscus sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Cocconeis sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Cyclotella sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Cymbella sp.</i>	0,00873	0,00016	0,00006	0,00065	0,01422	0,00008	0,01210
<i>Diploneis ovalis</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00089	0,00000
<i>Ephitemia sp.</i>	0,00006	0,02070	0,01520	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Fragilaria sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Mastogloia sp.</i>	0,00064	0,00016	0,00019	0,00000	0,00427	0,00004	0,00605
<i>Navicula sp.</i>	0,29276	0,02869	0,09174	0,05274	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Pinularia sp.</i>	0,00000	0,00016	0,00002	0,00000	0,00427	0,00008	0,00202
<i>Pleurosigma sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00406	0,00000
<i>Stephanodiscussp.</i>	0,00180	0,00000	0,00000	0,00000	0,00142	0,00008	0,00000
<i>Chlorella sp.</i>	0,03820	0,38129	0,27895	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Gloeoactinium sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Mougeotia sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Spirogyra sp.</i>	0,00000	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,13306
<i>Ulothrix sp.</i>	0,00135	0,00000	0,00002	0,00001	0,00142	0,00004	0,00000
<i>Borzia sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Coelosphariumsp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,52973	0,00000	0,60674	0,00000
<i>Gloeotrichia sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Lyngbya sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Nostoc sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Oscillatoria sp.</i>	0,00064	0,00000	0,00000	0,00000	0,03983	0,00049	0,02016
Simpson (S)	0,34425	0,43127	0,38619	0,58315	0,19488	0,61507	0,19355
Riqueza	9,00000	9,00000	8,00000	6,00000	8,00000	11,0000	7,00000

En el cuadro 17 se puede ver que durante la estacionalidad seca se presentan valores que varían entre 55% y 90% de diversidad de especies, lo que evidencia una heterogeneidad en las muestras obtenidas.

Las aguadas con un mayor índice de Simpson para la estacionalidad seca, fueron Fundición y Administración, por lo que tienen menor diversidad de especies. Las otras aguadas presentaron un índice menor, siendo La Higuera, Puesto 1 y Challes 1, las aguadas con mayor diversidad de especies.

La mayor riqueza de especies durante la estacionalidad seca, se encontró en Challes 1 con 13 y La Higuera con 12 y el menor registro corresponde a Fundición, Administración y Hualtatas con 7. Con respecto a los valores de diversidad para Challes 1 y La Higuera, estos concuerdan con los valores de riqueza, al igual que en el caso de Fundición y Administración que presentan valores de diversidad y riqueza menores.

Cuadro 17. Diversidad y riqueza de especies identificadas durante estacionalidad seca.

Especies	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
<i>Achnantes sp.</i>	0,00000	0,00127	0,00532	0,00051	0,00275	0,00012	0,00000
<i>Amphora sp.</i>	0,00031	0,00013	0,00081	0,00024	0,04262	0,03681	0,00510
<i>Campilodiscussp.</i>	0,01373	0,00698	0,00363	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Coccinodiscussp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00039	0,00000	0,00000
<i>Cocconeis sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,03255	0,00865	0,00224	0,00085
<i>Cyclotella sp.</i>	0,00031	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Cymbella sp.</i>	0,00087	0,01524	0,00000	0,00014	0,00590	0,00775	0,00255
<i>Diploneis ovalis</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00428	0,00000
<i>Ephitemia sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Fragilaria sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00061	0,04677
<i>Mastogloia sp.</i>	0,00118	0,00267	0,00000	0,00000	0,10228	0,02568	0,00510
<i>Navicula sp.</i>	0,43139	0,09905	0,03749	0,04695	0,00590	0,00318	0,00085
<i>Pinularia sp.</i>	0,00000	0,00013	0,00000	0,00001	0,00590	0,00000	0,00000
<i>Pleurosigma sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Stephanodiscussp</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01125	0,00000
<i>Chlorella sp.</i>	0,00000	0,02171	0,00532	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Gloeoactiniumsp.</i>	0,00000	0,00571	0,00008	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Mougeotia sp.</i>	0,00000	0,00013	0,00000	0,00000	0,00000	0,00183	0,00000
<i>Spirogyra sp.</i>	0,00000	0,00038	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,19643
<i>Ulothrix sp.</i>	0,00000	0,00000	0,00048	0,00000	0,00131	0,00000	0,00000
<i>Borzia sp.</i>	0,00000	0,00076	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Coelosphariumsp</i>	0,00000	0,00000	0,00000	0,29492	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Gloeotrichia sp.</i>	0,00000	0,00076	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Lynbya sp.</i>	0,00000	0,00000	0,13327	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<i>Nostoc sp.</i>	0,00000	0,00000	0,02225	0,00000	0,00000	0,01896	0,00000
<i>Oscillatoria sp.</i>	0,00487	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00183	0,00000
Simpson (S)	0,45266	0,15492	0,20866	0,37531	0,17571	0,11455	0,25765
Riqueza	7,00000	13,0000	9,00000	7,00000	9,00000	12,0000	7,00000

En resumen durante ambos periodos las aguadas correspondientes a Fundición, Administración y Hualtatas son las más pobres en especies, por lo que podrían tener una calidad menor que las demás, en especial Fundición y Administración dada su menor diversidad. Puesto 1 presenta una mayor diversidad durante las dos estacionalidades y

Challes 1 se destaca por su riqueza y diversidad por lo tanto deberían tener una mejor calidad (Cuadro 16 y 17).

Calidad de las aguadas según análisis de los macrozoobentos

El análisis de los macrozoobentos se hizo siguiendo la metodología señalada, por lo que los índices bióticos utilizados se obtuvieron a partir de la totalidad de individuos colectados e identificados en las siete aguadas para la estacionalidad húmeda y seca (Cuadro 18).

Cuadro 18. Macrozoobentos registrados durante estacionalidad húmeda y seca.

Orden	Familia	Individuos en E. Húmeda	Individuos en E. Seca
Coleoptera	Hydrophilidae	0	3
Diptera	Ceratopogonidae	0	5
	Chironomidae	3	29
	Culicidae	7	57
	Empididae	0	6
	Syrphidae	8	148
	Tabanidae	0	10
	Blepharoceratidae	1	0
Gastropoda	Hydrobiidae	46	505
Hemiptera	Notonectidae	1	0
Odonata	Aeshnidae	0	2
	Libellulidae	1	0
Total		67	765

Se puede observar en el cuadro 18, que hay un incremento en la riqueza y abundancia de individuos durante la estacionalidad seca. Esto se debe a que aprovechan las condiciones ambientales que se han dado durante la estacionalidad húmeda para reproducirse y desarrollarse, y por lo tanto, se encuentran durante este periodo, mayoritariamente individuos en estadios larvarios. En estacionalidad seca, la captura se hace más fácil debido a que éstos estarían en estadios juveniles y adultos.

Además se puede ver que existen familias dominantes en ambos periodos, destacándose entre ellas la familia de Hydrobiidae, correspondiente al orden Gastropoda, característicos en ambientes de mediana calidad puesto que son tolerantes a la contaminación (Tuffery y Verneaux, 1967). La segunda mayoría corresponde a la familia Syrphidae (Diptera) que por lo general se asocia a aguas estancadas y de baja calidad.

La evaluación de la calidad del agua utilizando el índice de Tuffery y Verneaux, dio como resultado durante los dos periodos de muestreo que los individuos registrados son tolerantes a la contaminación por lo que la calidad del agua es de regular a mala (Cuadro 19).

El índice BMWP/ASPT para los macrozoobentos registrados en estacionalidad seca dio como resultado contaminación severa en las aguadas y en estacionalidad húmeda contaminación moderada (Cuadro 19).

En tanto el índice de Hilsenhoff para la evaluación hecha con los macrozoobentos registrados en estacionalidad seca dio como resultado que la calidad del agua es mala y la evaluación hecha con los macrozoobentos de estacionalidad húmeda dio como resultado que la calidad del agua es relativamente mala (Cuadro 19).

Cuadro 19. Resultados de los índices para macrozoobentos según estacionalidad.

Índice	E. Seca	E. Húmeda
Tuffery y Verneaux	4,00	4,00
BMWP/ASPT	3,44	4,43
Hilsenhoff	6,76	6,42

Del análisis de los macrozoobentos mediante los tres índices, estos dieron como resultado que la calidad de las aguadas es en general de regular a mala, presentando una mejoría en la calidad durante la estacionalidad húmeda.

Calidad de las aguadas según su uso

Los Guanacos son la especie más representativa del Parque Nacional Llanos de Challe (CONAF, 2011) y los principales consumidores de los recursos naturales que posee (Chiappe y Fuentes, 2009). Se pudo constatar en terreno el uso que estos animales les dan a las aguadas ya que se encontraron huellas, defecaderos y revolcaderos, además de varios individuos caminando por sus alrededores (ANEXO IV). Este es el principal motivo por el que se realizó el análisis de la calidad de las aguadas.

Según Chiappe y Fuentes (2009), los guanacos hacen uso de las aguadas y tienen preferencia por algunas de ellas (Anexo X, cuadro 22). Siendo Fundición la primera a pesar de su mala calidad. Las demás preferencias pueden ser compatibles con respecto al análisis de calidad, puesto que las aguadas mejor evaluadas son Challes 1 y Challes 2 en la segunda y tercera posición y la aguada con menor calidad corresponde a Administración última en la lista de preferencia.

Del análisis de las aguadas y según la guía CONAMA (2005), la calidad de éstas, en cuanto a sus características fisicoquímicas y biológicas, no es óptima para el uso animal. Posiblemente y en vista que el guanaco es el camélido sudamericano más resistente a las condiciones de aridez (Franklin y Fritz, 1991; Puig *et al.*, 1997), y que es un animal que se desarrolla en condiciones extremas (Raedeke, 1978; Ribeiro y Lizurume, 1995) se ha adaptado al estado de las aguadas, además de obtener el recurso hídrico de su dieta alimenticia rica en frutos, raíces, pastos y en general vegetales con alto contenido de humedad (Raedeke y Simonetti, 1988; Cortés *et al.* 2003), teoría que queda fuera del propósito de esta memoria, pero se deja expuesta para futuras investigaciones.

En las exploraciones hechas en terreno se pudo constatar que las aguadas de La Higuera y Hualtatas también son utilizadas por individuos de la especie *Bufo atacamensis* (Sapo de Atacama) característica en la región, con un estado de conservación considerado de preocupación menor (Velo y Núñez, 2003). El sapo de Atacama es omnívoro y algunos estudios demuestran que se alimentan de algas cyanophytas e insectos (Gutiérrez *et al.*, 2008). La presencia de esta especie de anfibio en aguadas que no tienen una calidad apreciable, podría deberse a las condiciones de hábitat más protegido.

DISCUSIÓN

El Parque Nacional Llanos de Challe no posee información alguna sobre calidad de agua, solamente hay descripciones físicas de sus aguadas, por lo tanto este estudio abre paso al conocimiento de estos sistemas acuáticos, sus comunidades y su calidad.

Las comunidades acuáticas poco a poco se han ido incorporando como bioindicadores en el análisis de la calidad del agua, lo que es muy favorable al momento de representar los eventos continuos que ocurren en el cuerpo de agua, ya que las evaluaciones mediante variables fisicoquímicas solamente muestran las condiciones en un espacio y tiempo determinado.

En relación a las metodologías utilizadas para evaluar la calidad del agua mediante bioindicadores, existe una amplia variedad de índices empleados en Europa y algunos países de América. En Chile se han utilizado principalmente los índices: Hilsenhoff (IBF), Biological Monitoring Working Party (BMWP) y Stream Invertebrates Grade Number-Average Level (SIGNAL), todos éstos mediante el uso de macrozoobentos y adaptándolos a las condiciones de los cuerpos de agua del país (Figuroa *et al.*, 2003; Figuroa *et al.*, 2007). Según Figuroa *et al.* (1999) una de las ventajas que tienen estos índices es que la composición taxonómica que se utiliza es hasta el nivel de familia, siendo esto favorable al no necesitar un conocimiento tan acabado sobre macrozoobentos, lo que no significó que el desarrollo de este estudio estuviera exento de complicaciones, puesto que se tuvo que acudir tanto a la ayuda de expertos como de claves taxonómicas. En el caso del índice de Tuffery y Verneaux el estudio resultó un poco más sencillo, debido a que el reconocimiento de taxa corresponde al nivel de orden.

Para esta memoria se utilizaron los índices IBF y BMWP, además de Tuffery y Verneaux y los resultados obtenidos fueron muy similares entre sí (calidad regular a mala), ya que la mayoría de los individuos recolectados correspondían a organismos que toleran bastante la contaminación. Entre ellos están la familia Hydrobiidae, del orden Gastropoda, además de Syrphidae, Culicidae y Chironomidae, del orden Diptera. Aunque fueron los índices de calidad a través de fitobentos los que permitieron hacer un análisis más exhaustivo que los índices utilizados con macrozoobentos, puesto que la estructura de pequeños pozones que tienen las aguadas, permiten la proliferación de microalgas.

Es gracias a la gran cantidad de microalgas correspondientes a diatomeas que el Índice Diatómico General (IDG) empleado en las aguadas, se ajustó de mejor manera y se recomienda utilizarlo en las demás aguadas del parque que no fueron monitoreadas ya que estas poseen las mismas características antes descritas. Su aplicación es sencilla, siempre y cuando se tenga conocimiento taxonómico en microalgas, siendo esto la mayor dificultad al momento de implementar este tipo de índice.

Con los resultados obtenidos del IDG, se pudo constatar que de la totalidad de aguadas analizadas, Challes 1 y Challes 2 son las mejor catalogadas al presentar una calidad normal con contaminación débil a contaminación moderada. Fue en estas aguadas que se pudo ver guanacos haciendo uso de este recurso (Anexo IV). Por lo mismo, se recomienda tomar como referente de buena calidad las microalgas muestreadas en estas aguadas al momento de realizar nuevos monitoreos.

Los índices empleados en esta memoria, corresponden a índices bióticos, a excepción del índice de Simpson utilizado en fitobentos, que está basado en la diversidad y abundancia de especies. Se escogió este índice debido a que es uno de los más utilizados para este tipo de evaluación. Cabe destacar, que algunos autores afirman que los índices de diversidad son incapaces de diferenciar las interacciones biológicas y taxonómicas entre los organismos que forman la comunidad (Hurlbert, 1971; Ramírez, 1999), pero en este caso sirvió de apoyo comparativo para los resultados obtenidos por el IDG.

De las variables fisicoquímicas analizadas sólo se confirman las particularidades de la zona desértica costera en que se emplaza el parque y cuyas características no serían sustentables para las poblaciones de guanacos, sin embargo la proyección de dicho estudio está más allá de la planificación de esta memoria.

Aunque no se tuvo la posibilidad de analizar un número mayor de variables fisicoquímicas, los resultados entregados por los bioindicadores permiten avanzar en el área de la bioevaluación de la calidad de las aguas. Asimismo sería bueno utilizar más a las comunidades de microalgas en vista que la mayoría de los trabajos realizados en Chile es mediante el uso de macrozoobentos (Figueroa *et al.*, 2003).

En cuanto a las expediciones realizadas en terreno, la topografía irregular y rocosa, además de las condiciones climáticas característica de esta zona, hicieron dificultosa la toma de muestras en algunas de las aguadas. Pese a esto se pudo lograr cada uno de los objetivos planteados desde un comienzo y es de esperar que se continúe el monitoreo de la totalidad de las aguadas del Parque Nacional Llanos de Challe, ya que por motivos de tiempo y falta de recursos pecuniarios solamente se pudo analizar la mitad de las aguadas.

CONCLUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivo establecer las bases para un sistema de monitoreo de la calidad del agua en las aguadas del parque, es por esta razón que se realizó el análisis de variables fisicoquímicas y las comunidades acuáticas de las aguadas. De acuerdo a esto se obtuvo que:

- Según el análisis fisicoquímico las variables Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Disueltos (SD), Temperatura (T) y pH, las aguadas no cumplen con los rangos establecidos en la guía de CONAMA (2005), pero como se dijo anteriormente era esperable que los valores de CE y SD fueran altos debido a que los componentes del suelo en que se encuentran las aguadas son ricos en sales y minerales además de que las altas temperaturas también influyen en el aumento de estas variables.
- Según el análisis de las comunidades acuáticas, las aguadas Challes 1, Challes 2 y Hualtatas tienen una calidad de agua superior a las demás. Las especies de fitobentos registradas en estas aguadas son menos tolerantes a la contaminación. Asimismo estas aguadas poseen una mayor riqueza que las otras.
- Además las aguadas Fundición, Administración y La Higuera tienen una menor calidad de agua, ya que las especies de fitobentos correspondientes a éstas, tienen una mayor tolerancia a la contaminación que las demás. De la investigación realizada por Chiappe y Fuentes (2009), se obtuvo que Fundición es la aguada más utilizada por los Guanacos, lo que no concuerda con la calidad ambiental que esta tiene. Por lo tanto, no se debería descartar indagar por las variaciones de su calidad para futuros seguimientos.
- La calidad de las aguadas es de regular a mala puesto que la mayoría de las especies animales y vegetales que en ella se desarrollan son tolerantes a la contaminación. Esta condición empeora durante la estacionalidad seca.

A través del análisis fisicoquímico y biológico se pudo caracterizar el estado ambiental de las aguadas en su conjunto, obteniendo que este recurso hídrico mantiene una regular calidad durante la estacionalidad húmeda y mala calidad en estacionalidad seca. En vista de que las variables fisicoquímicas analizadas en esta investigación son específicas en relación a la totalidad de variables recomendadas por la guía CONAMA (2005), los resultados obtenidos de este análisis sirven de complemento para el análisis biológico, puesto que éste último es íntegro y concluyente.

Se recomienda analizar las aguadas que quedaron fuera de este estudio, tomando como referente las microalgas identificadas en Challes 1 y Challes 2, puesto que mostraron una

calidad superior a las otras aguadas, observándose guanacos utilizando sus aguas. Los futuros monitoreos deberían realizarse durante estacionalidad seca y húmeda, siguiendo la metodología descrita en este trabajo.

LITERATURA CITADA

AGUILERA, K. 2008. Evaluación de la calidad del agua utilizando Macroinvertebrados Bentónicos en la cuenca hidrográfica del río Choapa, Región de Coquimbo. Seminario de Título de Biólogo con mención en medio ambiente. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias. Santiago, Chile. 77p.

ALBA-TERCEDOR, J. y A. SÁNCHEZ. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). Departamento de Biología Animal, Ecología y Genética. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. España. 6p.

ALLAN, D. 1995. Stream Ecology Structure and Function of Running Waters. Chapman y Hall. Oxford. Great Britain. 388p.

ARCE, O., R. HERBAS, F. RIVERO Y A. GONZALES. 2006. Indicadores Biológicos de Calidad del Agua. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias y Tecnología. Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental. Cochabamba, Bolivia. 21p.

CAMOUSSEIGHT, A. y A. VERA. 2007. Estado del conocimiento de los Odonata (Insecta) de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, 56: 119-132.

CENMA 2006. Manual de Evaluación de Calidad del Agua. Chile. 93p.

CHIAPPE. R., Y N. FUENTES, 2009. Monitoreo de Aguadas y Potencial uso por Guanacos (*Lama guanicoe*) en el Parque Nacional Llanos de Challe, Región de Atacama, Corporación Nacional Forestal. Chile. 13p.

CONAF. 1997. Plan de Manejo Parque Nacional Llanos De Challe. Documento de Trabajo N° 250. Chile. 129p.

CONAF. 2011. Parque Nacional Llanos de Challe [en línea]. Disponible en el WWW:<http://www.conaf.cl/parques/ficha-parque_nacional_llanos_de_challe-9.html> [Consulta: 16 Junio 2011].

CONAMA. 2005. Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas. Chile. 18p.

CORTÉS A, E. MIRANDA, J. RAU y J. JIMÉNEZ. 2003. Feeding habits of guanacos *Lama guanicoe* in the high Andes of North-central Chile. Acta Theriologica 48 (2): 229-237.

CORTES C., E. MIRANDA y F. LOPEZ-CORTES. 2006. Abundancia y dieta del camélido *Lama guanicoe* en un ambiente altoandino del norte-centro de Chile. En, Cepeda P Geoecología de Los Andes desérticos. La alta montaña del Valle del Elqui. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 383-411.

COSTE, M. Y H. AYPHASSORHO. 1991. Étude de la qualité des eaux du Bassin Artois-Picardie a l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques). Rapport Cemagref. Bordeaux-Agence de l'Eau Artois. Picardie, Douai. France. 227p.

FERNÁNDEZ, O. 2010. Uso de Macroinvertebrados Bentónicos para la Caracterización Ambiental de la Quebrada de La Plata, Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile. 68p.

FERNÁNDEZ-BACA, S. 1991. Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. FAO, Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 429p.

FERNÁNDEZ, H. y DOMINGUEZ, E. 2001. Guía para la determinación de artrópodos bentónicos Sudamericanos. Serie investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. 282p.

FIGUEROA, R., E. ARAYA, O. PARRA, y C. VALDOVINOS. 1999. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua. VI jornadas del CONAPHI – Chile. Santiago, Chile.

FIGUEROA, R., E. ARAYA, O. PARRA Y C. VALDOVINOS. 2003. Macroinvertebrados Bentónicos como Indicadores de Calidad de Agua. Revista Chilena de Historia Natural 76:275-285. [en línea]. Disponible en el WWW: <<http://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v76n2/art12.pdf>>. [Consulta: 5 Octubre 2010].

FIGUEROA, R., A. PALMA, V. RUIZ y X. NIELL. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región 80:225-242. [en línea]. Disponible en el WWW: <<http://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v80n2/art08.pdf>> . [Consulta: 30 Agosto 2011].

FRANKLIN, W. 1982. Biology, ecology and relationship to man of the South American camelids. In: *Mammalian Biology in South America* (Ed. by M.A. Mares y H.H. Genoways). Lab. of Ecology and University. of Pittsburg, Pittsburg. 6: 457–489.

FRANKLIN, W y M. FRITZ. 1991. Sustained harvesling of the Patagonia Guanaco: Is it posible or to late. In: Robinson, J. G. and Redford, K.H, eds Neotropical wild life use and conservation. 317-336.

- FUENZALIDA, H. 1967. Clima. En: Geografía Económica de Chile. Texto Refundido. CORFO. Santiago. 98 - 152.
- GARCIA-HUIDOBRO, F. 2007. Modelación numérica preliminar del acuífero costero de la quebrada Los Choros (IV Región). Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, mención Recursos y Medio Ambiente Hídricos y Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile. 134p.
- GAJARDO, R. 1993. La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. CONAF. Santiago. 165p.
- GASTÓ J., F. COSIO Y D. PANARIO, 1993. Clasificación de Ecorregiones y Determinación de Sitio y Condición: Manual de Aplicación a Municipalidades y Predios Rurales, Red de pastizales andinos. Quito, Ecuador. 254p.
- GLADE, A. 1993. Libro rojo de los vertebrados de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 65p.
- GÓMEZ, B. 2006. Las plantas y su adaptación al ambiente desértico. Instituto del Desierto, Universidad de Antofagasta. Antofagasta, Chile. 9p.
- GORE ATACAMA. 2010. Memoria explicativa. Zonificación de los usos del borde costero Región de Atacama. Comisión regional de uso del borde costero. Región de Atacama, Chile. 55p. [en línea]. Disponible en el WWW: < http://www.goratacama.cl/sysdataweb/notas/ficheros/16-04-2010_12-17-33_33900146.pdf > [Consulta: 16 Junio 2011].
- GUTIERREZ, N., M. MÉNDEZ Y M. SALLABERRY. 2008. Hábitos Alimentarios de *Bufo spinulosus wiegmanni*, 1835 (Anura: Bufonidae) en la localidad de Farellones. Región Metropolitana. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. 7p.
- HELLAWELL, J. 1978. Biological surveillance of rivers. A biological monitoring handbook. Ed. NERC and J. M. Hellawell. England. 332p.
- HILSENHOFF, W. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of North American Benthological Society. 7 (1): 65-68.
- HURTADO, M. F, 2007. Calidad de las aguas del Río Itata usando Bioindicadores, previo a la puesta en marcha del Complejo Forestal Industria Nueva aldea. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile. 75p.
- INE 2006. Atlas Geográfico, Estadístico y Censal de Chile Censo 1992-2002, Síntesis Geográfica de la Región de Antofagasta, Chile. 384p. [en línea]. Disponible en el WWW:

<<http://www.scribd.com/doc/27034331/Atlas-de-Chile-INE-2006>>. [Consulta: 20 Mayo 2011].

INN 1978. Norma chilena Oficial N° 1333 (NCH 1333 OF. 1978). Aprobada por Decreto Supremo N°867 del 07/04/1978 del Ministerio de Obras Publicas. Publicado en el diario oficial del 22/05/1978. Chile. 11p.

ISO, 1985. Métodos de muestreo biológico. Guía para el muestreo biológico con red de macroinvertebrados bentónicos. ISO 7828: 1985. España. 12p.

KOLKWITZ, R. y M. MARSON. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ver. Deutsche. Bot Ges. 26: 505-519.

LOPEZ, M. 1977. Vertical and Temporal Distribution of Phytoplankton Populations of Lake Tahoe, California-Nevada. Submitted in partial of the requirements for the gradee of Master of Science in Ecology in de Graduate Division of the University of California Davis. United States of America. 63p.

MARAMBIO, C. 2001. Formulación de indicadores hidrobiológicos de contaminación en cursos fluviales chilenos. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile. 83p.

MANN, G., 1978. Los Pequeños Mamíferos de Chile. Gayana, Zoología 40: 1-342.

MELÉNDEZ, M., C. LOUIT, Y A. VILLEGAS. 2008. Informe Censo de Guanacos Temporada 2007-2008, Parque Nacional Llanos de Challe. Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente, Oficina Provincial Huasco CONAF Atacama, Chile. 83-119.

MEYBECK, M. 1990. La contaminación de los ríos. Mundo Científico No 104. Vol. 10.

MUÑOZ, A. Y J. YAÑEZ. 2000. Mamíferos de Chile. Ediciones CEA. Valdivia, Chile. 464p.

OCDE, 1982. Eutrophisation des eaux. Méthodes de surveillance, d'evaluation et de lutte. Paris. 164p.

PUIG, S., F. VIDELA y M. CONA. 1997. Diet and abundance of the guanaco in forir hábitats of northerm Patagonia, Argentina, J. and Environ 36: 343-357.

RAEDEKE, K. 1978. El guanaco de Magallanes. Chile. Su distribución y biología. CONAF Publicación Técnica N°4. 182 p.

RAEDEKE, K. y J. SIMONETTI. 1988. Food habits of *Lama guanicoe* in the Atacama desert of northern Chile. Journal of Mammalogy 69: 198-201.

- RAMÍREZ, G. 1999. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico. Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 325 p.
- RIBEIRO, G. y M.E. LIZURUME. 1995. Nuestra Fauna Silvestre. El Guanaco. Dirección de Fauna Silvestre. Provincia del Chubut. 1: 1-24.
- ROLDAN, G. y J. RAMIREZ 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 442p.
- ROSENBERG, D. 1998. A national aquatic ecosystem health program for Canada: We should go against the flow. Bull. Entomol. Soc. Can. Canada. 30(4): 144-152p.
- SANTIBAÑEZ, F. 1983. Distritos Agroclimáticos de la III Región de Atacama CORFO. Edit. Convenio Facultad de Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. 143p.
- TORO, J., J. SCHUSTER, J. KUROSAWA, E. ARAYA y M. CONTRERAS. 2003. Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores río Maipo. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. Santiago, Chile. 11p.
- TUFFERY, G. y J. VERNEAUX 1967. Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité des eaux courantes. Indices biotiques, Ann. Sci. Univ. Besançon, Zool. 2: 79-89.
- VÁZQUEZ, G., G. MEJIA, I. GONZALEZ, R. PEREZ, y T. CASTRO. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. Departamento el Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma de México (UAMX). México, D.F. 1-7.
- VELOSO, A. Y H. NÚÑEZ. 2003. Species Data Summaries. Chile Review Workshop, 3-4 octubre 2003. Universidad de Concepción. Global Amphibian Assessment. Documento de Trabajo.
- WANIELISTA, M., R. KERSTEN y R. EAGLIN, 1997. Hydrology and Water Quality Control, 2ª edición. Ed. Wiley. 557p.
- WHITON, A. 1975. River Ecology. Blackwell Scientific Publications. Oxford. England. 725p.

ANEXO I

Aguada Fundición



ANEXO II

Aguada Challes 1



ANEXO III

Aguada Challes 2



ANEXO IV

Guanaco en Challes 1 y Challes 2



Fuente: Nicolás Fuentes Allende.

ANEXO V

Aguada Administración



ANEXO VI

Aguada Puesto 1



ANEXO VII

Aguada La Higuera



ANEXO VIII

Aguada Hualtatas



ANEXO IX

Cuadro 20. Muestreo de Fitobentos para la estacionalidad húmeda.

División	Especies	Aguadas muestreo Junio 2010						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Bacillariophyta	<i>Achnantes sp.</i>	0	3	2	0	1	1	1
	<i>Amphora sp.</i>	2	0	0	0	14	20	5
	<i>Campilodiscus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Coccinodiscus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cocconeis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cymbella sp.</i>	17	4	3	11	5	4	4
	<i>Diploneis ovalis</i>	0	0	0	0	0	12	0
	<i>Ephitemia sp.</i>	2	40	41	2	0	0	0
	<i>Fragilaria sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mastogloia sp.</i>	5	4	5	0	3	3	3
	<i>Navicula sp.</i>	96	47	100	95	0	0	0
	<i>Pinularia sp.</i>	0	4	2	0	3	4	2
	<i>Pleurosigma sp.</i>	0	0	0	0	0	25	0
	<i>Stephanodiscus sp.</i>	8	0	0	0	2	4	0
Chlorophyta	<i>Chlorella sp.</i>	35	170	174	2	0	0	0
	<i>Gloeoactinium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mougeotia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Spirogyra sp.</i>	0	2	0	0	0	0	12
	<i>Ulothrix sp.</i>	7	0	2	2	2	3	0
Cyanophyta	<i>Borzia sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Coelospharium sp.</i>	0	0	0	300	0	300	0
	<i>Gloeotrichia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lyngbya sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Nostoc sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oscillatoria sp.</i>	5	0	0	0	8	9	5

Cuadro 21. Muestreo de fitobentos para la estacionalidad seca.

División	Especies	Aguadas muestreo Enero 2011						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Bacillariophyta	<i>Achnantes sp.</i>	0	5	12	13	7	3	1
	<i>Amphora sp.</i>	8	2	5	9	26	43	4
	<i>Campilodiscus sp.</i>	50	11	10	0	0	0	0
	<i>Coccinodiscus sp.</i>	0	0	0	0	3	0	0
	<i>Cocconeis sp.</i>	0	0	0	100	12	11	2
	<i>Cyclotella sp.</i>	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Cymbella sp.</i>	13	16	0	7	10	20	3
	<i>Diploneis ovalis</i>	0	0	0	0	0	15	0
	<i>Ephitemia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fragilaria sp.</i>	0	0	0	0	0	6	11
	<i>Mastogloia sp.</i>	15	7	0	0	40	36	4
	<i>Navicula sp.</i>	278	40	31	120	10	13	2
	<i>Pinularia sp.</i>	0	2	0	2	10	0	0
	<i>Pleurosigma sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0	0	1	24	0	
Chlorophyta	<i>Chlorella sp.</i>	0	19	12	0	0	0	0
	<i>Gloeoactinium sp.</i>	0	10	2	0	0	0	0
	<i>Mougeotia sp.</i>	0	2	0	0	0	10	0
	<i>Spirogyra sp.</i>	0	3	0	0	0	0	22
	<i>Ulothrix sp.</i>	0	1	4	1	5	0	0
Cyanophyta	<i>Borzia sp.</i>	0	4	0	0	0	0	0
	<i>Coelospharium sp.</i>	0	0	0	300	0	0	0
	<i>Gloeotrichia sp.</i>	0	4	0	0	0	0	0
	<i>Lyngbya sp.</i>	0	0	58	0	0	0	0
	<i>Nostoc sp.</i>	0	0	24	0	0	31	0
	<i>Oscillatoria sp.</i>	30	0	0	0	0	10	0

ANEXO X

Según Chiappe y Fuentes (2009) los guanacos tienen preferencias por ciertas aguadas, por lo que elaboraron un ranking en relación a la cantidad de defecaderos contabilizados en los alrededores de las aguadas.

Cuadro 22. Preferencia por aguadas en relación a la cantidad de defecaderos a su alrededor.

Preferencias	Aguadas	N° Defecaderos
1	Fundición	128
2	Los Pajaritos	105
3	Challes 2	98
4	Challes 1	97
5	Hualtatas 1	90
6	Algodones	82
7	La Higuera	66
8	Hualtatas	65
9	Puesto 1	58
10	Los Corrales	54
11	Rascamoño 2	53
12	Rascamoño 1	47
13	El Carrizo	19
14	Administración	12

Fuente: Chiappe y Fuentes 2009.