



### ***Informe Práctica Profesional 2015***

“Caracterización biológica, hidrología y cartográfica de las lagunas y su entorno: La Señoraza, El Pillo, El Desagüe y La Potrerada”

Practicantes: Camila Arriagada Jaramillo

Carlos Cerda Barraza

Matias Naour Tapia

Institución: Forestal Mininco

Supervisor: Eugenio Hernández Meza

Alejandra Castillo Mundaca

Periodo de realización: Enero – Febrero 2015

Concepción, Marzo 2014.

# 1. Contenido

.....	1
<i>Informe Práctica Profesional 2015</i> .....	1
2. Introducción .....	5
2.1. Breve diagnostico socioecológico del sitio de estudio.....	6
3. Objetivos .....	7
3.1. Objetivo general.....	7
3.2. Objetivos específicos.....	7
4. Descripción área de estudio.....	8
5. Metodologías .....	8
5.1. Clima.....	8
5.1.1. Elección de estaciones .....	8
5.1.2. Desarrollo en Arcmap 10.....	10
5.1.3. Clasificación de Köppen.....	11
5.2. Geometría .....	13
5.2.1. Área y perímetro lagunas .....	13
5.2.2. Perfil longitudinal de profundidad .....	13
5.3. Geomorfología .....	16
5.3.1. Material usado .....	16
5.3.2. Metodología .....	16
5.3.3. Mapa de pendientes .....	18
5.4. Cartografía Base .....	18
5.5. Flora y fauna.....	19
5.5.1. Flora.....	19
5.5.2. Fauna .....	19
5.6. Precipitación.....	20
5.7. Escorrentía .....	21
5.7.1. Método de Turc.....	21
5.8. Evapotranspiración .....	22
5.8.1. Método de Hargreaves.....	22
5.9. Variabilidad de nivel de agua .....	23
5.10. Calidad de Agua.....	23
6. Resultados .....	25

6.1.	Clima.....	25
6.2.	Geometría .....	27
5.2.1	Perfiles longitudinales de profundidad .....	27
5.2.2	Área y perímetro lagunas .....	30
6.3.	Geomorfología .....	30
6.3.1.	Características morfométricas y fisiográficas de la cuenca .....	30
6.3.2.	Forma de la cuenca .....	30
6.3.1.	Mapa Pendientes El Desagüe .....	32
6.3.2.	Mapa de pendientes de La Señoraza y El Pillo .....	33
6.3.3.	Mapa Pendientes La Potrerada .....	34
6.4.	Cartografía base .....	35
6.4.1.	Cartografía base La Señoraza y El Pillo .....	35
6.4.2.	Cartografía base El Desagüe .....	36
6.4.3.	Cartografía base La Potrerada.....	37
6.5.	Flora.....	38
6.5.1.	El Desagüe .....	38
6.5.2.	La Potrerada .....	38
6.5.3.	El Pillo .....	39
6.5.4.	La Señoraza.....	40
6.6.	Fauna.....	41
6.6.1.	El Desagüe .....	41
6.6.2.	La Potrerada .....	42
6.7.	Precipitación.....	43
6.7.1.	El Desagüe .....	43
6.7.3.	El Pillo .....	43
6.7.4.	La Señoraza.....	43
6.8.	Escorrentía .....	44
6.8.1.	El Desagüe .....	44
6.8.2.	La Potrerada .....	44
6.8.3.	El Pillo .....	44
6.8.4.	La Señoraza.....	44
6.9.	Evapotranspiración .....	44
6.9.1.	El Desagüe .....	44

6.9.2.	La Potrerada .....	44
6.9.3.	El Pillo .....	44
6.9.4.	La Señoraza.....	45
6.10.	Variabilidad de nivel de agua .....	45
6.10.1.	El Desagüe .....	45
6.10.2.	La Potrerada .....	46
6.10.3.	El Pillo .....	48
6.10.4.	La Señoraza.....	49
6.11.	Calidad de agua .....	50
6.11.1.	El Desagüe .....	50
6.11.3.	El Pillo .....	51
6.11.4.	La Señoraza.....	51
7.	Conclusiones y propuestas.....	51
8.	Agradecimientos .....	55
9.	Bibliografía .....	55
10.	Anexos.....	58

## 2. Introducción

La superficie terrestre está compuesta en un 70% de agua, correspondiendo solamente un 3% a agua dulce. Parte importante de ese porcentaje se encuentra en casquetes de hielo y glaciares, por lo que únicamente el 1% del agua dulce superficial es aprovechable (MMA, 2011). Esta agua dulce aprovechable puede estar presente en cuerpos de agua tales como: ríos, lagos, lagunas y humedales. Chile se caracteriza por poseer más de 15.000 cuerpos de aguas continentales de variadas formas y tamaños, los que constituyen un invaluable activo medio ambiental y turístico, contienen agua de buena calidad y son importantes reguladores de los flujos en las cuencas (MOP, 2013). Estos sistemas se encuentran en su mayoría adyacentes a hábitats conocidos como de ribera o ripariano, los que de acuerdo con Romero *et al.* (2014), se caracterizan por ser un sistema vegetal de transición entre hábitats terrestres y acuáticos. En conjunto, los cuerpos de agua y los hábitats de ribera, forman un ecosistema único que funciona como una fuente compleja sustentadora de biodiversidad, teniendo límites, patrones sucesionales, disposiciones verticales en estratos, además de ser reservorios genéticos de las especies que los ocupan, por el gran número de micro-hábitats especiales, definidos por rasgos físicos (Granados *et al.* 2006). Dichos micro-habitats, sirven tanto a especies acuáticas, semiacuáticas y especies terrestres, además de ser sitios de refugio de aves migratorias (Aubriot *et al.* 2005). Estos sitios se caracterizan por brindar una gran variedad de bienes y servicios ecosistémicos tales como: almacenaje y depuración de aguas, fijación de carbono en la vegetación y el suelo, oportunidades de caza y pesca, amortiguación de inundaciones, entre otros. Estos servicios ecosistémicos muchas veces no son reconocidos por la sociedad, lo que podría contribuir a la pérdida de los mismos, como consecuencia de la sobre-explotación, contaminación y manejo irresponsable.

Los ecosistemas riparianos son muy sensibles a las actividades antrópicas, por estar ubicados en medio de cuencas de drenaje. Sabemos que la magnitud, extensión y velocidad de las alteraciones antropogénicas sobre la superficie de la tierra no tienen precedentes en la historia de la humanidad (Lambin *et al.* 1999, NRC 2001) y que una de las alteraciones de origen antrópico más grandes a nivel mundial es el cambio de uso de suelo, donde las actividades agropecuarias, junto con la extracción de madera, han causado una pérdida neta de siete a once millones de km<sup>2</sup> de bosque en los últimos 300 años (Ramankutty & Foley 1999, Foley *et al.* 2005). Particularmente en Chile, Aguayo *et al.* (2009) identificaron que para la zona centro-sur de Chile entre los años 1979 y 2000, las causas que modificaron el paisaje fue la fuerte actividad agrícola y forestal, en donde esta última alcanza una tasa promedio de crecimiento estimada de un 7,4% anual para los años de estudio. Estas actividades han producido una alta deforestación de los bosques nativos del país, lo que ha generado fragmentación del paisaje, alteración en la regulación de caudales, pobreza y migración de pobladores, entre otras alteraciones en el medio (Altamirano & Lara, 2010). Otro de los problemas generados por estas actividades, es que los cuerpos de aguas se ven afectados en el aceleramiento del proceso de eutroficación, lo que ocasiona una fertilización excesiva de estos cuerpos, dando como resultado el crecimiento perjudicial de plantas acuáticas, tales como algas y macrófitas (Parra, 1989).

## 2.1. Breve diagnóstico socioecológico del sitio de estudio

Dentro de los límites comunales de Laja, existen catorce cuerpos de agua, de los cuales diez comparten límites de sus hábitats ribereños con plantaciones forestales de *Pinus sp.* y *Eucaliptus sp.*, algunas de las cuales pertenecen a Forestal Mininco. Considerando esto último, y en base a la información previamente aportada, es relevante tener información sobre la composición florística y faunística en detalle de este tipo de ecosistemas, ya que han y continúan teniendo una alta presión antrópica debido a las diferentes actividades que se han desarrollado en la zona por más de 30 años. Debido a esto, es que el municipio de Laja en conjunto con Forestal Mininco, han trabajado en conjunto para idear un plan de levantamiento de información de estos ecosistemas. Esta asociación es importante para ambas partes, ya que por un lado el municipio pretende a futuro poder realizar actividades de educación ambiental y turismo de intereses especiales, y por el otro, Forestal Mininco posee predios que colindan con algunos de estos cuerpos de agua, por lo que este estudio contribuye un primer esfuerzo de la empresa por describir estos ecosistemas, lo que es de suma importancia para poder tomar decisiones estratégicas a futuro que no dañen estos sitios.

Las lagunas a estudiar son 4, dos ubicadas en territorio municipales y otras dos pertenecientes a predios de Mininco. La laguna llamada La Señoraza es de uso urbano recreativo desde el año 2013 sin una evaluación de la calidad de agua regida por alguna normativa vigente y Las lagunas restantes, El desagüe, El Pillo y La Potrerada, no se encuentran estudios hídricos. El interés de Mininco es conocer qué biodiversidad es la que se encuentra presente y la que se podría esperar encontrar, para ello, conocer los niveles de nutrientes como fósforo y nitrógeno total, el pH, cantidad de Coliformes fecales, sólidos suspendidos y turbidez presentes en las lagunas es de suma importancia para conocer el ecosistema presente en el lugar.

Referente a los estudios de calidad de agua, no se han realizado en ninguno de los cuerpos de agua por lo que es imperante realizar una caracterización especificando lo que contiene el agua mediante un estudio microbiológico y físico-químico dependiendo del uso que tienen y tendrán. Otro punto a calcular debe ser los ingresos y salidas de cada laguna, es decir las entradas como precipitación, escorrentía, evapotranspiración, caudales de entrada y caudales de salidas como la escorrentía ya que así podremos tener un estimativo de cuánta agua se incorpora a las lagunas y si la laguna está acumulando o perdiendo el volumen.

Otro tópico a investigar es conocer la estructura externa que rodea dichas lagunas como lo son las microcuencas que las alimentan, el clima y la forma del relieve, su forma de cada laguna y lo que sucede bajo sus aguas. Al estudio que encierra dichas componentes le conocemos como estudio del subsistema natural o medio físico, el cual está formado por el territorio y sus recursos y conformado por elementos y procesos del medio ambiente. Su caracterización está íntimamente relacionada con las actividades del hombre, ya que la población y sus actividades económicas que desarrolla se asientan sobre un entorno físico natural, con el que tienen interacciones a través de los insumos que consumen o utilizan y los efluentes o salidas.

Para comprender mejor y conocer lo que sucede en estas cuatro lagunas es indispensable conocer su entorno, el clima por ejemplo dictara la flora y fauna de la zona, la geomorfología denotara la forma de la superficie terrestre y ello lleva consigo la dirección y cantidad de agua

recibida por estos cuerpos de agua. La geometría de estas lagunas forma parte de los datos básicos que se deben de conocer como así también su profundidad aproximada.

Gran parte de la información que recoge el estudio se debe de plasmar de manera gráfica para tomar decisiones sobre el territorio y hacer buen uso de estos recursos, es por esto que la cartografía tiene un importante papel como elemento de apoyo al desarrollo de la infraestructura creada por el Hombre y para efectos de planeación.

Los productos que se derivaron de la cartografía fueron principalmente la cartografía base, que en términos simples es un mapa a modo de representación gráfica de la superficie de la Tierra o parte de la misma, dibujada a escala en un plano o desplegada en un monitor.

Los mapas, mediante signos, símbolos gráficos, colores y algún tipo de codificación, representan toda una serie de datos que previamente se han recabado, analizado, depurado, sintetizado y clasificado.

Debido a su estructura y enfoque, la cartografía sirve como apoyo a las actividades de estudio, análisis, programación y planeación en los niveles local, regional y nacional, a corto, mediano y largo plazo, por sector y rama de producción, y también desde las perspectivas rural y urbana.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

- Caracterización de la flora, fauna, hidrológica y cartográfica, presente en los sitios de estudio en la comuna Laja, provincia de Bío-Bío, Región del Bío-Bío.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar la riqueza florística y elaborar un catálogo florístico de las zonas de estudio.
- Identificar la riqueza faunística y elaborar un catálogo florístico de las zonas de estudio.
- Proponer medidas de conservación y/o restauración de hábitat ribereño y zonas degradadas adyacentes.
- Determinar la precipitación, evapotranspiración y escorrentía superficial de las zonas de estudio.
- Estimar la variabilidad de nivel de agua de los ingresos y egresos de agua de las zonas de estudio.
- Definir la calidad de agua de las zonas de estudio.
- Análisis del subsistema físico climático y geomorfológico de las zonas de estudio.
- Apoyo cartográfico (geometría lagunas, cartografía base y mapa turístico) de las zonas de estudio.
- Elaborar recomendaciones para un posible uso científico y educativo para las zonas de estudio.

## 4. Descripción área de estudio

La comuna de Laja está ubicada en el extremo Nororiente de la provincia del Bío-Bío, a 47 km al oeste de la comuna de Los Ángeles, entre los ríos Bío-Bío y Laja. Se encuentra en latitud 37° 16'00" S y longitud 72°42'00" O, con una superficie de 339,8 km<sup>2</sup> (Anexo N°1).

La comuna posee cuerpos lacustres, los cuales tienen un potencial turístico recreativo, además de ser ecosistemas sostenedores de la flora y fauna. Existen 14 cuerpos lacustres: La Señoraza, Coyanco - Brazil, El Desagüe - El Bosque, Cruz de Piedra, Valdebenito, El Pillo, Quelén Quelén, Quiebrafrenos, Lavanderos, La Peña, La Potrerada, Pozo Piedra, Club de Campo y El Toro-Cerrillos, los cuales se encuentran a una altura de entre 52 y 120 m s.n.m.

Específicamente, el área de estudio comprende las microcuencas y los ecosistemas adyacentes a cuatro de las lagunas anteriormente mencionadas: La Señoraza, El Pillo, El Desagüe y La Potrerada (Anexo N°2). La Señoraza se ubica dentro del perímetro urbano de la comuna de Laja y El Pillo a escasos 2 km de la ciudad, teniendo estas un alto nivel de vulnerabilidad en sus ecosistemas ante presiones antrópicas. Las dos restantes, El Desagüe y La Potrerada, se encuentran a 14 y 8 km de la ciudad respectivamente y poseen en al menos un 50% de su perímetro de hábitat ribereño cubierto por plantaciones forestales de *Pinus radiata*.

Según la descripción climática realizada por Köppen en 1936, el área posee un clima templado cálido con lluvias invernales. Posee precipitaciones medias anuales alcanzan 1.330 mm con un período seco de cuatro meses (MOP, 2004). Además, posee una temperatura media anual de 13,5 °C

Ante la existencia de estudios previos de Fauna en las lagunas La Señoraza y El Pillo, se estudiara solo la flora en estos sitios. Para las lagunas El Desagüe y La Potrerada se hará estudio tanto de flora como de fauna, ya que no existe información al respecto en estos ecosistemas.

## 5. Metodologías

### 5.1. Clima

#### 5.1.1. Elección de estaciones

En primera instancia se necesita estaciones o modelos meteorológicos que nos dieran cobertura de varios años posteriores, donde el OMM (Organización Meteorológica Mundial) propone lo siguiente:

“Los períodos óptimos para distintas características y regiones, tomados de las publicaciones técnicas de la OMM, la que recomienda un período de treinta años.” En la Tabla N°1 se resume la cantidad de años adecuada por estudio a realizar.

Tabla N°1: Tiempo en años propuesto por la OMM

Elementos	Islas	Costas	Llanuras	Montañas
Temperatura	10	15	15	25
Humedad	3	6	5	10
Nubosidad	4	4	8	12
Visibilidad	5	5	5	8
Precipitación	25	40	40	50

Lo que nos dio cobertura fueron los datos extraídos desde la página [es.climate-data.org](http://es.climate-data.org) la cual nos entregó la siguiente información.

***All of our climate data comes from a climate model. The model has more than 220 million data points and a resolution of 30 arc seconds. The model uses weather data from thousands of weather stations from all over the world. This weather data was collected between 1982 and 2012. This data will also be refreshed from time to time.***

Teniendo los antecedentes del modelo, su resolución y la cobertura desde el año 1982 hasta el 2002 completando un ciclo de 30 años ya es posible usar estos datos para la definición del clima de nuestra área de estudio.

Para la representación gráfica usaremos mapas de isoclinas que unen en el mapa puntos con iguales valores absolutos o medios de temperatura y precipitación, los criterios para la disposición de las estaciones es el siguiente.

La zona debe disponer de 5 estaciones con los siguientes requisitos:

- Observaciones de temperaturas durante un mismo período.
- Diferencia de altitud apreciable.
- Una de las estaciones debe estar rodeada por las otras cuatro, de tal manera de constituir el centro de una equis o una cruz, aproximadamente.
- La suma de las distancias de la estación céntrica a las otras no debe ser mayor de 700 km.
- La longitud de los brazos de la cruz o equis debe ser lo más uniformemente posible.

Teniendo claro el tipo de mapa y los requisitos a cumplir las estaciones escogidas son las siguientes:

- Laja
- Yumbel Estación
- Nacimiento
- Millantu
- Virquenco

La cobertura que nos daban estas 5 estaciones era baja y gráficamente era difícil expresarla, así que el área para el clima se amplió hasta 9 estaciones:

- Los Ángeles
- Cabrero
- Santa Juana
- Salto del Laja

**5.1.2. Desarrollo en Arcmap 10**

Posterior al cálculo de los promedios anuales para cada estación los valores fueron agregados a una tabla de atributos (Tabla N°2) y representados gráficamente (Figura N°1). La coordenada de cada estación está en el sistema de referencia WGS84 UTM HUSO 18 SUR.

Tabla N°2: Atributos estaciones

FID	Shape *	Estaciones	X	Y	Temperatur	Precipitac
0	Point	Yumbel Estación	718673,88	5886229,7	13,433333	93,5
1	Point	Nacimiento	705606,62	5846457,82	13,375	108,416667
2	Point	Laja	702744,41	5871901,02	13,375	106,083333
3	Point	Millantú	710865,2	5858375,05	13,483333	104,75
4	Point	Virquenco	721154,65	5851129,06	13,491667	100,833333
5	Point	Los Angeles	734877	5848758	13,6	100,583333
6	Point	Cabrero	731148	5897789	13,341667	91,75
7	Point	Santa Juana	682313	5883812	13,175	117,583333
8	Point	Salto del Laja	732139	5877598	13,283333	109,416667

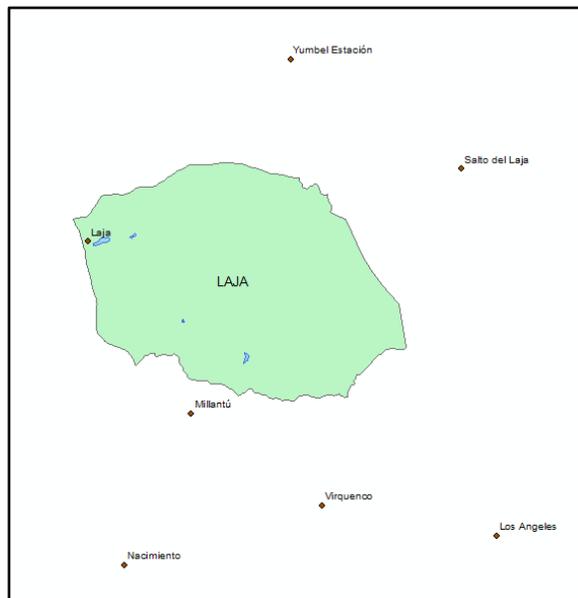


Figura N°1: Distribución espacial de las estaciones

El método de interpolación usado fue *KRIGING* el cual usa puntos para generar una capa Raster, desde este se desprenden curvas de nivel que llevan como etiqueta la media anual, las curvas al igual que el Raster disminuyen de intensidad a medida que disminuye el valor medio.

### 5.1.3. Clasificación de Köppen

En la actualidad existen diferentes clasificaciones climáticas, que varían dependiendo de las condiciones consideradas para definir un tipo de clima u otro. Algunas se basan en los aspectos físicoquímicos predominantes de la zona, como la temperatura, la precipitación, la humedad, y otros parámetros meteorológicos. De este tipo es la clasificación tradicional de los climas de Köppen, basada en aspectos puramente meteorológicos, que describe las grandes zonas climáticas existentes clasificándolas en climas cálidos, templados y fríos.

Este sistema de clasificación desarrollado por KÖPPEN se basa en las medias mensuales y anuales de temperatura y precipitación, escogidas por su función de valores críticos para la vegetación. Así, pues, KÖPPEN utiliza la vegetación como indicador del clima. Esta clasificación del clima ha sido mejorada continuamente y, aunque ha sido criticada, sigue siendo hasta hoy uno de los métodos más conocidos y usados de clasificación climática.

Köppen definió seis grupos principales de climas, a los que identificó en un amplio esquema con letras mayúsculas, que sirven sólo como un sistema de ordenación geográfica, empezando por el ecuador y terminando en los polos. Su punto de partida consiste en que la vegetación natural constituye un indicador del clima, y algunas de sus categorías se apoyan en los límites climáticos de ciertas formas de vegetales. Los climas son definidos principalmente por los valores medios anuales y mensuales de la temperatura y de la precipitación. Con estos criterios quedan definidos los seis grandes grupos, reconocidos con las letras A, B, C, D, E y H (FiguraN°2):

<b>A</b>	Climas tropicales lluviosos. Todos los meses la temperatura media es superior a los 18° C. No existe estación invernal y las lluvias son abundantes.
<b>B</b>	Climas secos. La evaporación es superior a la precipitación.
<b>C</b>	Climas templados lluviosos. El mes más frío tiene una temperatura media comprendida entre 18° C y -3° C, y la media del mes más cálido supera los 10° C.
<b>D</b>	Climas de invierno frío. La temperatura media del mes más frío es inferior a -3° C y la del mes más cálido está por encima de 10° C.
<b>E</b>	Climas polares. No tienen estación cálida y el promedio mensual de las temperaturas es siempre inferior a 10° C.
<b>H</b>	Climas de alta montaña.

Figura N°2: Clasificación de Köppen

En base a la distribución estacional de las precipitaciones, existe una nueva división de los grupos anteriores en subgrupos más específicos indicados por las letras minúsculas f, s, w y m, lo que indica si en la región climática existe una estación seca en el verano (s), en el invierno (w) o no existe estación seca (f).

Para describir mejor el régimen térmico, se usa una tercera letra a, b, c, d, h ó k, que indican cuán cálido es el verano o cuán frío es el invierno (Figura N°3).

<b>a</b>	La temperatura media del mes más cálido es superior a 22° C.
<b>b</b>	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 22° C, pero con temperaturas medias de al menos cuatro meses superiores a 10° C.
<b>c</b>	Menos de cuatro meses con temperatura media superior a 10° C.
<b>d</b>	El mes más frío está por debajo de -38° C.
<b>h</b>	La temperatura media anual es superior a 18° C.
<b>k</b>	La temperatura media anual es inferior a 18° C.

Figura N°3: Sub clasificación de Köppen

## 5.2. Geometría

### 5.2.1. Área y perímetro lagunas

El área y perímetro se derivó de la digitalización de las cuatro lagunas sobre la imagen LIDAR provista por Forestal Mininco (Figura N°4). El trabajo se realizó con una escala grande para acceder a la mayor cantidad de detalles y cubriendo todo el borde de las aguas (riveras).

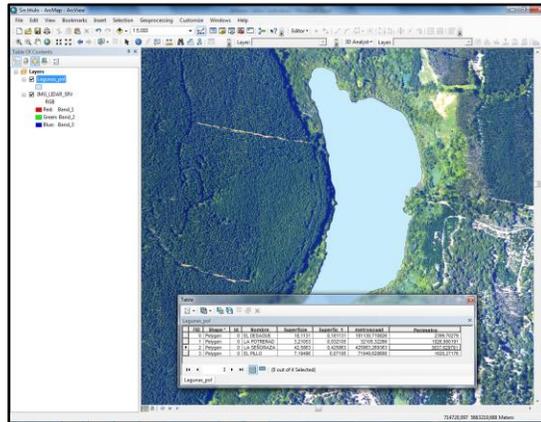


Figura N°4: Digitalización de lagunas

### 5.2.2. Perfil longitudinal de profundidad

Dentro del desarrollo de la componente geométrica de las lagunas era importante conocer la topografía del fondo de estas (batimetría), pero debido al escaso tiempo, recursos limitados, poca experiencia condiciones de las lagunas no fue posible realizar tal batimetría. Una de las maneras de tener un acercamiento al fondo de estas era realizar un perfil que recorra de extremo a extremo por su parte más larga (Figura N°5) y pasando por el centro de las lagunas, pues suponemos que sería la parte más profunda de estas. La digitalización de estas se realizó en el punto 3.1 para luego trazar un línea referenciada que representa la parte longitudinal de este perfil, la cual posteriormente será navegada con GPS (Figura N°6) para resolver la componente planimétrica (X,Y). La componente de la profundidad se resolvió con un equipo usado en la pesca, el cual a través de la técnica de ecosonda muestra peces bajo el sensor y también en el display indica la profundidad hasta el lecho en el punto (Figura N°7). La distancia entre puntos se relaciona con la distancia del perfil y el tiempo disponible para realizar levantamiento.

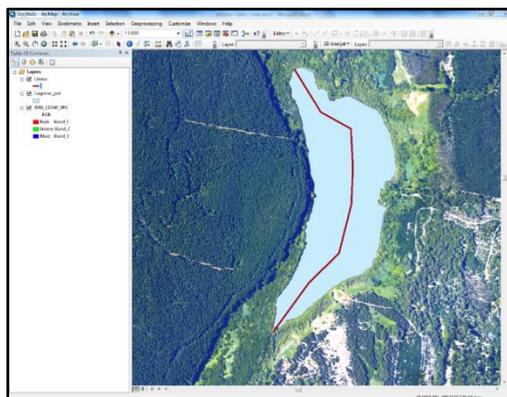


Figura N°5: Trazo ruta medición de profundidad

La navegación fue apoyada por un navegador GPS marca *Trimble* modelo Juno SB.

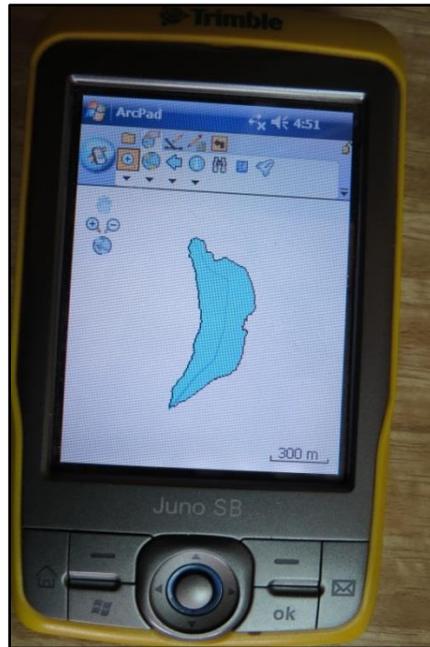


Figura N°6: Navegador GPS *Trimble* Juno SB

El equipo para la profundidad fue un “buscador de peces portable” que usa una técnica de ecosonda con una amplitud de 45 grados, una profundidad mínima de lectura de 0.6 metros y una máxima de 100 metros.



Figura N°7: Buscador de peces o Ecosonda

El modo de uso fue navegar cada una equidistancia definida (ejemplo 30 metros) y activar la ecosonda para conocer la profundidad de la laguna en ese punto (Figura N°8).

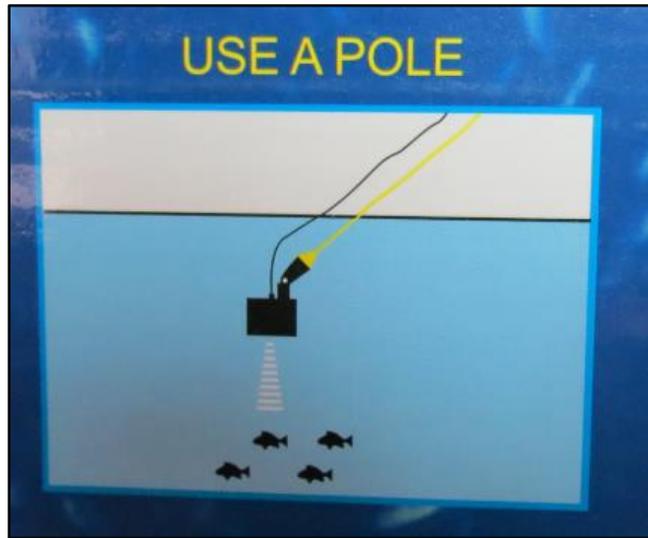


Figura N°8: Método de uso Ecosonda

Las lagunas La Señoraza y El Pillo fueron relativamente fáciles de trabajar, para la laguna La Potrerada tenía una cantidad importante de *PINITO DE AGUA* que dificultaba la lectura del ecosonda y para la laguna El Desagüe fue imposible su navegación (Figura N9 y N°10).



Figura N°9: Superficie laguna El Desagüe

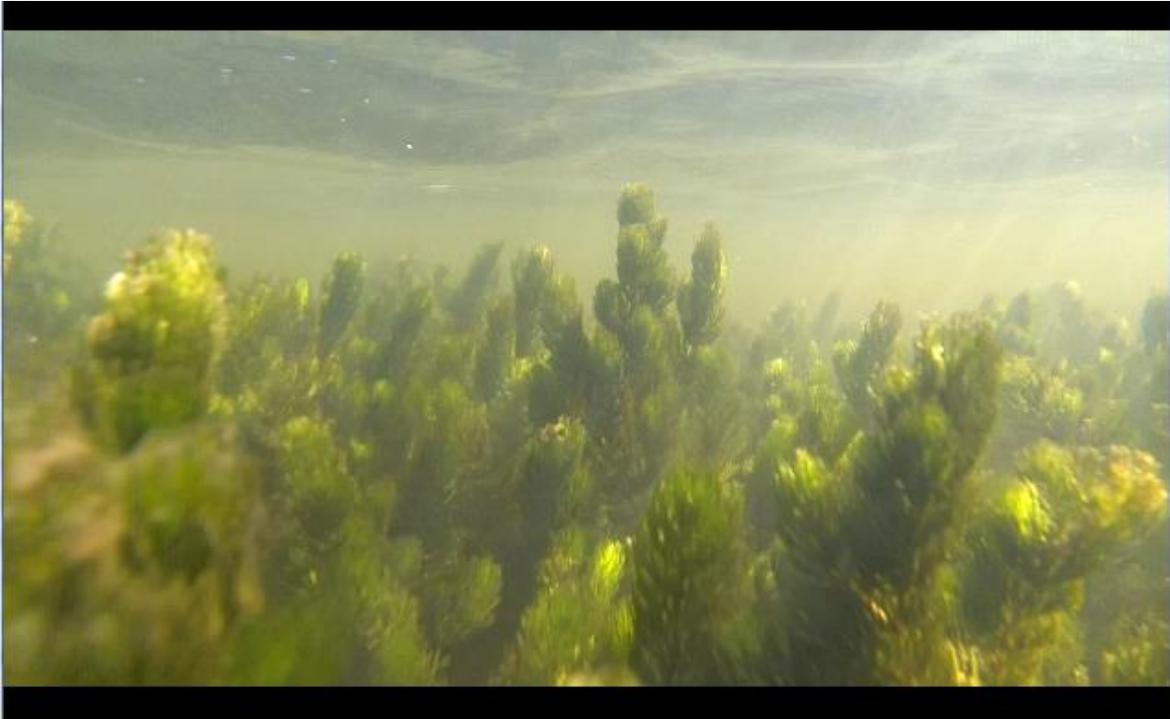


Figura N°10: Fondo laguna La Potrerada

### 5.3. Geomorfología

#### 5.3.1. Material usado

El material proporcionado por Forestal Mininco corresponde a:

- Modelo digital de terreno de resolución de 1x1 metro que cubre casi en su totalidad las lagunas a estudiar obtenido con técnica Lidar.
- Software Arcgis 10, con extensión de hidrología.

#### 5.3.2. Metodología

La primera labor consistió en definir las microcuencas (Figura N°13) para cada una de las lagunas donde una microcuenca es un terreno delimitado por las partes altas de una montaña, donde se concentra el agua lluvia que es consumida por el suelo para luego desplazarse por un cauce y desembocar en una quebrada, río o lago. La forma en la que se desarrollo es muy similar a la definición de una cuenca hidrográfica, salvo que controlaremos algunos parámetros para trabajar de mejor manera con el tamaño de los pixeles.

Teniendo el DMT que cubra en su totalidad las lagunas lo primero que realizamos es **Fill** para eliminar imperfecciones (huecos y sumideros) del ráster luego establecer la dirección del flujo hidrológico de la pendiente con la herramienta **Flow Direction** y por ultimo determinar la acumulación del flujo de las celdas que fluyen hacia cada celda descendiendo sobre la pendiente por medio de la herramienta **Flow Accumulation** (Figura N°11).

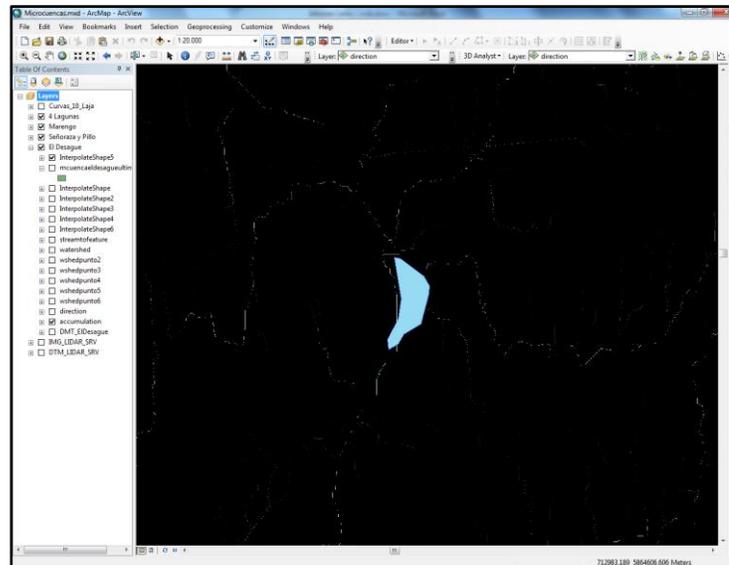


Figura N°11: Dirección de las aguas.

Se construye automáticamente la red hídrica por medio de un condicional (esto depende del tamaño del ráster) ahora es muy importante en "Expression" usar la expresión  $value > 4000$ , este valor depende del tamaño del pixel y del ráster, mientras más grande sea la microcuenca se debe usar un valor mayor con la herramienta Con, es decir el condicional permite clasificar las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado por el usuario, por ejemplo al ingresar un valor bajo como resultado mostrará afluentes pequeños de la red de drenaje, pero mientras más alto sea el valor se obtendrá la red de drenaje de mayor tamaño.

Como siguiente paso generar un vector entre el resultado de los rásters de la acumulación de flujo y el condicional con, con ayuda de la herramienta **Stream to Feature** (Figura N°12) y por ultimo indicar los puntos de aforo de las entradas a las lagunas. El resultado es el siguiente.

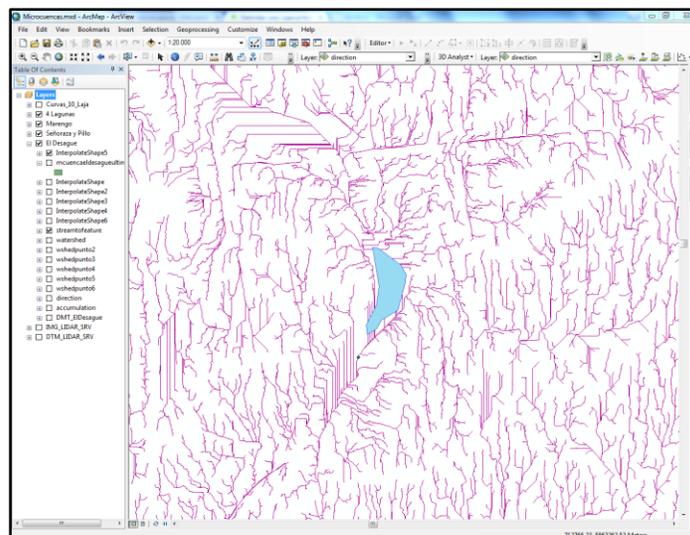


Figura N°12: Stream to feature

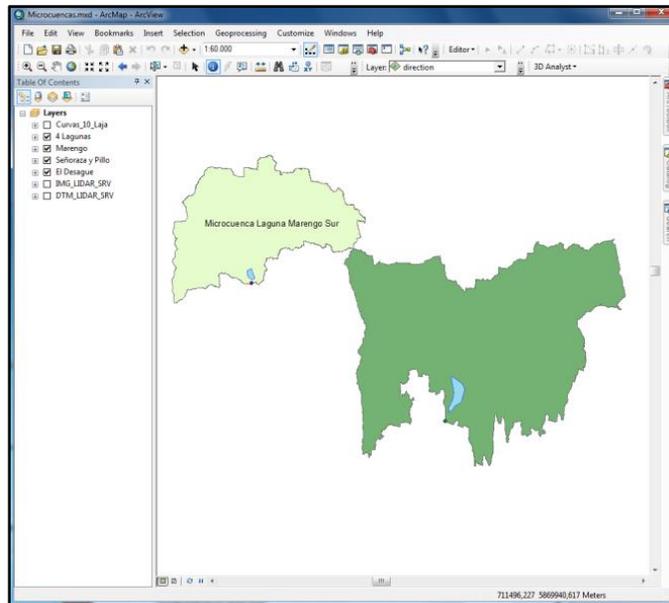


Figura N°13: Microcuencas

### 5.3.3. Mapa de pendientes

Los mapas de pendientes fueron desarrollados desde el MDT y en primera instancia se generó un *SLOPE* que *Identifica la pendiente (gradiente, o la tasa de cambio máximo en valor z) de cada celda de una superficie raster*. Posterior una reclasificación usando como mínimo y máximo los puntos de quiebre más importantes para realzar la comprensión y por ultimo una cobertura de sombras (HillShade) para realzarlo gráficamente.

### 5.4. Cartografía Base

Gran parte de la cartografía base fueron coberturas facilitadas por forestal Mininco, como curvas de nivel cada 10 metros, caminos, cuerpos de agua, etc. El resto de la información fue digitalización propia desde imágenes aéreas como red eléctrica, límite comunal, etc. Por ultimo también nos validamos de la verificación en terreno.

## 5.5. Flora y fauna

La caracterización de flora y fauna se realizó durante los meses de enero y febrero del año 2015. Para poder realizar el catálogo florístico, se catalogaron las especies por clase biológica, en donde se incluyó el nombre científico, familia, nombre común y origen fitogeográfico. Este trabajo fue apoyado con la revisión de los libros “Plantas Trepadoras, Epifitas y parasitas Nativas de Chile” (2010), “Helechos Nativos del Centro y Sur de Chile” (2009), “Manual de Plantas Invasoras del Centro-Sur de Chile” (2009), “Flora Silvestre de Chile Zona Central” (1998), “Flora Silvestre de Chile Zona Araucana” (2005) y “Plantas Invasoras del Centro-Sur de Chile: Una Guía de Campo” (2014), además del uso de la web [www.catalogueoflife.org](http://www.catalogueoflife.org). Ante la existencia de problema de identificación de alguna especie, se tomaron muestras, en conjunto con fotografías frescas, y así poder identificar de qué especie se trata con los libros anteriormente mencionados. Para poder caracterizar la fauna se utilizaron cámaras trampas marca BUSHNELL modelo 119676. Para el reconocimiento de mamíferos se utilizó la “Guía de campo de los mamíferos de Chile” (2010). Para la observación de aves se utilizó binoculares 8x40 DPS I y se fotografiaron con una cámara Canon EOS 600 D® y un lente 70-300 Canon®. Para la grabación de audios de uso el doble micrófono que posee iPhone 6, en conjunto de la aplicación Recorder. Para la generación de los mapas se utilizó el software ArcGis 10.0.4, además de BaseCamp™ 4.4.6 para extraer los datos del GPSmap 76CSx de Garmin.

### 5.5.1. Flora

Para determinar la flora presente en la zona ribereña de las lagunas, se realizó una caracterización vegetal utilizando la metodología fitosociológica de Braun-Blanquet (1964). Para esto se realizó un muestreo por medio de transectos por las zonas de estudio, con la finalidad de capturar en el muestreo a todas las especies presentes en la zona de estudio. En este muestreo solo se incluirán individuos de especies vasculares, los cuales fueron identificados a nivel de especie y así obtener la riqueza del lugar.

Los muestreos se llevaron a cabo en los hábitats de ribera y a orillas de los cuerpos de agua, en donde se realizaron transectos que abarcaron al menos el 50% del perímetro del hábitat para cada sitio de estudio. Para cada zona de estudio se fabricó un mapa donde se aprecian las zonas donde se realizaron los muestreos de flora, estos son: El Desagüe (Anexo N°3), La Potrerada (Anexo N°4), El Pillo (Anexo N°5) y La Señoraza (Anexo N°6).

### 5.5.2. Fauna

Para poder caracterizar el recurso faunístico presentes en los cuatro sitios de estudio, la metodología se dividió según su respectiva clase.

- Mamíferos: Para medir la riqueza de mamíferos se realizó identificación visual, la cual fue complementada con la detección de fecas y huellas en zonas donde se instalaron cámaras trampas que tenían como atrayente olfativo presas de pollo en estado de descomposición, con la finalidad de mantener a los individuos la mayor cantidad de tiempo frente a la cámara y capturar un mayor número de fotografías por individuo y así ayudar a su identificación.
- Aves: Para medir la riqueza de aves en la ribera se utilizó el método de conteos puntuales por medio de identificación acústica y conteo por avistamiento para aves diurnas (Bibby *et al.* 1992, Ralph *et al.* 1993, Figueroa *et al.* 2000). Además en cada área de estudio se

establecieron cuatro puntos de control de radio 25 m separados como mínimo a 200 m y hasta 500 m entre puntos. En cada punto se controló durante diez minutos y se registraron las aves observadas y oídas (García 1982, Rozzi *et al.* 1996), en donde además se registraron audios durante el mismo tiempo, con la finalidad de reconocer en oficina las especies que no fuera posible hacerlo en terreno. Para las aves acuáticas presentes en los cuerpos de agua, en cada área de estudio se estableció cuatro puntos de control por el borde de las lagunas en donde se observó y oyó durante diez minutos por punto las aves presentes dentro de los cuerpos de agua.

Para cada zona de estudio se fabricó un mapa donde se aprecian las zonas donde se realizaron los muestreos de fauna, estos son: El Desagüe (Anexo N°3), La Potrerada (Anexo N°4), El Pillo (Anexo N°5) y La Señoraza (Anexo N°6).

### 5.6. Precipitación

La precipitación es una fuente importante de ingreso de agua, sobre todo en esta región centro-sur caracterizada por lluvias abundantes. Se estimó la precipitación media anual con los datos obtenidos de un modelo climático mundial modelo climático de buenas referencias, Climate-Data que contiene datos resumidos desde 1982 a 2012, que es la cantidad mínima requerida para realizar una caracterización hídrica representativa promedio. Los datos obtenidos fueron tratados en Excel y luego mediante la interpolación Spline para determinar el ingreso de agua mediante precipitación en cada microcuenca. Las zonas seleccionadas para este estudio fueron Yumbel estación, Millantú, Cabrero, Los Ángeles, Santa Juana, Salto del Laja, Nacimiento, Laja y Virquenco (Anexo 15). Con la compilación de estos datos, tratados en Excel y luego ArcGis, determinamos la precipitación media anual de cada zona de estudio.

Para interpolar los valores medidos en las 9 estaciones de monitoreo ya mencionadas, se trabajó con solo 8 estaciones y de una de ellas, fue la muestra referencial para determinar cuál de las interpolaciones se acercó más al valor real. Para ello se utilizó como referencia Laja, ya que es la que se encuentra más cercana a las microcuencas.

Cuando se interpoló se extrajo la celda de las coordenadas de la estación Laja y se compararon los valores interpolados con el valor registrado en la estación de referencia. Se realizó la diferencia entre el valor real y el estimado, el que tuvo la menor diferencia en valor absoluto es el más correcto, como se muestra en la Tabla N°3.

Tabla N°3. Mediciones reales y estimadas de precipitación

Estación de Monitoreo	UTM Norte	UTM Este	PP Anual	PP por Spline	PP por IDW	Diferencia de Spline	Diferencia de IDW
Laja	702744,4 1	5871901,0 2	1273m m	1266m m	1257m m	7mm	16mm

*(Tabla de Elaboración propia según los datos proporcionados por ArcGIS desde la herramienta de "Extraer valores múltiples a puntos". 28 de Noviembre, 2014).*

Según la Tabla N°3, la interpolación por Spline fue la más cercana al valor real, por lo que se utiliza esta herramienta para realizar la interpolación de la Precipitación.

## 5.7. Escorrentía

La escorrentía superficial describe el flujo del agua lluvia, en estos casos sobre la tierra, tiene el mismo volumen que la precipitación efectiva y se realiza sin considerar el flujo base. Estas lagunas tienen, principalmente, una alimentación fluvial; por consiguiente, la escorrentía proviene de las precipitaciones. Sin embargo no toda precipitación genera escorrentía, las condiciones para la existencia de ella deben ser altas cantidades de precipitación y una baja evaporación.

Para el cálculo de la escorrentía, se buscaron estaciones meteorológicas lo más cerca posible al área de estudio, estación río Biobío en Coihue, Río Laja en Puente Perales y Río Nicodahue en Pichun, que proporcionaron datos de temperaturas anuales desde 1982 a 2012 y a las cuales se les asoció una zona urbana del modelo climático Climate-data en el que se encuentran las precipitaciones medias anuales. Luego de trabajar los datos descargados en Excel se pasó a calcular la escorrentía por medio del método de Turc.

### 5.7.1. Método de Turc

Este método es empírico y fue propuesto luego de realizar estudios en 254 cuencas de distintos tipos de climas del mundo. (Sánchez, 2001). Este método es el más completo de los empíricos, considerándose los parámetros de temperaturas y precipitaciones anuales. Según estudio se han obtenidos resultados aceptables para las regiones del sur de Chile (Sánchez, 2001). La formulación matemática es la siguiente:

$$Q = \frac{(P - E) * A}{T_a * 1000}$$

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

$$L = 300 + 25 * T_{ma} + 0,005 * T^3$$

Q= Escorrentía superficial.

P= Precipitación.

E= pérdidas de agua expresadas en términos de temperatura y precipitación.

T<sub>a</sub>= Un año en segundos. 31536000 segundos.

T= Temperatura media anual en °C.

L= Parámetro heliotérmico. (DGA, 1998)

Una vez calculada la escorrentía en cada estación se procedió a interpolar los resultados mediante la herramienta por isoyetas del Software ArcGis, que presentó en menor margen de error para este caso.

## 5.8. Evapotranspiración

La evapotranspiración se define como el flujo de agua desde distintos tipos de superficies en las que nos encontramos con cubierta vegetal cultivada, suelo desnudo, vegetación natural, agua y seres vivos (Maffei, 2012). Existen varios modelos para determinar la evapotranspiración de referencia, en el que el más aceptado es el método de Perman-Monteith, que no se utilizó para este estudio ya que, tiene muchos parámetros que debemos conocer y no contamos con las estaciones que midan los datos solicitados. Por estos motivos se pensó en realizar el estudio con el método de Hargreaves.

La evapotranspiración de referencia es el máximo valor que puede tener una zona determinada, por lo que no es totalmente representativa para determinar cuál es la evapotranspiración real de la zona de estudio.

### 5.8.1. Método de Hargreaves

Este método es útil para el tipo de estudio en el que se tiene poco conocimiento de las lagunas. Los resultados de este método, a pesar de considerar solo parámetros de temperatura, ha tenido resultados representativos alrededor del mundo (FAO, 2006). La expresión matemática para su cálculo es:

$$ET_o = \frac{0,0023}{\lambda} * H_o * \sqrt{T_{max} - T_{min}} * (T_{ma} + 17,8)$$

$$\lambda = 2,501 - 0,002361 * T_{ma}$$

ET<sub>o</sub>= Evapotranspiración de referencia

λ= Calor latente de vaporización [MJ Kg<sup>-1</sup>]

H<sub>o</sub>= Radiación extraterrestre [MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>]

Para interpolar los valores medidos en las 4 estaciones de monitoreo, no es recomendable utilizar una estación referencial, ya que dos valores para interpolar no generan buenas estimaciones. Para determinar cuál es el mejor método se analizó visualmente cual presentaba mejor limitaciones de los valores estimados. En la interpolación IDW realiza rectas y determina las variaciones abruptamente, en cambio la interpolación Spline realiza isoyetas efectuando las diferencias de forma paulatina, al igual que el caso de la Escorrentía. Es por esto que se utilizó la herramienta Spline para realizar la Interpolación de Evapotranspiración.

Todas las interpolaciones realizadas se ejecutaron en función de las estaciones de monitoreo. Se generaron Raster y cada una poseía un tamaño de 30mx30m.

Los mapas de interpolación de cada uno de los parámetros utilizaron una cobertura vegetal extraída desde el Software de Google Earth versión 7.1.2.2041. La imagen satelital fue georreferenciada a través de las estaciones utilizadas en el estudio. Se utilizó además la superficie de la comuna de Laja para identificar de mejor manera la ubicación de cada microcuenca.

Todos los mapas cuentan con las siguientes características:

- ✓ Gradilla de coordenadas geográficas.
- ✓ Datum WGS 1984.
- ✓ Proyección Universal Transversal Mercator (UTM).
- ✓ Huso 18.
- ✓ Norte.
- ✓ Escala numérica.
- ✓ Escala gráfica.
- ✓ Simbología.
- ✓ Título de identificación.

### **5.9. Variabilidad de nivel de agua**

No es posible medir en esta época el nivel de agua que poseen los afluentes de entrada y salida ya que estos se encontraban sin flujo de agua. Esto puede ser a causa de que las altas temperaturas propias de la estación y la ausencia de lluvias, hacen que los canales disminuyan altamente la cantidad de agua que proporciona a la laguna en comparación a los caudales que se observan en los meses de Otoño e Invierno, en los que es usual ver un desborde de estero, produciendo una inutilidad de grandes terrenos.

Para realizar una estimación de la variabilidad de nivel de agua que existe en cada una de las entradas y salidas de agua, se realizó una serie de entrevistas a habitantes cercanos a los canales o esteros de cada laguna.

### **5.10. Calidad de Agua**

El concepto de calidad de agua para el levantamiento de información hidrológica de las lagunas Señoraza, El pillo, El desagüe y La Potrerada tiene como fin conocer las características básicas dependiendo de su uso actual y a futuro. La laguna La Señoraza, es de uso recreativo por lo que es necesario realizar una evaluación de los parámetros que no se deben sobrepasar según la Norma Chilena 1333 que define los límites de ellos (Tabla 3).

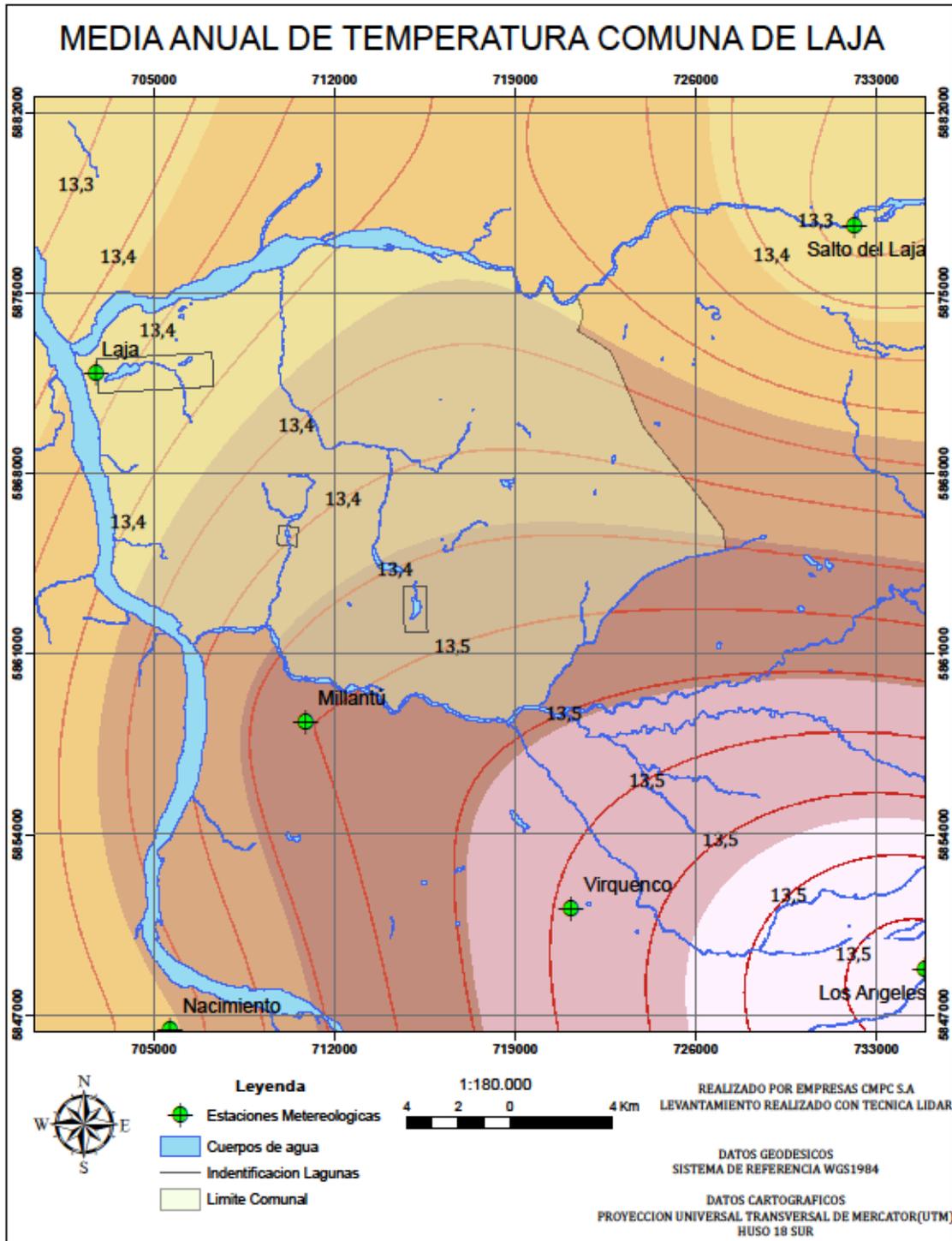
Tabla N° 4. Tabla 3 de la Norma Chile 1333, Requisitos del agua para el uso recreativo con uso directo.

Características	Requisitos
	6,5 a 8,3
pH	Excepto si las condiciones naturales de las aguas muestren valores diferentes, pero en ningún caso menos de 5,0 o mayor de 9,0
Temperatura, °C, máximo	30
Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales	Ausentes
Aceites flotantes y grasas, mg/l, máximo *)	5
Aceites y grasas emulsificadas, mg/l, máximo *)	10
Color unidades Escala Pt-Co, máximo *)	100
	Ausencia de colorantes artificiales
Turbiedad, unidades Escala Sílice, máximo	50
Coliformes fecales/100 mL, máximo	1000
Sustancias que produzcan olor o sabor inconvenientes	Ausentes

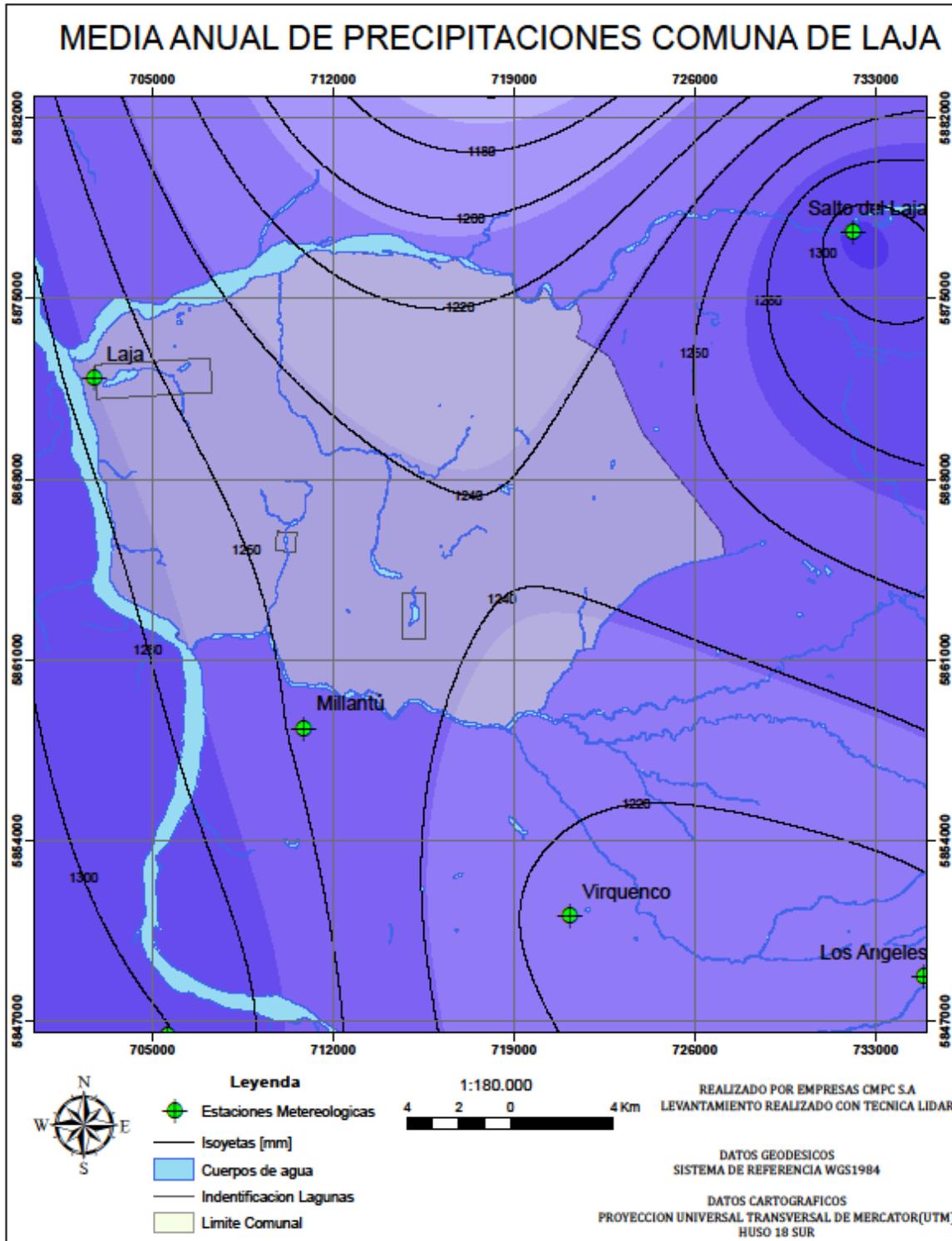
Las siguientes lagunas restantes y no tienen uso para poblaciones por lo que tendrán una evaluación básica y no se guiará por alguna normativa alguna. El fin de levantar información fisicoquímica del agua es conocer las características tróficas básicas y así proponer un posible uso de hábitat para diversas especies y/o para estudios posteriores. Los parámetros a medir en estas lagunas son: pH, turbiedad, sólidos suspendidos, nitrógeno total, fósforo total y coliformes fecales.

## 6. Resultados

### 6.1. Clima



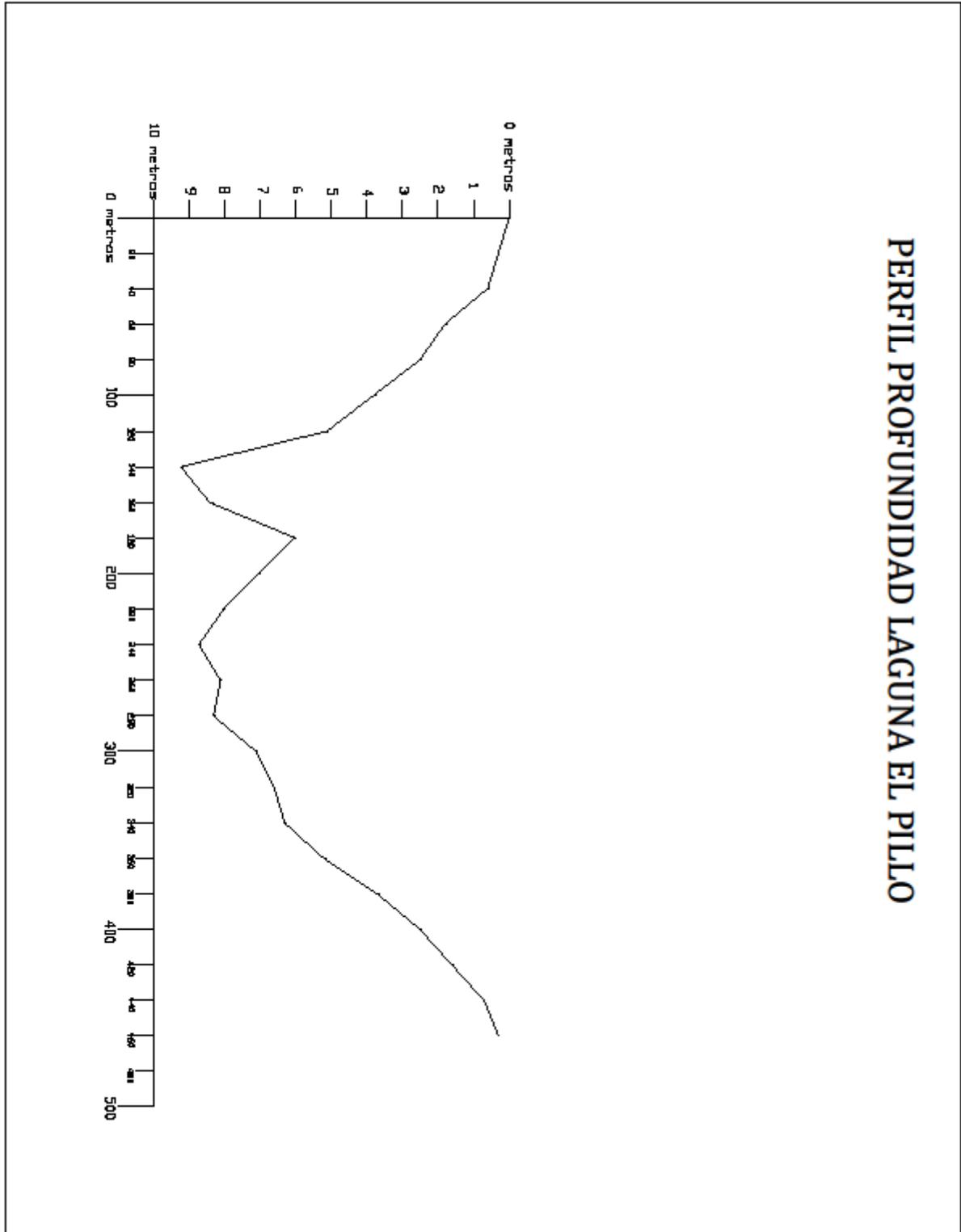
Media anual de temperaturas sobre el emplazamiento de las lagunas

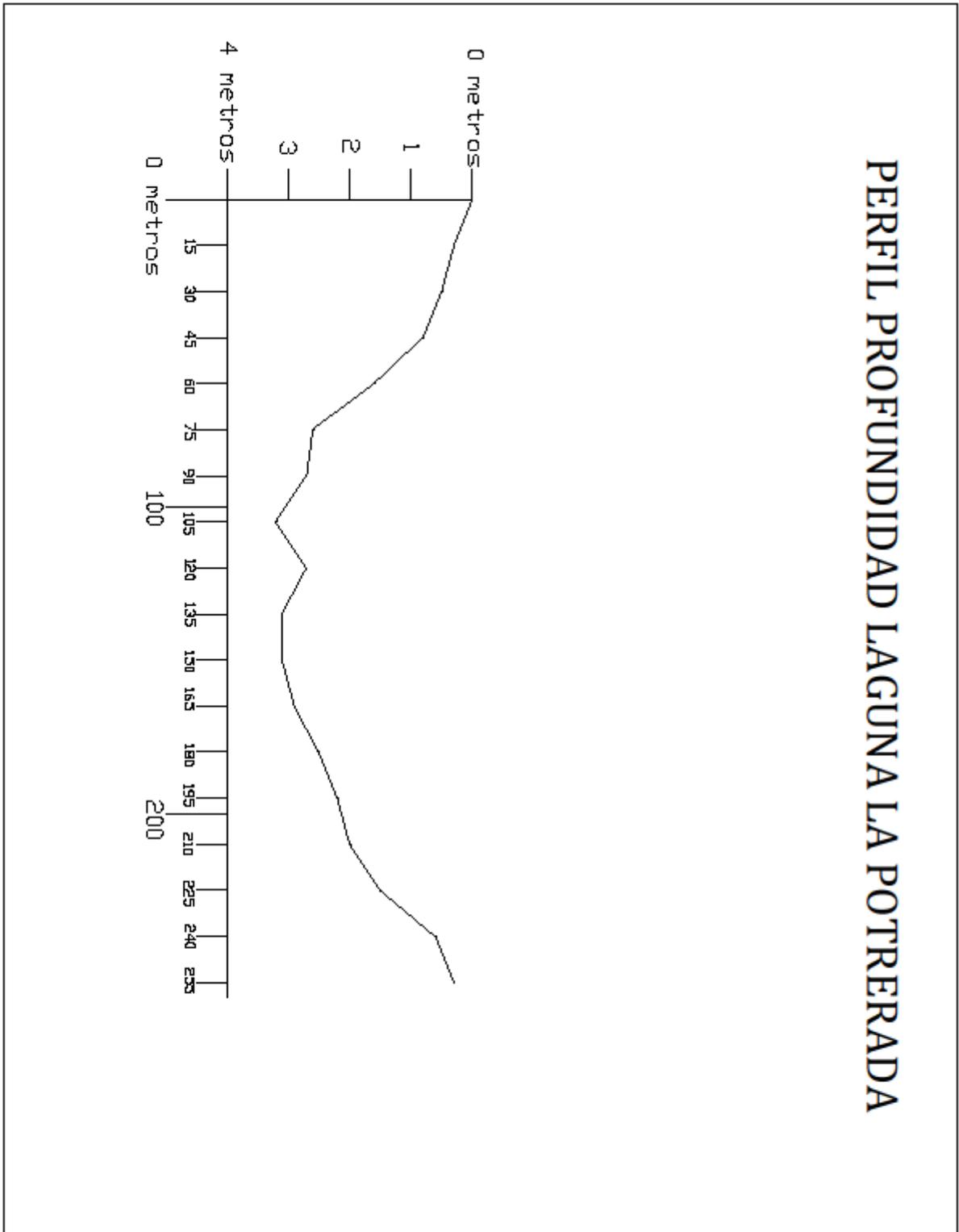


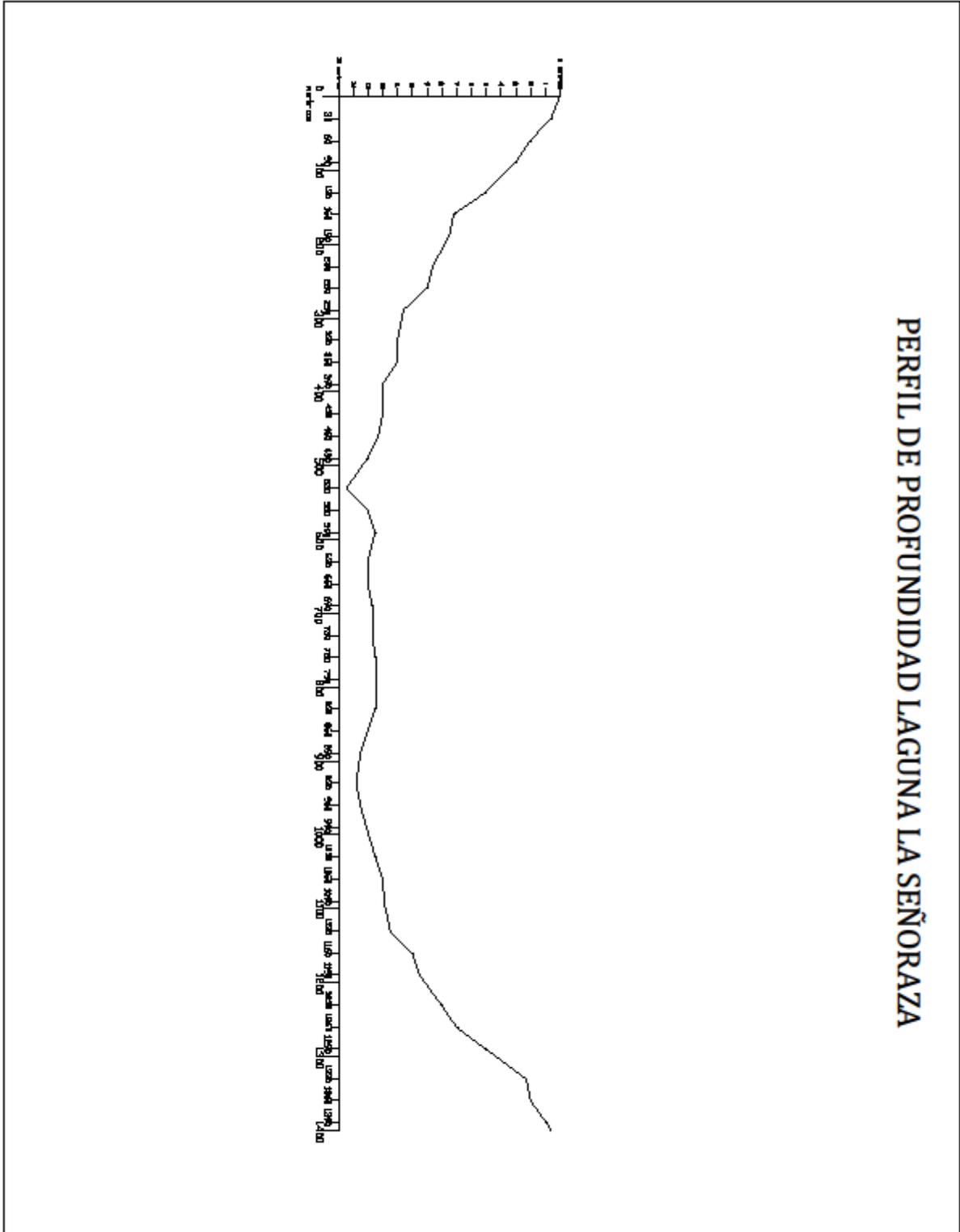
Media anual acumulada de precipitaciones sobre el emplazamiento de las lagunas

## 6.2. Geometría

### 5.2.1 Perfiles longitudinales de profundidad







### 5.2.2 Área y perímetro lagunas

Tabla N°5: Superficie y perímetro de áreas de estudio

Superficies y Perímetro Lagunas				
	Metros cuadrados	Kilómetros cuadrados	Hectáreas	Perímetro [m]
Laguna La Señoraza	425863,27	0,425863	42,5863	3837,63
Laguna El Pillo	71949,62867	0,07195	7,19496	1620,272
Laguna El Desagüe	181130,7108	0,181131	18,1131	2399,703
Laguna La Potrerada	32105,32266	0,032105	3,21053	1026,9

### 6.3. Geomorfología

#### 6.3.1. Características morfométricas y fisiográficas de la cuenca

El área es la magnitud más importante que define a la cuenca. Delimita el volumen total de agua que la cuenca recibe y el perímetro es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de la cuenca.

Tabla N°6: Superficie y perímetro de las microcuencas en cada área de estudio

Superficies y Perímetro Microcuencas Lagunas				
	Metros cuadrados	Kilómetros cuadrados	Hectáreas	Perímetro [m]
Laguna La Señoraza	15208997,65	15,208998	1520,9	23906,8
Laguna El Pillo	1873058,752	1,873059	187,306	8851,23
Laguna El Desagüe	22026445,68	22,026446	2202,64221	39657,7
Laguna Marengo Sur	9401142,814	9,401143	940,11415	20482

#### 6.3.2. Forma de la cuenca

Índice o coeficiente de compacidad (Kc): Se debe a Gravelius y es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca, a través de la siguiente expresión:

$$K_c = \frac{\text{Per.Cuenca}}{\text{Per.Círculo}} = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Figura N°14: Índice de compacidad

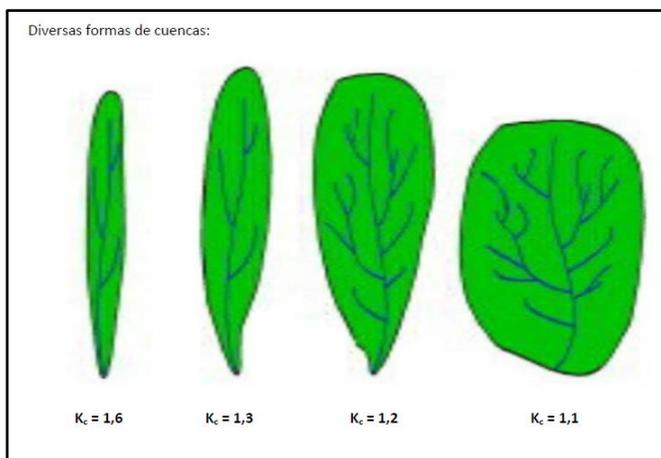
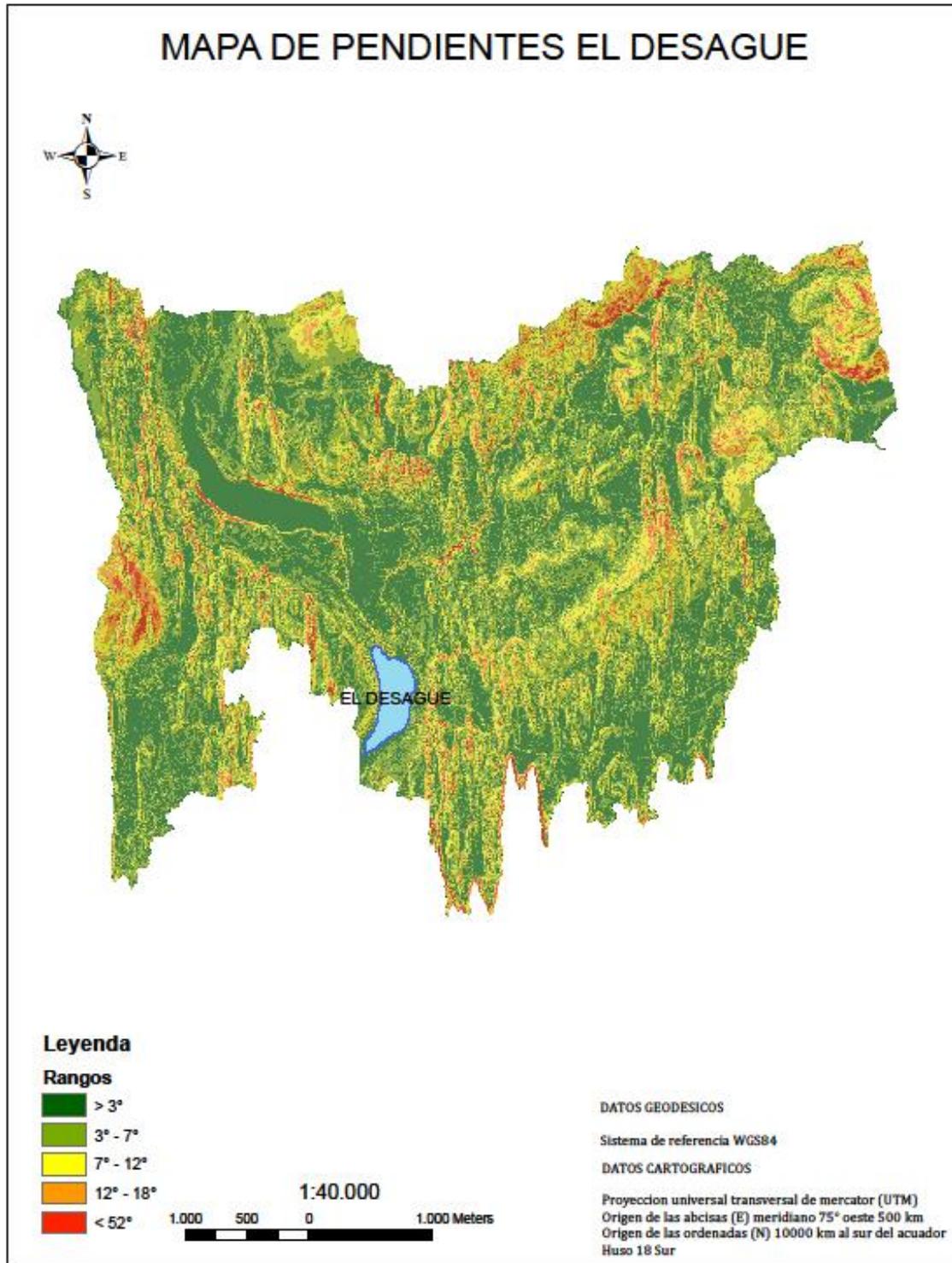


Figura N°15: Formas de las microcuencas

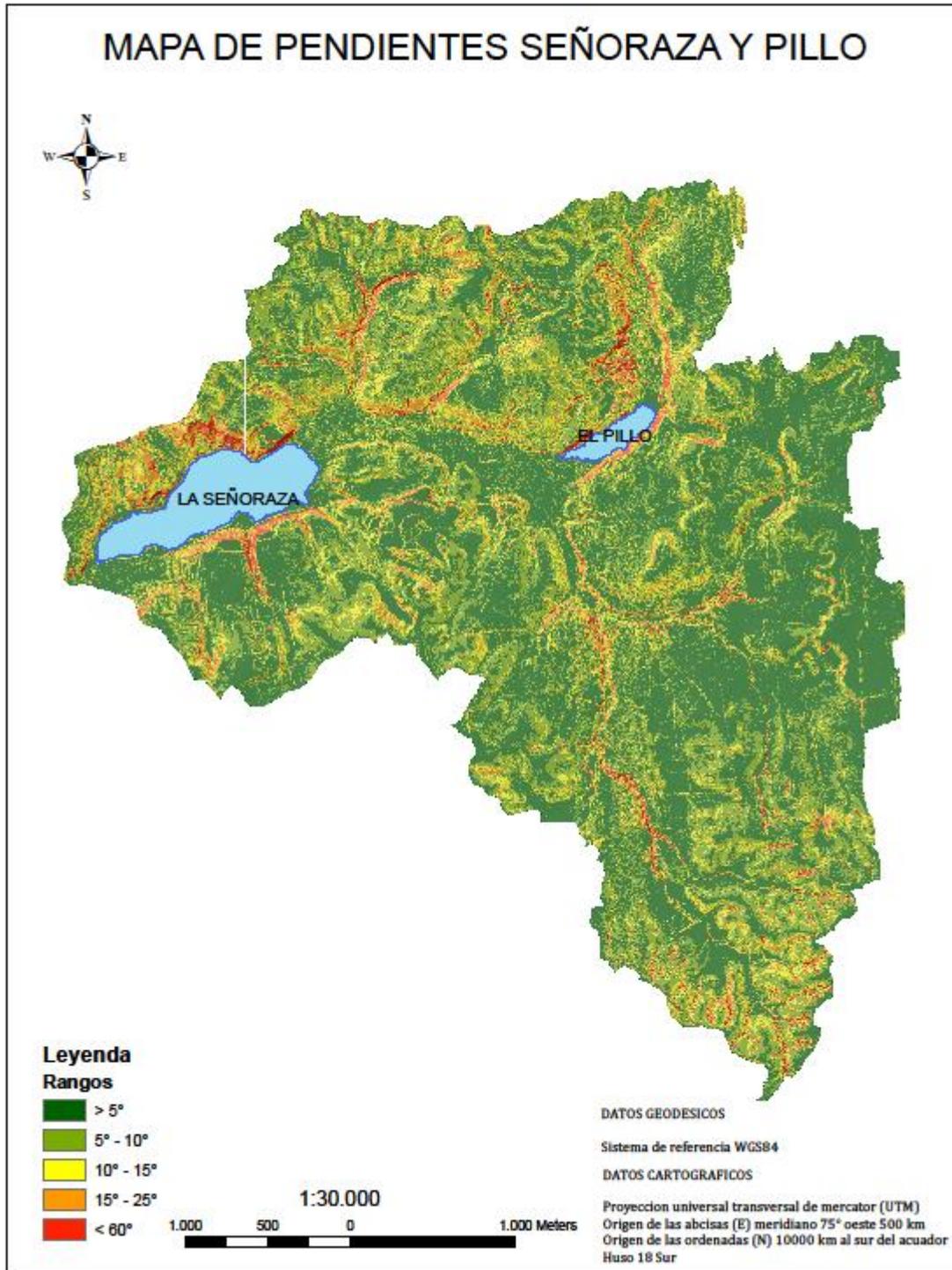
Tabla N°7: Coeficientes de compacidad para las áreas de estudio

Coeficiente de Compacidad de Microcuencas			
	Perímetro Microcuencas	Perímetro Circulo	Coeficiente
La Señoraza	23906,8	18790,8	1,272
El Pillo	8851,23	6801,2	1,301
El Desagüe	39657,7	35572,7	1,115
La Potrerada	20482	16874,5	1,214

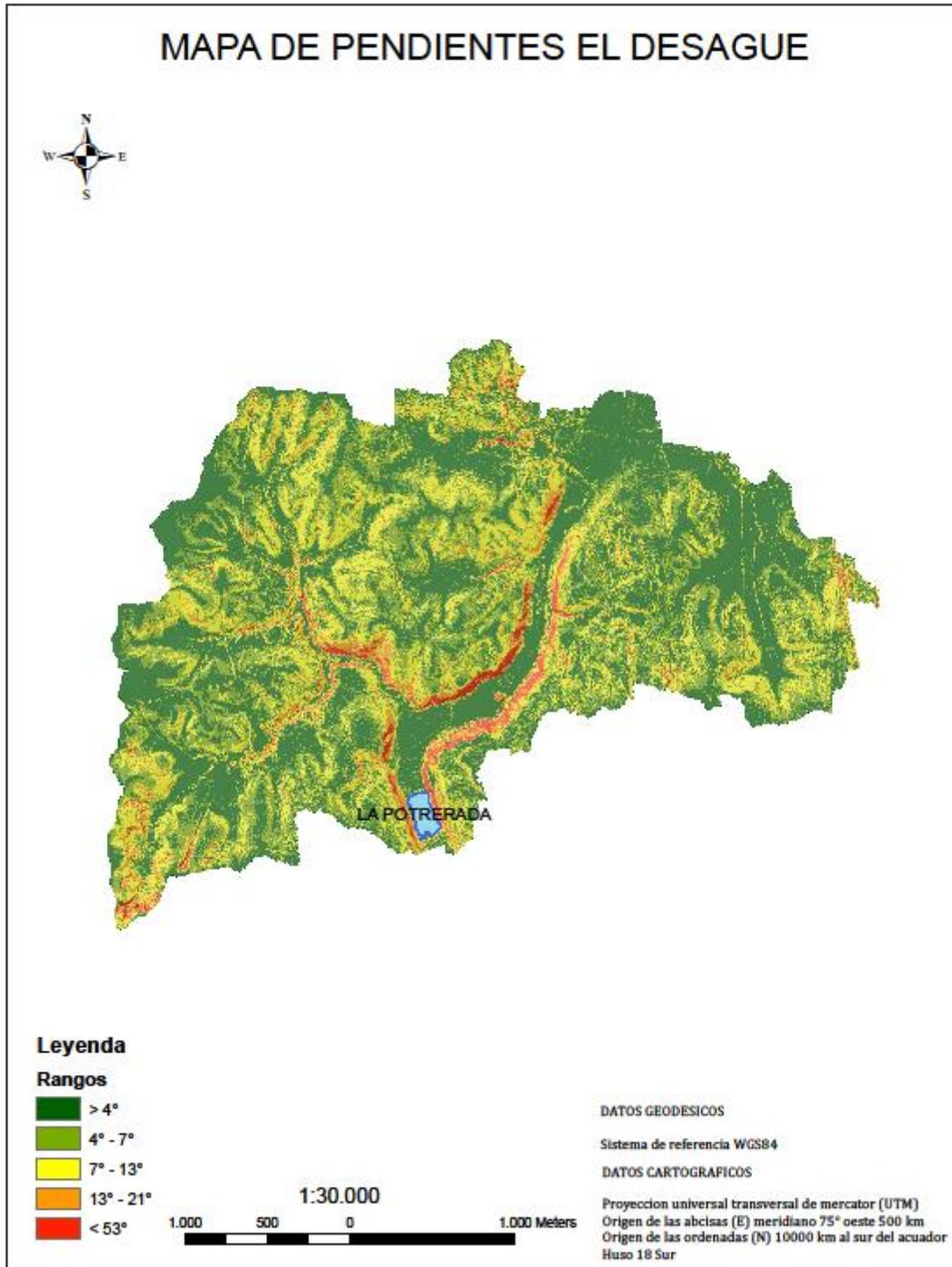
### 6.3.1. Mapa Pendientes El Desagüe



### 6.3.2. Mapa de pendientes de La Señoraza y El Pillo



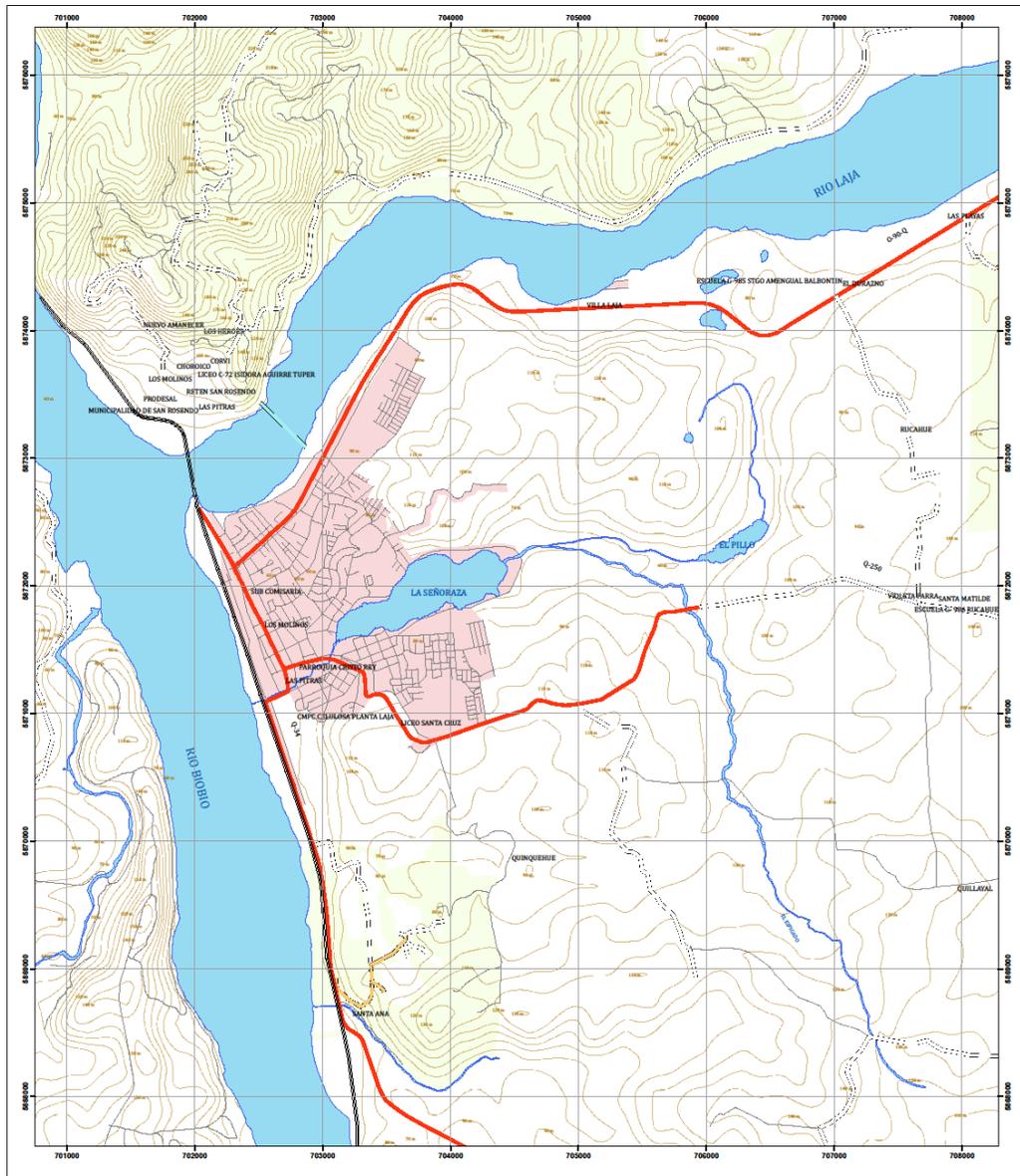
### 6.3.3. Mapa Pendientes La Potrerada



### 6.4. Cartografía base

#### 6.4.1. Cartografía base La Señoraza y El Pillo

## SEÑORAZA Y PILLO



ESCALA 1:20.000

1 0,5 0 1 km

**DATOS GEODESICOS**  
Sistema de referencia WGS84

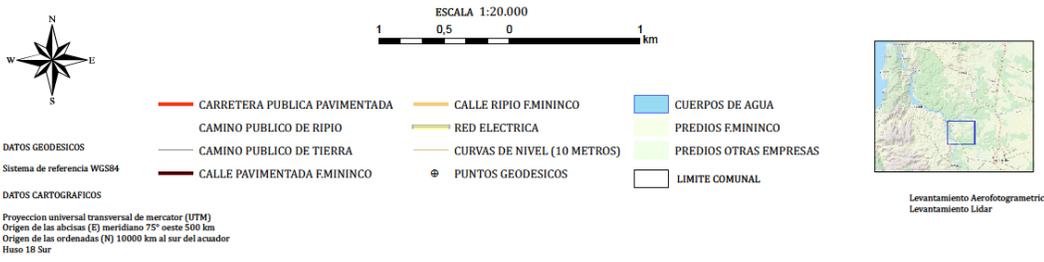
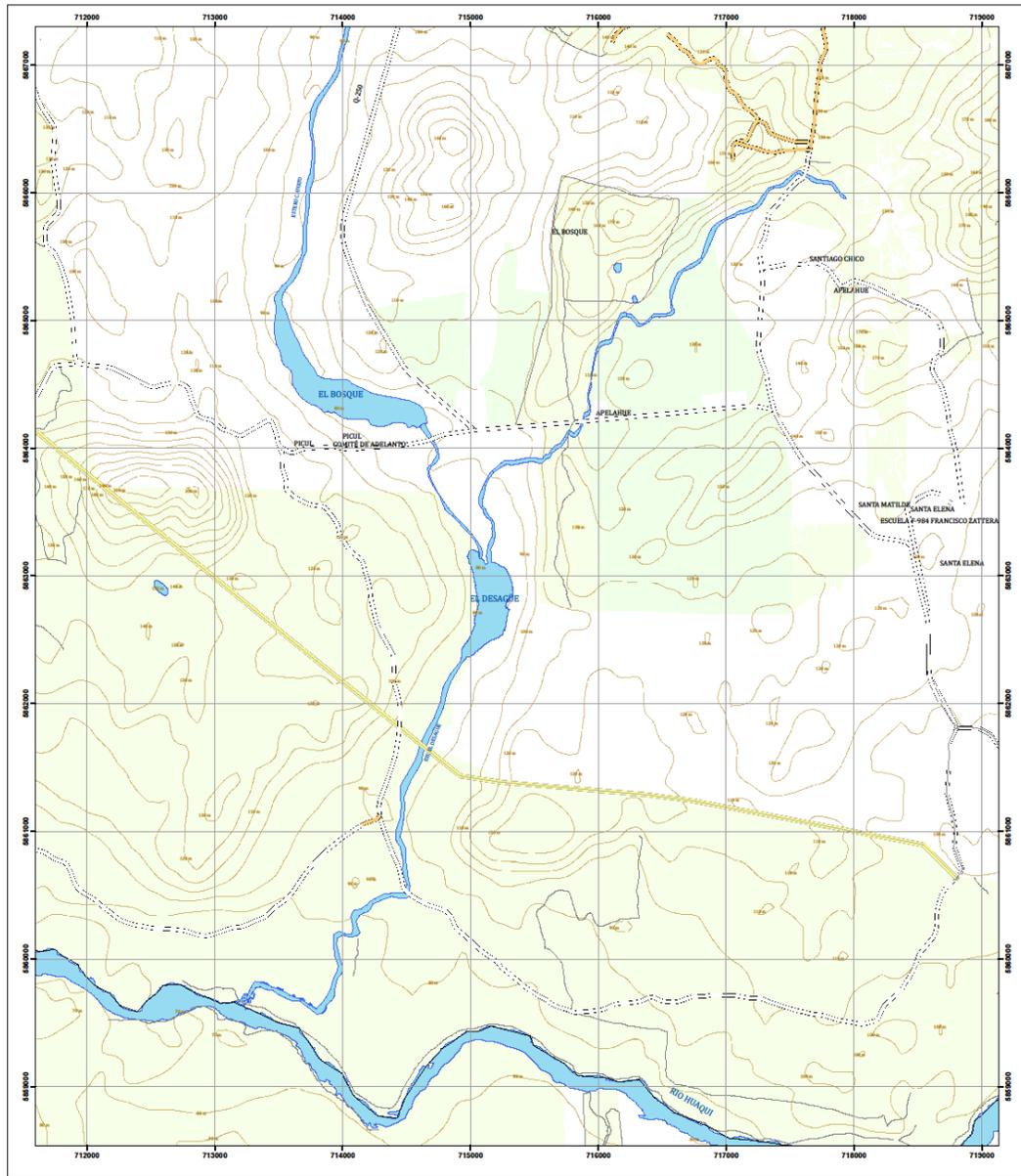
**DATOS CARTOGRAFICOS**  
Proyeccion universal transversal de mercator (UTM)  
Origen de las abscisas (E) meridiano 75° oeste 500 km  
Origen de las ordenadas (N) 100000 km al sur del acudador  
Huso 18 Sur

CARRETERA PUBLICA PAVIMENTADA	RED ELECTRICA	CUERPOS DE AGUA
CAMINO PUBLICO DE RIPIO	CURVAS DE NIVEL (10 METROS)	PREDIOS FMININCO
CAMINO PUBLICO DE TIERRA	PUNTOS GEODESICOS	PREDIOS OTRAS EMPRESAS
CALLE PAVIMENTADA FMININCO	LINEA FERREA	
CALLE RIPIO FMININCO	PUENTES	

Levantamiento Aerofotogrametrico  
Levantamiento Lidar

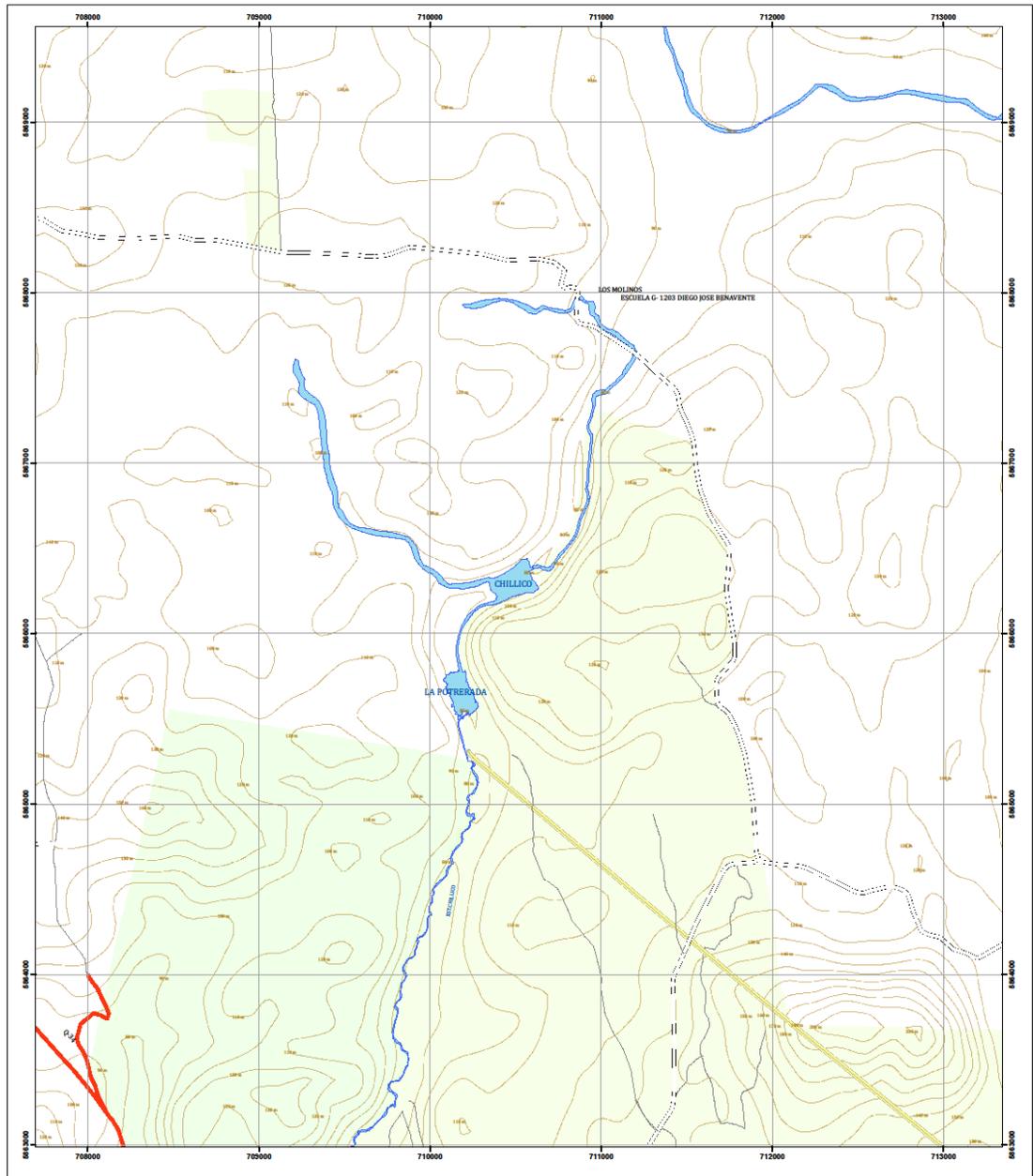
### 6.4.2. Cartografía base El Desagüe

## EL DESAGÜE



6.4.3. Cartografía base La Potrerada

LA POTRERADA



## 6.5. Flora

### 6.5.1. El Desagüe

Los resultados del estudio florístico realizado en El Desagüe muestran la presencia de 37 especies de plantas vasculares (Anexo N°7). La clase mejor representada es el de las *Magnoliopsida* con 32 especies correspondientes al 87% del total, le sigue las *Liliopsida* con 2 especies y solo una especie para las *Polypodiopsida* (Fig. N°16). Hubo una especie a la cual solo se identificó hasta su género, y dos especies que no fue posible identificar.

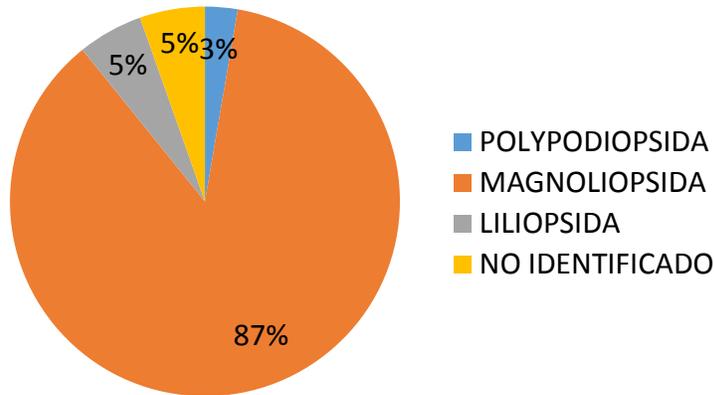


Figura N°16: Distribución taxonómica (en porcentaje) de la flora vascular presente en El Desagüe.

A partir de las 35 especies identificadas, se calculó el número de especies nativas, el cual es de 16, 6 especies son endémicas y 11 son introducidas (Fig. N°17).

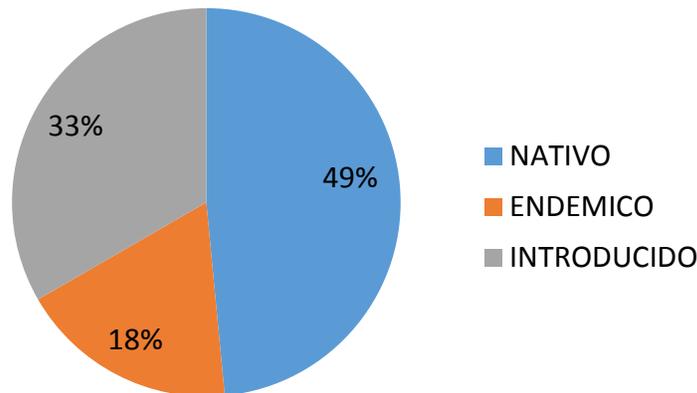


Figura N°17: Origen geográfico (en porcentaje) de la flora vascular presente en El Desagüe.

### 6.5.2. La Potrerada

Los resultados del estudio florístico realizado en La Potrerada muestran la presencia de 16 especies de plantas vasculares (Anexo N°10). La única clase presente es el de las *Magnoliopsida* con un 100 % de las especies. A partir de las 15 especies identificadas, se calculó el número de especies nativas, el cual es de 3, 5 especies son endémicas y 7 son introducidas (Fig. N°18).

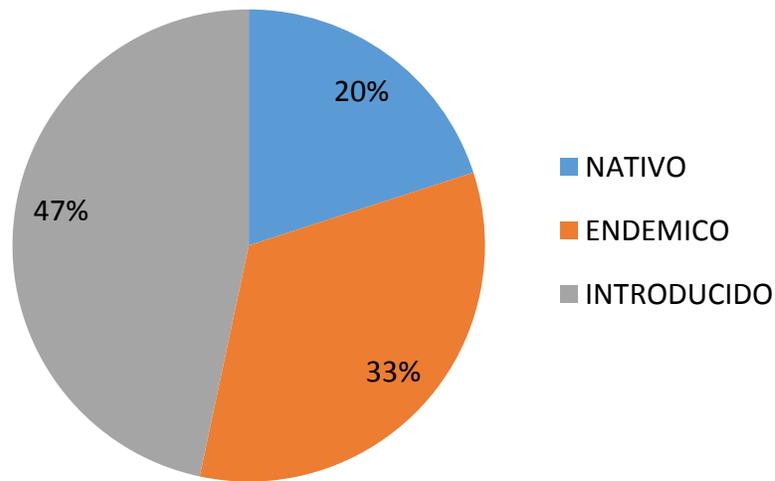


Figura N°18: Origen geográfico de la flora vascular presente en La Potrerada.

### 6.5.3. El Pillo

Los resultados del estudio florístico realizado en El Pillo muestran la presencia de 31 especies de plantas vasculares (Anexo N°13). El grupo taxonómico mejor representado es el de las *Magnoliopsida* con 21 especies, le sigue las *Liliopsida* con 5 especies y solo 2 especies para las *Polypodiopsida* (Fig. N°19). Hubo una especie a la cual se identificó hasta su género, y tres especies que no fue posible identificar.

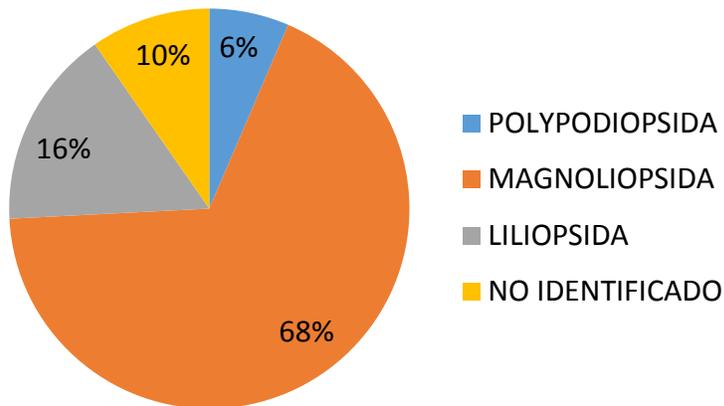


Figura N°19: Distribución taxonómica (en porcentaje) de la flora vascular presente en El Pillo.

A partir de las 27 especies identificadas se calculó el número de especies nativas, el cual es de 8, 12 especies son endémicas y 7 son introducidas (Fig. N°20).

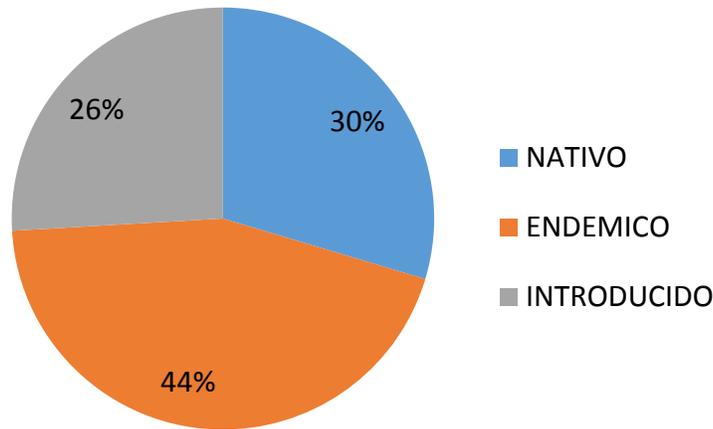


Figura N°20: Origen geográfico de la flora vascular presente en El Pillo.

#### 6.5.4. La Señoraza

Los resultados del estudio florístico realizado en La Señoraza muestra la presencia de 28 especies de plantas vasculares (Anexo N°14). El grupo taxonómico mejor representado es el de las Magnoliopsida con 22 especies, le sigue las *Liliopsida* con 2 especies y solo una especie para las *Polypodiopsida* y *Pinopsida*. Hubo una especie a la cual se identificó su género, y dos especies a las que no fue posible identificar (Fig. N°21).

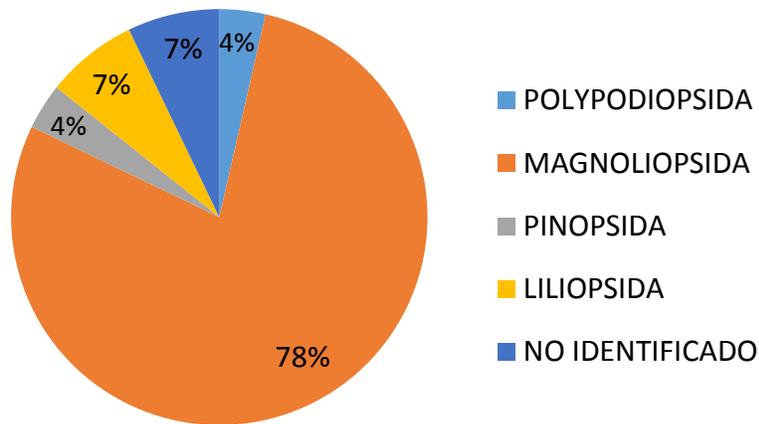


Figura N°21: Distribución taxonómica (en porcentaje) de la flora vascular presente en La Señoraza.

A partir de las 26 especies identificadas, se calculó el número de especies nativas, el cual es de 8, 3 especies son endémicas y 14 son introducidas (Fig. N°22).

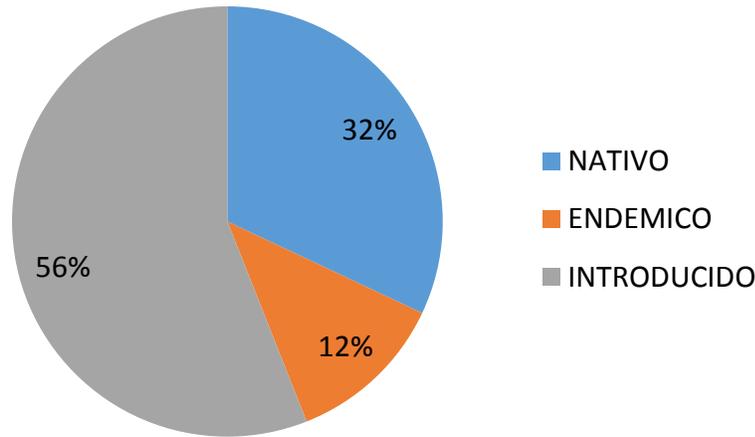


Figura N°22: Origen geográfico de la flora vascular presente en La Señoraza.

## 6.6. Fauna

### 6.6.1. El Desagüe

#### 6.6.1.1. Aves

Los resultados del estudio de aves realizado en El Desagüe muestran la presencia de 27 especies, correspondientes a 8 órdenes y a 20 familias (Anexo N°8). El orden más representado es el de los *Passeriformes* con 11 especies que corresponden a un 41% del total (Fig. N°23).

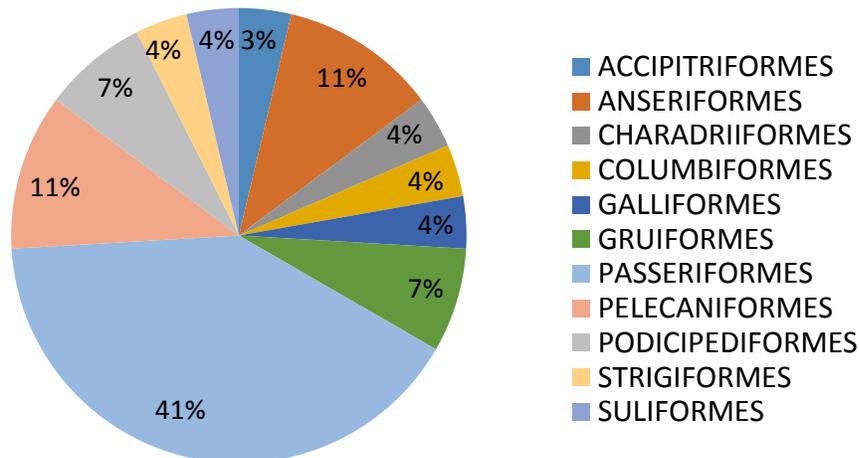


Figura N°23: Ordenes (en porcentaje) de las especies de aves presentes en El Desagüe.

**6.6.1.2. Mamíferos**

Los resultados del estudio de mamíferos en El Desagüe muestran la presencia de 8 especies, correspondiente a 3 órdenes y a 4 familias (Anexo N°9). El orden más representado es el de los *Carnívora* con 5 especies que corresponden a un 62% del total (Fig. N°24).

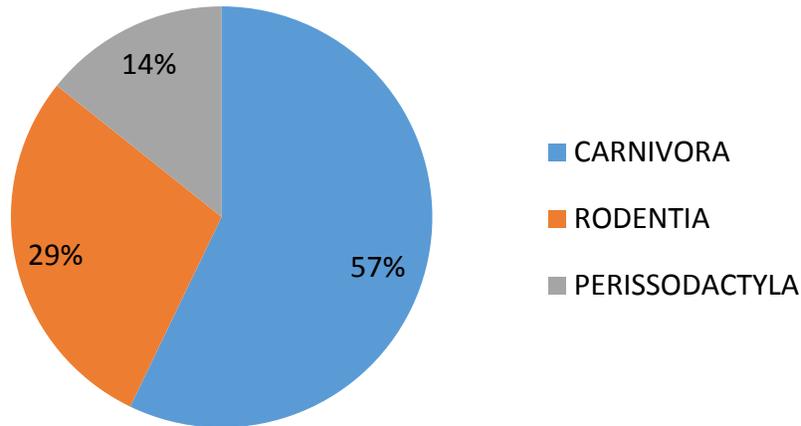


Figura N°24: Ordenes (en porcentaje) de los mamíferos presentes en El Desagüe.

**6.6.2. La Potrerada**

**6.6.2.1. Aves**

Los resultados del estudio de aves realizado en La Potrerada muestran la presencia de 12 especies, correspondientes a 8 órdenes y a 12 familias (Anexo N°11). El orden más representado es el de los *Passeriformes* con 3 especies que corresponden a un 25% del total (Fig. N°25).

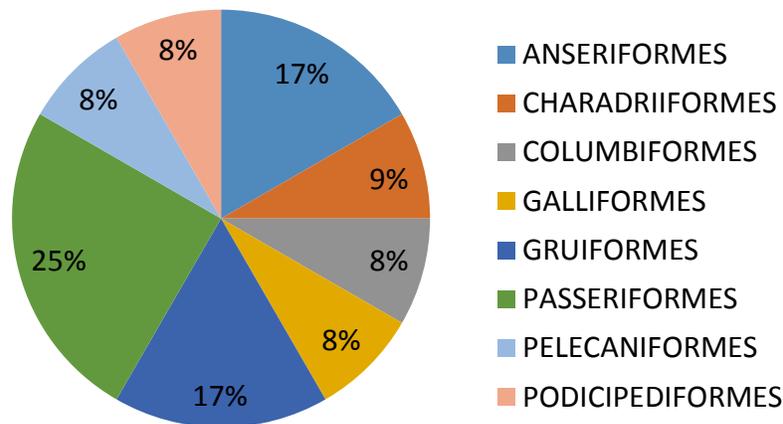


Figura N°25: Ordenes (en porcentaje) de las especies de aves presentes en La Potrerada.

### 6.6.2.2. Mamíferos

Los resultados del estudio de mamíferos en La Potrerada muestran la presencia de 5 especies, correspondiente a 3 órdenes y a 3 familias (Anexo N°12). El orden más representado es el de los *Carnívoros* con 3 especies que corresponden a un 60% del total (Fig. N°26).

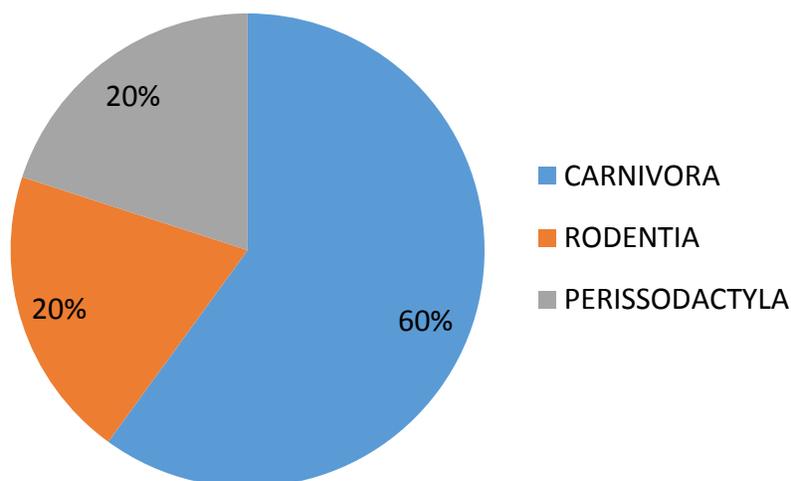


Figura N°26: Ordenes (en porcentaje) de los mamíferos presentes en La Potrerada.

## 6.7. Precipitación

### 6.7.1. El Desagüe

La precipitación anual de la cuenca es de 1255,5 mm al año. El máximo valor es de 1264,26 mm al año y el mínimo valor se encuentra en toda el resto de la superficie de la microcuenca siendo de un valor de 1247,98 mm al año, teniendo poca variación a lo largo de esta zona de estudio (Anexo N°16).

### 6.7.2. La Potrerada

La precipitación media en esta microcuenca es de 1250 mm al año. Las variaciones presentes son mínimas siendo el máximo valor en el sur de 1264,26 mm al año y la mínima en el norte de solo 1245 mm al año (Anexo N°16).

### 6.7.3. El Pillo

La precipitación anual en esta zona de estudio es de 1231,6875 mm. La zona de mayor precipitación es la parte sur de un valor de 1240 mm anuales y el valor mínimo es de 1220,83 mm al año. Esta laguna con la Señoraza tienen las mínimas precipitaciones de las 4 lagunas (Anexo N°16).

### 6.7.4. La Señoraza

La precipitación anual en esta laguna es de 1242,545 mm. La zona de mayor precipitación es en la parte sur de la cuenca llegando a un valor de 1264,26 mm al año. El valor mínimo está ubicado en la parte norte de la microcuenca con 1220,83 mm al año (Anexo N°16).

## **6.8. Escorrentía**

### **6.8.1. El Desagüe**

En esta laguna se puede ver el mínimo egreso de agua por escorrentía superficial llegando a un valor de 661,7 mm al año en la parte extrema noreste de la microcuenca de la laguna el desagüe. A medida que vamos observando los niveles de escorrentía en dirección suroeste, se llega a una escorrentía mínima en el extremo siendo un valor de 680,3 mm al año (Anexo N°17)

### **6.8.2. La Potrerada**

En el extremo izquierdo de la cuenca la escorrentía es la mayor, llegando a un valor de 680,3 mm al año y si se observa en el mapa de escorrentía se puede observar que a medida que recorremos la microcuenca en dirección noreste. Una disminución de la escorrentía superficial llegando a un valor mínimo de 671 mm al año (Anexo N°17).

### **6.8.3. El Pillo**

En el extremo izquierdo de la cuenca la escorrentía es la mayor, llegando a un valor de 680,3 mm al año y si se observa en el mapa de escorrentía se puede observar que a medida que recorremos la microcuenca en dirección noreste. Una disminución de la escorrentía superficial llegando a un valor mínimo de 671 mm al año (Anexo N°17).

### **6.8.4. La Señoraza**

La microcuenca de esta laguna tiene la mayor escorrentía en el suroeste llegando a un valor máximo de 680,3 mm al año, la más alta de las cuatro. A medida que se llega al noreste de la microcuenca disminuye la escorrentía superficial llegando al valor de 671 mm al año (Anexo N°17).

## **6.9. Evapotranspiración**

### **6.9.1. El Desagüe**

Esta cuenca al igual que en la escorrentía presenta la mayor variación de valores siendo de un 25,5 mm al año. El valor máximo de se ubica en el extremo suroeste de la microcuenca con un valor de 4366,6 mm al año y el mínimo se encuentra en el extremo noreste de un valor 4341,1 mm al año (Anexo N°18).

### **6.9.2. La Potrerada**

La laguna tiene un valor máximo en la evapotranspiración se encuentra en el extremo sur siendo de un valor de 4366,6 mm al año. En la parte noreste se observa el mínimo valor siendo de 4353 mm en un año (Anexo N°18).

### **6.9.3. El Pillo**

Al igual que en la escorrentía, la evapotranspiración tiene poca variación en su superficie siendo de solo 12,75 mm en un año. El valor máximo lo encontramos en la parte suroeste de la microcuenca siendo 4366,6 mm al año y el mínimo en el noreste con un valor de 4353 mm en un año (Anexo N°18).

**6.9.4. La Señoraza**

La evapotranspiración de la microcuenca, presenta un valor mínimo en la zona suroeste siendo de 4366,6 mm al año y va disminuyendo hacia el noreste llegando a un valor mínimo de 4353,85 mm al año (Anexo N°18).

**6.10. Variabilidad de nivel de agua**

**6.10.1.El Desagüe**

Canal de entrada. En la figura N° 27, se puede observar un caudal medible que disminuye considerablemente a cada semana estabilizándose dentro de la segunda y tercera semana. El caudal al inicio de las observaciones era de 0,2 m/s para luego estabilizarse en 0,1 m/s. De las cuatro entradas que se observaron, solo dos fueron los que se encontraban con flujo de agua. En invierno se puede observar un aumento de aproximadamente 0,5 m pero no un desborde como ocurre en los otros canales estudiados.

**Nivel agua de Entrada I al El Desagüe**

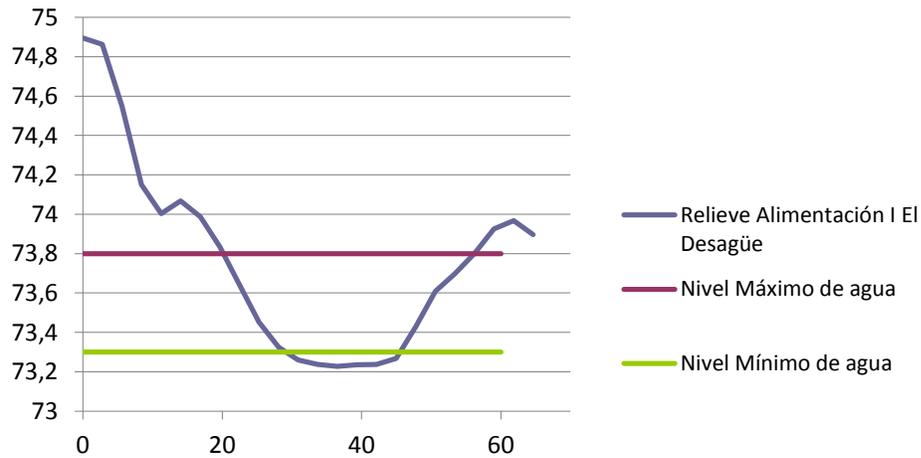


Figura N°27: Nivel de agua de entrada I a la Laguna El Desagüe

Canal de entrada II. En esta entrada (Figura N° 28) relativamente plana y de poca profundidad se puede observar que a lo largo del año tiene caudal con una variación de menos de medio metro. En verano, no es posible medirlo no así en invierno que se observa la elevación mencionada y un aumento de caudal haciéndolo medible.

**Nivel de agua entrada II El Desagüe**

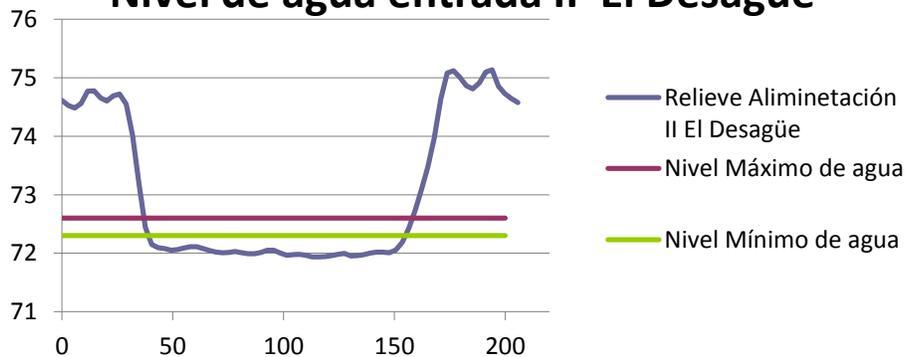


Figura N°28: Nivel de agua de entrada II a Laguna El Desagüe.

Canal de salida. En la figura N°29, La salida de agua no se observa caudal medible en verano pero si presencia de agua. En invierno se puede observar un aumento de caudal de 0,3 m máximo lo que explicaría el estancamiento de agua de la laguna el desagüe y la poca profundidad que esta posee.

### Nivel de agua de Salida El Desagüe

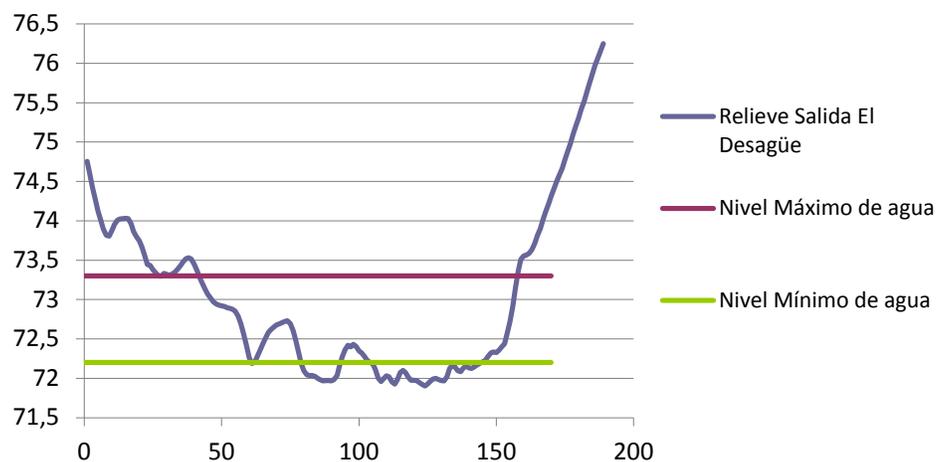


Figura N°29: Nivel de agua de salida de la Laguna El Desagüe.

#### 6.10.2. La Potrerada

Canal de entrada. Esta entrada (Figura N°30) tiene sus inicios en una laguna más grande ubicada al norte de La Potrerada y separada por plantaciones forestales, perteneciente al fundo Marengo. En verano podemos observar que existe agua solo en el extremo izquierdo mirando hacia el sur y en el cual a pesar de tener agua, no poseía corriente lo que imposibilita la medición de caudal. Mediante entrevistas a cercanos de la zona, se concluyó que las crecidas observadas en invierno tienen una crecida de aproximadamente 1 metro de profundidad y 200 metros a lo ancho.

### Nivel agua de Entrada a La Potrerada

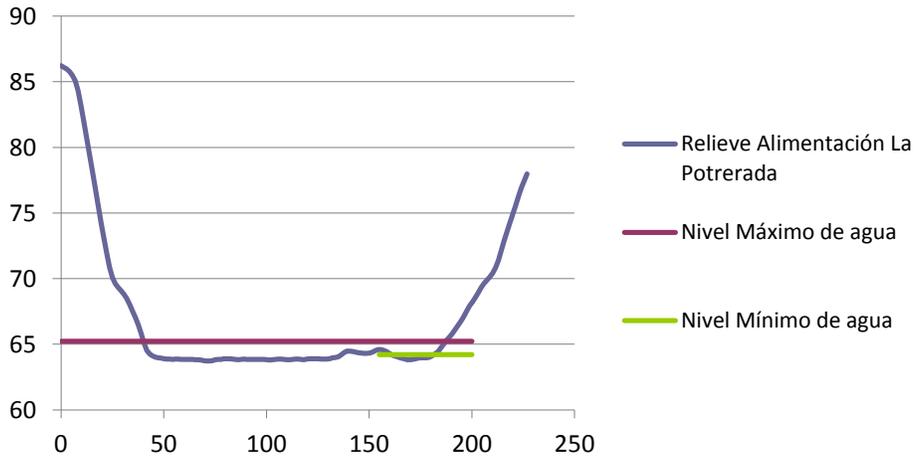


Figura N°30: Nivel de agua de entrada a la Laguna La Potrerada.

Canal de salida. En lo observado en la figura N° 31, en verano no presenta caudal medible debido a la presencia de vegetación desde inicio a fin. Por lo observado en terreno y respaldado con información extraída de ArcGis, la cantidad de agua que contienen en verano no supera la profundidad de 0,1 m y de ancho aproximadamente de 1 m. No hay caudal medible debido a la presencia de flora en el mismo estero. En invierno surge caudal medible y se estima que llega a un aumento de 2 metros aproximadamente, como se puede observar en el gráfico. Según pobladores en alguna época del invierno, el momento de más lluvias, el canal sobrepasa los niveles pero no causa problema alguno debido a que no hay población cercana y tampoco tierra trabajada para la agricultura.

### Nivel agua de Salida de La Potrerada

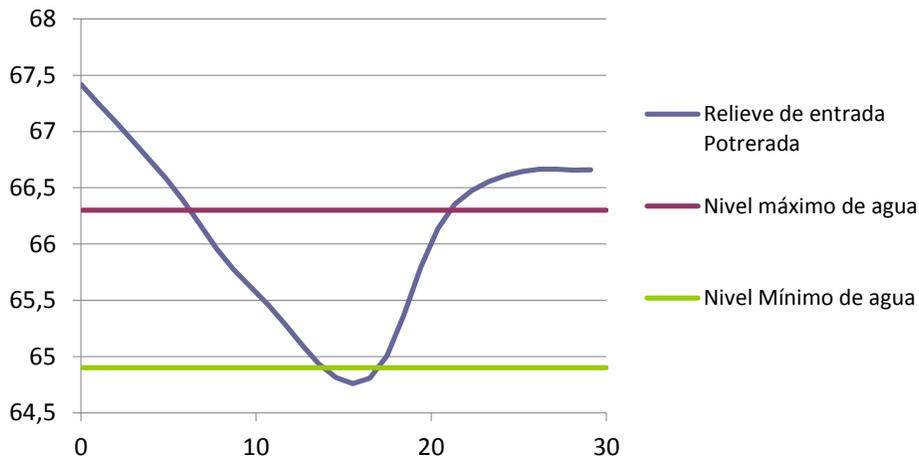


Figura N°31: Nivel de agua de salida de la laguna La Potrerada.

### 6.10.3. El Pillo

Canal de entrada. Lo observado en la figura N°32, la entrada de agua a la laguna nace desde una vertiente perteneciente a un fundo que luego sigue a otro terreno privado al cual no se le puede dar ni un uso debido a la crecida de la entrada de agua en invierno, que por lo observado por los dueños en esa período, el terreno llega a los valores de 36 metros de ancho para cada lado en el que alcanza una profundidad de poco más de un metro. En verano, se puede observar un canal de 0,2 m con una profundidad de 0,07 m y con una corriente de 0,002 m<sup>3</sup>/s. En el lado izquierdo mirando hacia la laguna se observa un terreno con características de humedal.

### Nivel de agua de Entrada De El Pillo

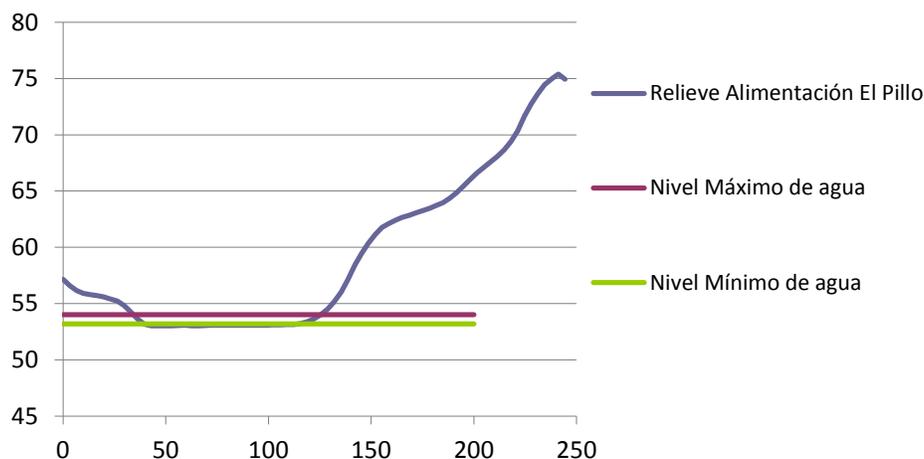


Figura N°32: Nivel de agua de Entrada de la Laguna El Pillo

Canal de salida. En la figura N°33, se observa que la salida es la entrada de la laguna la Señoraza, por esto es que concuerda que la superficie de crecimiento sea bastante horizontal y extensa. Los Niveles aumentan en un 1,5 m aproximadamente en el período de invierno, elevación similar la de la entrada de agua de la laguna la Señoraza. En verano, el agua se encuentra estancada debido a las pocas precipitaciones, una baja alimentación a la laguna pero principalmente por la flora de ribera presente, viendo que hay principalmente Totora.

### Nivel de agua de Salida de El Pillo

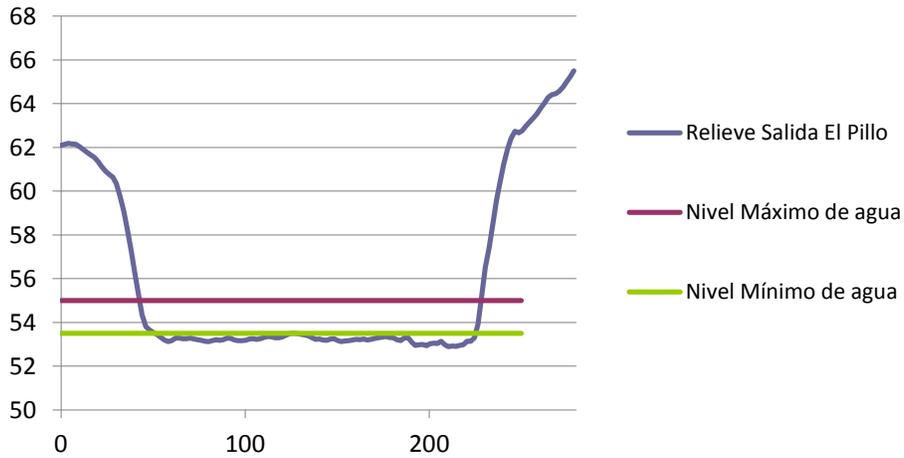


Figura N°33: Niveles de agua de salida de la Laguna El Pillo.

#### 6.10.4. La Señoraza

Canal de entrada. En la figura N°34, el nivel mínimo de agua en verano hace imposible la medición de la velocidad y por consiguiente del caudal ya que el flujo no tiene corriente. Gracias a visitas a terreno se pudo observar que la vegetación de ribera obstruye el paso del agua produciendo un estancamiento. Guiándonos por entrevistas a la población cercana, en invierno el volumen de agua aumenta y como las extensiones a los lados es grande debido a que los alrededores de esta zona son potreros con poca pendiente, la profundidad aumenta aproximadamente 2 metros y cada 30 años ocurre una crecida mayor produciendo aislamiento de las casas rurales.

### Nivel de agua entrada a La Señoraza

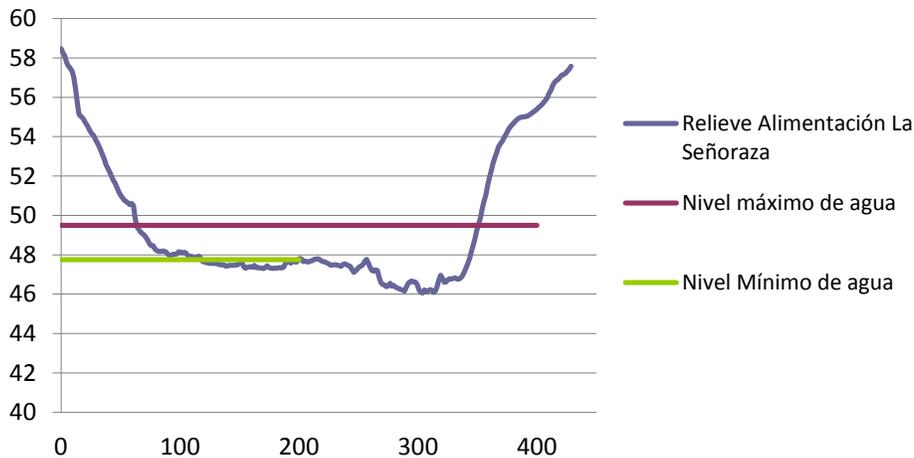


Figura N°34: Nivel de agua de entrada a Laguna La Señoraza.

Canal de Salida. La figura N°35, el nivel mínimo de caudal se observa en verano, con una profundidad estimativa de 0,1 m y un ancho de 2 m, información respaldada por visitas a terreno, pero sin caudal medible debido a la vegetación presente en el canal. En las estaciones de otoño e invierno se produce un aumento de las precipitaciones que genera un mayor volumen del agua de salida, elevando el nivel hasta el tope, generando un aumento en la profundidad de hasta 0,7 m. Mediante entrevistas fue posible concluir que cuando ocurre un desborde de agua se llega a un aumento de 1,2 m aproximadamente afectando directamente a la población de la ciudad de Laja ya que la salida se encuentra inserta en la localidad.

### Nivel agua de Salida de la Señoraza

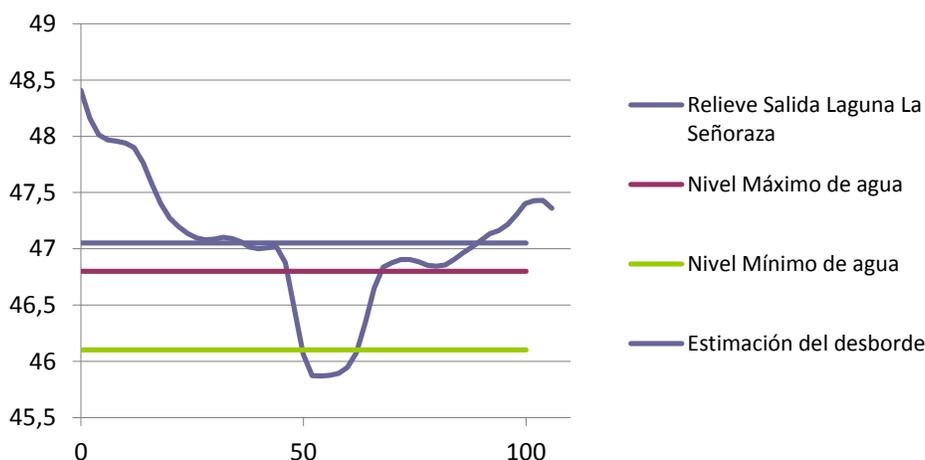


Figura N°35: Nivel de agua de la salida de la Laguna La Señoraza.

#### 6.11. Calidad de agua

El análisis de calidad de agua descrito en este ítem, está especificado en el Anexo 19, en el que se encuentran todos los parámetros medidos por laguna además de los resultados obtenidos por el laboratorio.

##### 6.11.1. El Desagüe

El análisis que se le realizó a la laguna contó con 3 puntos de muestra en los que se observaron primero los niveles de nitrógeno total que tuvo un valor de 0,35 mg/L, el fósforo total fue menor a 0,2 mg/L teniendo una variación nula en cada muestra y en cuanto a los sólidos suspendidos se obtuvo un valor igual a 100,5 mg/L presentando un variación considerable entre muestras. Los valores de Coliformes fecales 181,5 NMP/100 mL teniendo una gran variación entre cada punto de muestreo siendo el de mayor valor en el sur de la laguna. El pH promedio observado fue de 8 y la turbidez observada fue de 3,9 UNT.

##### 6.11.2. La Potrerada

El análisis que se le realizó a la laguna contó con 2 puntos de muestra en los que se observaron niveles de nitrógeno total igual a 0,7 mg/L en promedio, presentando un poco de variabilidad entre los puntos de análisis. El fósforo total de la laguna fue de 0,3 mg/L siendo igual en cada punto de análisis. En cuanto a los sólidos suspendidos, la laguna tuvo 9,1 mg/L en

promedio pero con una gran diferencia de valores entre cada punto de muestreo. La concentración de Coliformes fecales fue de 180 NMP/100 mL, en el que se obtuvieron el mayor valor en la zona norte de la laguna. El pH observado es de 8,9 en promedio teniendo una variación entre muestras de 0,1 pH, la turbidez tuvo un valor de 2,9 UNT con poca variación entre puntos de análisis.

### **6.11.3.El Pillo**

El análisis de agua que se le realizó a la laguna contó con 2 puntos de muestreo en el que se le realizó una evaluación básica contando con Nitrógeno total, Fósforo total, Sólidos suspendidos totales, Turbidez, Coliformes fecales y pH. El valor promedio de NKT fue 6,5 mg/L presentando la mayor variación de todas las lagunas analizadas. El fósforo total presentó un promedio de 0,19 teniendo una variación mínima entre las muestras. Los sólidos suspendidos totales fueron menores a 5 mg/L en los dos puntos de muestreo. Las Coliformes fecales en la laguna fue de un valor 41 NMP/100 mL, presentando una alta variación en cada punto de muestra siendo la mayor en la zona de desagüe de la laguna. La turbidez tiene un promedio de 0,775 UNT presentando poca variación y el pH 7,75.

### **6.11.4.La Señoraza**

El análisis que se le realizó a la laguna contó con 3 puntos de muestra en los que se observaron niveles de nitrógeno total de 0,65 en promedio presentando una variación casi nula en los puntos de análisis. El fósforo total dio un resultado promedio menor a 0,2 mg/L teniendo también una variabilidad mínima entre muestras. Ocurrió lo mismo con los sólidos suspendidos en los que se tuvo un valor de menos a 5 mg/L en cada punto de muestra. En cuanto a las Coliformes fecales se pudo observar una concentración promedio de 11 NMP/100 mL, aumentando sus niveles a medida que se acercaba a la zona poblada. El pH observado es de 8,2 en promedio, la turbidez de 0,725 UNT, los ácidos y grasas presentaron un valor menor a 10 mg/L. por último la concentración de Sílice tiene un valor promedio de 9 mg/L.

## **7. Conclusiones y propuestas**

Luego de realizado el estudio del subsistema físico y sumado a la cartografía más el reconocimiento en terreno de esta cuatro lagunas, podemos concluir que tienen un gran potencial de turismo educativo. La Señoraza al ser una laguna plenamente urbana tiene un rol recreativo fundamental en la comuna de Laja, pero el resto de las lagunas sobre todo El Desagüe tiene un potencial de reconocimiento de flora y fauna muy importante. El turismo educativo es una de las tendencias con mayor crecimiento en estos últimos años. La sociedad se abre cada día más a nuevas formas de conocer mundo, y las posibilidades de aprender se suman a otras ya existentes.

Con la cartografía base realizada ya se puede planificar los accesos a estas lagunas, así como el material de los caminos y su relevancia, además será posible proyectar senderos y puntos de observación de la diversa flora y fauna tan abundante en la zona como aves migratorias, peces visibles en la superficie, efectos de la Eutroficación.

En términos de nivel de intervención antrópica asociada a los ecosistemas estudiados, se observó el número de especies introducidas v/s nativas y endémicas presentes, siendo La Potrerada y La Señoraza las que poseen un mayor número de especies alóctonas, lo cual está asociado al alto nivel de intervención antrópica del entorno. Particularmente, La Potrerada se

encuentra en medio de una zona altamente intervenida por empresas forestales, en donde las plantaciones de *Pinus sp.* son las que dominan la matriz. Se evidencio en terreno que el ecosistema sirve como hábitat para especies como zorros, y aves de hábito migratorio, por lo que las acciones de manejo que contribuyan a la protección de este ecosistema deben ser implementadas por las empresas propietarias de los predios adyacentes a la laguna.

Para el caso de la laguna La Señoraza, la cual se encuentra dentro del radio urbano de la comuna de Laja, el alto nivel de intervención antrópica se justifica también por el alto número de especies introducidas que alcanza a un 56% del total aquí encontrado, además de la poca superficie que queda de bosque de ribera, el cual es solo 1/7 de la superficie total del ecosistema. Además, en esta zona no se está cumpliendo lo propuesto por el PLADECO de la comuna, ya que se lavan animales, ropa y hasta vehículos dentro de la laguna. Es de suma importancia que se realicen actividades de educación ambiental ligados a la laguna, tanto para colegios como también a la comunidad, dando a conocer la importancia que juega este lugar para la mantención de la biodiversidad y de los innumerables servicios ecosistémicos que este medio brinda. Además, es importante hacer a la población mas participe en las decisiones y actividades que se tomen en cuanto a la laguna, con el fin de que estas se empoderaren del ecosistema, con la finalidad de que estas mismas sirvan de fiscalizadoras ante hechos que ponen en peligro la biodiversidad allí presente.

El Desagüe y La Potrerada se encuentran rodeadas por laderas con pendientes de hasta 23° y 36°, respectivamente. Particularmente en La Potrerada, existen zonas con pendientes que están descubiertas de vegetación debido a cosechas realizadas años previos y a un incendio ocurrido hace dos años. Además, posee zonas en donde la vegetación ribereña, la cual en algunas zonas no alcanza más de 10 metros de ancho, es escasa y que la mayoría de las especies que lo componen (47%) es introducida. En aquellas zonas que tengan pendientes mayores a 15° y el ancho de ribera no alcanza los 20 metros mínimos exigidos por el DS N°82 del 2010, acuerdo N°12/2012, se propone realizar una restauración activa que contemple excluir el ganado mediante el cercado y ensanchar la vegetación ribereña a través de la plantación con especies nativas de rápido crecimiento, como el Quillay. Una vez que esta especie esté más establecida se puede enriquecer con otras especies nativas para incrementar la escasa riqueza. Para zonas en donde no se alcance los 20 metros de ancho y las pendientes sean menores a 15°, se propone realizar una restauración pasiva con especies nativas y/o endémicas, procurando eliminar las especies exóticas cada un año.

En el Desagüe se catastró el mayor número de especies, tanto de flora como de fauna. Además posee entre especies nativas y endémicas, un total del 67% de las especies encontradas. Este alto número de especies, en comparación a las otros tres sitios de estudio, se debe a que en gran parte del hábitat ribereño está cumpliendo con los 20 metros mínimos de ancho que este debe poseer exigidos por el DS N°82 del 2010, acuerdo N°12/2012. Hay que destacar el rol que cumplen las plantaciones forestales que se encuentran en gran parte de su perímetro, las cuales están siendo usados como corredor para aves y mamíferos, además de brindar protección a la flora y fauna, al generar condiciones microambientales óptimas para sus ciclos de vida. Ante esto,

es que proponemos para cuando sea el momento de realizar una tala rasa de las plantaciones adyacentes a los bosques riparianos, se mantengan franjas de *Pinus sp.* de 15 metros en paralelo a la línea del borde a las riberas, con la finalidad de no generar cambios bruscos de las condiciones que estos bosques poseen. Además, se propone realizar una restauración activa con especies nativas y/o endémicas, con exclusión de ganado, de aquellas zonas donde no se cumple el mínimo de los 20 metros, además de una restauración pasiva en las zonas donde se dejen las franjas de *Pinus sp.*

Las lagunas y los bosques ribereños ofrecen un sin número de bienes y servicios debido a su compleja estructura y alta heterogeneidad, y esto no es la excepción para estos ecosistemas estudiados. Si bien existen dos de ellos (La Señoraza y La Potrerada) que se encuentran en un estado de deterioro avanzado, es posible mitigar y revertir los diferentes impactos que allí se han generado. Para que esto suceda, es necesario que tanto el municipio de Laja, en conjunto con las empresas asociadas a la comuna, ONG's, colegios, juntas de vecinos, entre otros organismos, trabajen en conjunto en el levantamiento de información, no solo para estas cuatro lagunas ya estudiadas, sino que también para los otros 10 cuerpos de agua que posee la comuna, con la finalidad de recabar información necesaria para la toma de decisiones estratégicas para realizar un manejo que asegure la mantención de estos bienes y servicios de los hábitat ribereños. Además, se requiere crear conciencia sobre los beneficios que estos ecosistemas brinda a la población local, para que las comunidades locales se integren en el desafío de la conservación de la biodiversidad y el trabajo colaborativo sea efectivo a largo plazo.

Existe incertidumbre de la presencia de *Lycalopex griseus* en los ecosistemas de El Desagüe y La Potrerada, debido a que no es posible identificar con seguridad la especie con las imágenes obtenidas con las cámaras trampa. Existe además la insistencia de parte de los lugareños de que esta especie si está presente en estos ecosistemas, y es ante esto que se propone realizar monitoreos con mayor extensión temporal y espacial, por ejemplo a través del uso de cámaras trampa en corredores y atrayentes olfativos, de esta forma confirmar la presencia de esta especie en alguno de los ecosistemas descritos.

Si bien este estudio es una primera etapa de este trabajo colaborativo, es importante destacar la necesidad de desarrollar en el corto plazo una planificación del territorio a escala de cuenca, donde se identifiquen los diversos usos de suelo y se propongan prácticas productivas sustentables. Esperamos que los resultados de este estudio sirvan para la etapa de diagnóstico y se continúe el trabajo que se ha iniciado entre la empresa y la Municipalidad además de integrar a otros actores sociales que viven en estas cuencas de modo que en conjunto se desarrollen una estrategia que permita la mantención de los bienes y servicios que proveen estos ecosistemas ribereños para el bienestar local.

Respecto al cálculo de la precipitación, evapotranspiración y escorrentía no es posible realizar un balance hídrico con estos valores debido a que la evapotranspiración es la de referencia. Esto se define a que es el máximo valor posible del egreso de agua a través de la evapotranspiración. Por este motivo se requiere reunir datos de estaciones con datos de precipitación, temperatura y caudal para determinar la precipitación, escorrentías y evapotranspiración, así se obtendrá un valor más representativo y certero. Con esto también podremos conocer el balance hídrico real y conocer si hay una acumulación o pérdida de agua en cada microcuenca.

Se debe contar con una evaluación de la evapotranspiración con un mejor método como el de Perman-Monteith ya que este es el utilizado por la DGA debido a la representatividad del método, para ello, se deberá recopilar los datos presentes en la imagen.

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(E_s - E_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

En cuanto a la variabilidad de niveles de agua se pudo observar que en la mayoría de las entradas y salidas de cada cuerpo de agua se tuvo un aumento de profundidad cercano a los dos metros pero solo se pudo realizar un estimativo ya que no se cuenta con un registro por estación que es lo ideal para un análisis más representativo por lo que se propone una medición de caudales en las 4 épocas del año para realizar una mejor medición de la variación de flujo de agua y considerar los factores que influyen en ella para estimar más certeramente el comportamiento a futuro de las lagunas más sus afluentes y efluentes.

Respecto a la calidad de agua de cada una de las lagunas, presentan los niveles bajos a los esperados a excepción del pH y fósforo; la laguna La Señoraza cumple con la Norma Chilena 1333 sección 7.2, en los tres puntos de muestreo por lo que se confirma que puede ser usado como balneario. En cuanto a las otras lagunas, los niveles de Coliformes fecales no tuvieron grandes concentraciones como se esperaba en un comienzo al igual que nos niveles de nitrógeno y turbidez. Para conocer la causa de la baja concentración se debe realizar un estudio más profundo de la calidad de agua y el tipo de suelo existente en las lagunas ya que así se podrá tener un conocimiento más acabado de cada uno de los cuerpos de agua. Comparando con la investigación realizada por el Dr. Parra en la Laguna Grande de San Pedro, los niveles de fósforo total de las cuatro lagunas presenta niveles hipertróficos en la categoría trófica (Anexo 5), siendo todos los valores mayores a 100 µg/L por lo que es imperante una evaluación más exhaustiva de la calidad de agua, con un enfoque en la concentración de nutrientes. También debemos considerar que el análisis de calidad de agua se debe hacer mensualmente y que se guíe por una técnica de un muestreo en la que se incluya un análisis estadístico para determinar el número de muestras para cada cuerpo de agua. En esta metodología de muestreo se debe considerar la superficie y profundidad de las lagunas. Se recomienda que sea guiada por la norma chilena 1333 en la que especifica los parámetros a medir según el uso que se le dé a cada cuerpo de agua.

Los parámetros observados en la laguna El Pillo fueron bajos en comparación a las concentraciones que debe tener un cuerpo de agua para riego o para animales, sin embargo para

darle un uso a la laguna es recomendable realizar un análisis de calidad de agua rigiéndose legalmente. La laguna La Potrerada presentó los niveles más altos de pH, siendo de 8,9 el promedio. Para sacar una conclusión respecto a la causa de este elevado valor, se debe realizar una evaluación más acabada del cuerpo de agua en el que se considere el tipo de suelo que posee, la biodiversidad presente en la zona y todo lo que ingresa a la laguna. La laguna El desagüe presentó los niveles más altos de los parámetros observados exceptuando el pH también es en el que se observó más biodiversidad avícola por lo que se recomienda realizar una evaluación para definir cuál es su estado.

El arrastre de sedimento tiene una alta importancia en los posibles niveles de eutrofización que poseen las lagunas por lo que se propone es realizar un estudio de este tópico. Para las lagunas que están rodeadas de plantaciones forestales es importante realizar un análisis de arrastre de sedimento antes de una tala y después de una tala para así comparar resultados y ver el cambio que ocurre en las lagunas.

## 8. Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a la institución Forestal Mininco, quien nos brindó la oportunidad de poder realizar esta práctica profesional durante estos dos meses, dándonos la oportunidad de hacer uso directo de sus instalaciones, herramientas y equipos sin límites ni problema alguno. A Cristian Rodríguez, sub gerente del Área de Patrimonio, a Eugenio Hernández, jefe de área Los Ángeles y a todo el equipo del Área de Patrimonio, quienes me apoyaron en innumerable ocasiones, tanto en terreno como en oficina y por todas las críticas e ideas aportadas. A todos los trabajadores de Forestal Mininco que no pertenecen al Área de Patrimonio, que fueron participes indirectamente de esta práctica, aportando con críticas, ideas y sugerencias. A todos ellos, muchas gracias por hacer que esta práctica profesional haya sido fructífera para los tres, ya que ha aportado nuevos conocimientos a nuestra formación profesional, además de haber brindado el mejor de sus intenciones en cada comentario aportado.

## 9. Bibliografía

Fuentes, A., F. Ortega, P. Pérez, B. Rivera, D. Rozas. 2005. Línea de base subcuenca río Pichilumaco, comuna de Lumaco, IX Región de la Araucanía

Aguayo, M.; A. Pauchard; G. Azócar & O. Parra. 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. Revista Chilena de Historia Natural Vol. 82, pp. 361-374.

Altamirano, A. & A. Lara. 2010. Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. Revista Bosque, Vol. 31, N°1, pp. 53-64.

Aubriot, L.; D. Conde; S. Bonilla; V. Hein & A. Britos. 2005. Vulnerabilidad de una laguna costera en una Reserva de Biosfera: indicios recientes de eutrofización. Taller Internacional de Eutrofización de Lagos y Embalses. Patagonia Impresiones Chile. pp. 65-85.

Bibby, C.; N. Burges & D. Hill. 1992. Bird census techniques. British Trust for Ornithology - Royal Society for the Protection of Birds. Academic Press.

Braun - Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie - Grundzuge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien. 865 pp.

DGA. 2014. Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. Dirección General de Aguas, Departamento de recursos hídricos, Ministerios de obras públicas, Santiago, Chile. pp. 149.

Doughty, L., Slater, K., Zitger, H., Avent, T., Thompson, S. 2014. The impact of male contraception on dominance hierarchy and herd association patterns of African elephants (*Loxodonta africana*) in a fenced game reserve. *Global Ecology and Conservation*. Elsevier. Vol. 2 pp. 88-96.

Figueroa, R.; C. Bravo; E. Corales; R. López; & S. Alvarado. 2000. Avifauna del Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto, región del Bío-Bío. *Boletín chileno de ornitología*, Vol. 7 pp. 2-12.

García, J.A. 1982. Comunidad avifaunística del delta del río Gol-Gol, una necesidad de conservación. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia.

González, Ljubow N; González A; Mardones, M. 2003. Evaluación de la vulnerabilidad natural del acuífero freático en la cuenca del río Laja, centro-sur de Chile. *Rev. geol. Chile, Santiago*, vol. 3.

Hoffmann, A. 2005. Flora silvestre del Chile zona araucana: Arboles arbustos y enredaderas leñosas. Ediciones Fundación Claudio Gay. Quinta edición, pp. 257.

Hoffmann, A. 1998. Flora silvestre del Chile zona central. Ediciones Fundación Claudio Gay. Cuarta edición, pp. 254.

Instituto Geográfico Militar. 2005. Requisitos que deben cumplir las publicaciones cartográficas impresas.

Iriarte, A. 2010. Guía de Campo de los Mamíferos de Chile. Ed. Flora y Fauna Chile Ltda, pp. 216.

Inzunza, J. Climas de Chile. *Meteorología Descriptiva*, pp 421-251.

Kandus, P.; N. Morandeira & F. Schivo. 2010. Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná. Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales. Representante de Wetlands International.

Foley, J.; R. Defries; G. Asner; G. Barford & G. Bonan. 2005. Global consequences of land use. *Science* Vol. 309, pp. 570-574.

Granados, D.; M. Hernández & G. López. 2006. Ecología de las zonas ribereñas. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente Vol. 12 N°1, pp. 55-69.

Lambin, E.; X. Baulies; N. Bockstael; G. Fischer; T. Krug. 1999. Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation strategy. IGBP Report No. 48, IHDP Report No. 10, Stockholm, Bonn.

Marticorena, A.; D. Alarcon, L. Abello & C. Atala. 2010. Plantas Trepadoras, Epífitas y Parasitas Nativas de Chile. Guía de Campo, Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile, pp. 291.

McPhee, J; Escorrentía. 2008 Facultad de Ciencias Físicas y matemáticas. Universidad de Chile. vol. 28 pp. 13.

Ministerio del Medio ambiente, Gobierno de Chile. 2011. Informe del Estado del Medio ambiente, pp. 512.

Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. 2013. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012 – 2025, pp. 40.

Ascionesl, N.; P. Caamaño, A. Castillo, C. Limpert, M<sup>a</sup> A Toledo. 2007. Línea de Base Reserva Nacional Malalcahuello, Comuna de Curacautín, Provincia de Malleco, Región de La Araucanía, Chile.

NRC. 2001. Grand challenges in environmental sciences. Committee on Grand Challenges in Environmental Sciences. National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, USA., pp. 106.

Parra, O. 1989. La eutroficación de la Laguna Grande de San Pedro, Concepción, Chile: un caso de estudio. Ambiente y Desarrollo Vol. N° 1, pp. 117-136.

Torres, S.J.E. 1970. Apuntes de hidráulica general y agrícola. Primera y segunda parte. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrícolas, pp 302-305.

Sanchez, F. 2001. Análisis y evaluación comparativa de siete modelos precipitación-escorrentía (Budyko, Countage, Grunsky, Peñuelas, Pizarro, Turc, Turc-pike) en la cuenca del río Malleco, IX región. Facultad de Ciencias forestales. Universidad de Talca, Talca, Chile.

Quiroz, C.; A. Pauchard, A. Marticorena & L. Cavieres. 2009. Manual de Plantas Invasoras del Centro-Sur de Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas. Primera edición, pp. 45.

Ralph, C.J.; G.R Geupel, P. Pyle; T.E Martin & D.F. DeSante. 1993. Handbook of field methods for monitoring landbirds. U.S. Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-144, pp. 41.

Ramankutty, N. & J. Foley. 1999. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles* Vol. N°13, pp. 997-1027.

Rodriguez, R.; D. Alarcón & J. Espejo. 2009. Helechos Nativos del Centro y Sur de Chile. *Guía de Campo*, Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile, pp. 212.

Romero F.; M. Cozano; R. Gangas & P. Naulin. 2014. Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile, Chile. *Bosque* Vol. 35 N°1, pp. 3-12.

Rozzi, R.; J. Armesto; A. Correa; J. Torresmura & M. Salaverry. 1996. Avifauna de bosques primarios templados en islas deshabitadas del archipiélago de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* Vol. N°69, pp. 125-139.

Zambrano, M; Hidrología. 2014 Relaciones precipitación. Facultad de Ciencias Atales. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. pp. 28

## **10.Anexos**