



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Doctorado en Ciencias Área Biología

TESIS DOCTORAL

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAGUNAS PAMPÁSICAS DEL SUDESTE  
BONAERENSE. DIAGNÓSTICO Y PERSPECTIVAS DE GESTIÓN  
SUSTENTABLE**

**ASUNCIÓN ROMANELLI**

Director: Dr. Héctor E. Massone  
Co-Director: Dra. Alicia H. Escalante

Marzo de 2012



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Doctorado en Ciencias Área Biología

TESIS DOCTORAL REALIZADA POR *ASUNCIÓN ROMANELLI*

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAGUNAS PAMPÁSICAS DEL  
SUDESTE BONAERENSE. DIAGNÓSTICO Y PERSPECTIVAS DE  
GESTIÓN SUSTENTABLE**

DIRECTOR: DR. HÉCTOR E. MASSONE  
CO-DIRECTOR: DRA. ALICIA H. ESCALANTE

Marzo de 2011

“El camino es el que nos enseña la  
mejor forma de llegar y nos enriquece  
mientras lo estamos cruzando”

Paulo Coelho

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar esta tesis a las personitas más importantes en mi vida: Mamá y Papá, por quererme, apoyarme, acompañarme en todo lo que emprendo en mi vida y por hacerme la persona que soy hoy, a mis hermanos por estar siempre conmigo y por alegrarme la vida, a Mauri por la paciencia, apoyo y amor a diario, a mi Luz por iluminar nuestra familia; y de manera muy especial a Bebé (mi abuela y segunda mamá) y Pepé, aunque ya no está más a mi lado, por todo el cuidado y amor de siempre.

Además, quiero agradecer muy especialmente:

A mis directores, Héctor y Alicia, por su guía, predisposición, entusiasmo, paciencia y por haber confiado en mí por segunda vez para que pudiera continuar creciendo profesionalmente.

A mis compañeros del grupo de Hidrogeología, por hacer cada día de trabajo único, por su bondad, alegría, y por sobre todas las cosas su gran compañerismo.

A Lou y Ale, por su amistad, buen humor y compañía diaria.

A Sole, Adri, Pau y Lau por su apoyo y por brindarme su cariño desde el momento en que nos conocimos.

A Seba por ser incondicional, por estar siempre, por divertirme y por su enorme ayuda en los muestreos.

A Mer, Pame, Bel y Andrecito, por estar siempre al lado mío y por alegrarse con cada paso que doy.

A Carlitos, Guillermo Muñoz y a todos los que desinteresadamente más de una vez me acompañaron en los muestreos.

A Gustavo Bernava, por su colaboración en los análisis químicos de las muestras de agua.

A los vecinos de Villa Laguna Brava, Club de Pesca Balcarce, Recreo Ruca Lauquen, Antigua Estancia La Brava, Clubes de Pesca La Isla y Atlántico, Centro Recreativo Islas Malvinas -CRIM, Camping Villa Dos Pinos, Asociación de Empleados de Casino, Sociedad de Vecinos "Sierra de Los Padres", Delegación Municipal de Sierra de Los Padres y Departamento de Guardaparques de RILAPA, por su generosa colaboración.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	vii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Gestión integrada de los recursos hídricos. Marco conceptual.....	5
1.4 Área de estudio.....	7
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES.....	10
2.1 Síntesis Geomorfológico.....	10
2.2 Síntesis Geológica.....	11
2.3 Síntesis Hidrogeológica.....	13
2.4 Síntesis Limnológica.....	17
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA.....	19
3.1 Introducción.....	19
3.2 Metodología.....	19
3.3 Precipitación.....	21
3.4 Temperatura.....	24
3.5 Humedad relativa.....	26
3.6 Balance hídrico.....	27
CAPÍTULO 4. GEOMORFOLOGÍA.....	34
4.1 Introducción.....	34
4.2 Metodología.....	34
4.3 Red de drenaje.....	36
4.4 Densidad de drenaje.....	37
4.5 Modelo digital del terreno.....	39
4.6 Pendientes.....	41
4.7 Unidades morfodinámicas.....	43
4.7.1 Ambiente de sierras, lomadas y llanura.....	45
4.7.1.1 Sistema de sierras.....	45
4.7.1.2 Sistema de lomadas.....	45
4.7.1.3 Sistema de llanura.....	45
4.7.2 Ambiente urbano.....	49
4.8 Suelos.....	52
4.8.1 Cobertura, capacidad y tipo de suelos.....	52
CAPÍTULO 5. AGUAS SUPERFICIALES.....	56
5.1 Introducción.....	56
5.2 Caracterización morfométrica de las lagunas.....	56
5.2.1 Metodología.....	57
5.2.2 Serie temporal de parámetros morfométricos.....	60
5.2.2.1 Laguna de Los Padres.....	61
5.2.2.2 Laguna La Brava.....	64
5.3 Caracterización química del agua superficial.....	68
5.3.1 Metodología.....	69

5.3.2	Lagunas.....	72
5.3.2.1	La Brava.....	72
5.3.2.1.1	Contenido iónico del agua.....	72
5.3.2.1.1.1	Variación estacional.....	72
5.3.2.1.1.2	Variación espacial y en profundidad.....	76
5.3.2.1.2	Parámetros físico químicos.....	78
5.3.2.1.2.1	Variación estacional.....	78
5.3.2.1.2.2	Variación espacial y en profundidad.....	79
5.3.2.2	Los Padres.....	82
5.3.2.2.1	Contenido iónico del agua.....	82
5.3.2.2.1.1	Variación estacional.....	82
5.3.2.2.1.2	Variación espacial y en profundidad.....	85
5.3.2.2.2	Parámetros físico químicos.....	87
5.3.2.2.2.1	Variación estacional.....	87
5.3.2.2.2.2	Variación espacial y en profundidad.....	88
5.3.3	Arroyos.....	91
5.3.3.1	Contenido iónico del agua.....	91
5.3.3.2	Parámetros físico químicos.....	92
5.4	Macrófitas acuáticas.....	93
5.4.1	Metodología.....	94
5.4.2	Determinación de la biomasa y variación estacional de <i>Schoenoplectus californicus</i> y su relación con variables ambientales.....	98
CAPÍTULO 6. AGUAS SUBTERRÁNEAS.....		104
6.1	Introducción.....	104
6.2	Caracterización hidrodinámica.....	104
6.2.1	Metodología.....	105
6.2.2	Espesor de la zona no saturada.....	107
6.2.3	Piezometría.....	108
6.3	Caracterización química del agua subterránea.....	111
6.3.1	Metodología.....	112
6.3.2	Contenido iónico del agua y parámetros físico químicos.....	114
CAPÍTULO 7. MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO.....		125
7.1	Introducción.....	125
7.2	Metodología.....	126
7.3	Isótopos estables del agua.....	128
7.4	Cuantificación de la importancia relativa de las principales fuentes de recarga a los humedales: mezcla de aguas.....	133
7.5	Descripción del modelo conceptual.....	134
CAPÍTULO 8. EVALUACIÓN DE LA CARGA POTENCIALMENTE CONTAMINANTE PARA LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES.....		137
8.1	Introducción.....	137
8.2	Metodología.....	138
8.3	Cobertura del suelo.....	141
8.4	Potencial de carga contaminante para el agua subterránea.....	146
8.5	Potencial de carga contaminante para el agua superficial.....	148

CAPÍTULO 9. RELEVAMIENTO DE ACTORES SOCIALES E IDENTIFICACIÓN DE LA INTERDEPENDENCIA SOCIO-BIOFÍSICA. PROBLEMÁTICA DE LOS RECURSOS DE USO COMÚN.....	150
9.1 Introducción.....	150
9.2 Contexto de la problemática ambiental.....	152
9.3 Metodología.....	154
9.4 Análisis de los actores sociales.....	159
9.4.1 Cuenca de la Laguna La Brava.....	159
9.4.2 Cuenca de la Laguna de Los Padres.....	165
CAPÍTULO 10. MARCO LEGAL-ADMINISTRATIVO.....	174
10.1 Introducción.....	174
10.2 Legislación ambiental a nivel nacional y provincial.....	174
10.3 Normativa específica en la Cuenca de la Laguna La Brava.....	178
10.4 Normativa específica en la Cuenca de la Laguna de Los Padres.....	181
CAPÍTULO 11. PROPUESTA DE INDICADORES AMBIENTALES E ÍNDICES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LAGUNAS PAMPEANAS Y PLAN DE MONITOREO.....	186
11.1 Introducción.....	186
11.2 Metodología.....	188
11.3 Aplicación de indicadores ambientales e índices de calidad ambiental.....	192
11.4 Propuesta de monitoreo.....	200
CAPÍTULO 12. CONCLUSIONES.....	204
CAPÍTULO 13. BIBLIOGRAFÍA.....	209
ANEXOS.....	232

## RESUMEN

Este trabajo de tesis se enfoca desde la gestión de los recursos hídricos, reconociendo los componentes del ciclo hidrológico y su relación con otros recursos naturales y con la sociedad. Utilizando un enfoque "de lo específico a lo general" se puede obtener un panorama integrado de las relaciones e interacciones más importantes al abordar los problemas de manejo de estos recursos. Es por esta razón, que el enfoque metodológico adoptado en este trabajo se enmarca en el concepto de gestión integral de los recursos hídricos (GIRH). El objetivo general planteado en este trabajo de tesis es caracterizar e interpretar la dinámica de parámetros ambientales de dos lagunas pampásicas del Sudeste Bonaerense, de manera de profundizar en el conocimiento de sus modelos conceptuales de funcionamiento en el marco de una visión integral de los recursos hídricos, y su gestión. Se decidió abordar este trabajo de tesis a tres escalas espaciales: 1) regional: que comprende un sector del Corredor Mar del Plata-Balcarce de 506.2 km<sup>2</sup> vinculando ambos ecosistemas naturales y su entorno próximo; 2) local: a nivel de cuenca de drenaje, incluyendo las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres; y 3) puntual: a nivel de cada cuerpo de agua en particular. Las lagunas de Los Padres (2,16 km<sup>2</sup>) y La Brava (4,00 km<sup>2</sup>) están situadas en el sistema serrano de Tandilia y se encuentran dentro de una matriz uniforme de agroecosistemas. Son consideradas importantes centros de recreación y se encuentran próximas a núcleos de urbanización. A partir de la interpretación de información referente a la precipitación, temperatura, humedad y presión atmosférica se realizó una caracterización climatológica de la zona. Se realizaron cálculos de evapotranspiración, siendo ésta la principal salida de agua de lluvia del sistema. Se confirmó una disminución regional de las lluvias en dirección SO-NE asociado posiblemente, por un lado, a efectos orográficos locales inducidos por las sierras del Sistema de Tandilia y, por el otro, a la distancia de la línea de costa. La caracterización geomorfológica del área se realizó mediante la identificación y caracterización de las unidades geomorfológicas de superficie presentes. Se determinó la morfometría y batimetría de los dos humedales y se realizaron comparaciones a lo largo de una serie temporal. La dirección del flujo regional del agua subterránea es SO-NE originándose en el sector serrano, con gradientes bajos, los cuales determinan bajas velocidades de circulación. A partir de la piezometría, además, se pudo definir el comportamiento efluente-influente de las lagunas con el acuífero y determinar su relación con los arroyos afluentes y efluente a las mismas. A través de la interpretación hidrogeoquímica de estos sistemas hidrológicos se determinaron tipos de agua, interacción, mezcla entre ellos y posibles procesos modificadores a lo largo de líneas de flujo. Las técnicas isotópicas también permitieron validar y ajustar los modelos hidrogeológicos conceptuales de estos humedales. Así, se corroboró el comportamiento hidrogeológico de estas lagunas con el acuífero. Además, se realizó una identificación de las fuentes de recarga a las mismas, indicando para la Laguna La Brava una recarga desde el acuífero, su arroyo afluente, y un flujo proveniente del sistema de fisuras de la sierra La Brava. Para la

Laguna de Los Padres, las fuentes de recarga son el acuífero regional y su arroyo afluente. A partir del análisis de PCA se analizó la relación existente entre las principales variables ambientales y la población de *Schenoplectus californicus* de las dos lagunas en estudio. Las muestras principalmente de invierno y primavera se caracterizan por altos valores de biomasa vegetal (tanto aérea como sumergida) y de turbidez de la columna de agua. Las muestras procedentes de la Laguna de Los Padres, se relacionaron con mayores valores de conductividad eléctrica y temperatura del agua y biomasa aérea de *S. californicus*, mientras que las de la Laguna La Brava se asociaron a una mayor profundidad de la columna de agua y biomasa vegetal sumergida. A partir del análisis integrado de la cobertura del suelo, la pendiente del terreno y la red de drenaje de las lagunas en estudio, se identificó en la Cuenca de la Laguna La Brava que el 76,28 % del área posee una moderada a elevada carga contaminante potencial, siendo en la Cuenca de la Laguna de Los Padres de 65,68%. Las fuentes potenciales de contaminación en la Laguna La Brava son la actividad agrícola en tierras de labor en secano, la Villa La Brava y las instalaciones deportivas ubicadas en sus márgenes. En la Laguna de Los Padres, resultan fuentes potenciales la agricultura en terrenos regados permanentemente, las numerosas instalaciones deportivas y recreativas construidas en su línea de costa y los asentamientos urbanos cercanos a la misma. Al evaluar los actores sociales involucrados en las cuencas de drenaje de las lagunas y sus interdependencias socio-biofísicas, en el contexto de la gestión de RUC, se determinó que las funciones de hábitat (para la biota y la sociedad humana), regulación (abastecimiento de agua) e información (recreación, ciencia y educación) son las de principal interés para éstos. Además se identificaron los actores claves del proceso de planificación. La creación y aplicación de un sistema de indicadores P-E-R permitió expresar la calidad ambiental de lagunas pampeanas en forma numérica, mediante el uso de índices basados en métodos claros y reproducibles, a través de indicadores que pueden medirse o determinarse de manera objetiva. A su vez, la creación del índice de calidad ambiental permitió integrar la información obtenida en este trabajo de tesis incluyendo datos morfométricos, hidroquímicos, de uso y cobertura del suelo, y sociales. Se propone, además, un plan de monitoreo a fin de hacer operativos los indicadores propuestos.

## ABSTRACT

This thesis is focused on water resources management, recognizing most of the components of the hydrological cycle and its interactions with other natural resources and society. In this respect, by using an approach from the specific to the general, an integrated view of the main relationships when addressing the managing problems of these resources can be obtained. Therefore, the methodological approach adopted in this work is part of the concept of Integrated Water Resources Management (IWRM). The aim of this thesis is to characterize and interpret the dynamics of the environmental parameters related to two shallow lakes of the SE of Buenos Aires Province, in order to deepen into the knowledge of their conceptual models of functioning within the framework of an integrated vision of water resources and its management. Three spatial scales are used: 1) regional, including a section of the Mar del Plata-Balcarce Corridor (506.2 km<sup>2</sup>); 2) local, including both Los Padres and La Brava pond drainage basins; and, 3) local, corresponding to each water body. Los Padres (2.16 km<sup>2</sup>) and La Brava (4.00 km<sup>2</sup>) lakes are located in the Tandilia mountain system and are embedded in a uniform matrix of agro ecosystems. They are important recreation centers and are close to urbanized areas. Local weather conditions were analyzed from rainfall, temperature, humidity and atmospheric pressure information. Evapotranspiration estimations were calculated being rainwater the main output of the system. A regional rainfall decrease in the SW-NE direction was confirmed, possibly associated to local orographic effects induced by the ranges and the distance from the coastline. The main geomorphological units of the area were identified and characterized. The morphometry and bathymetry of the two ponds were determined, and a comparison between the lakes over a time series was made. The isophreatic map reveals a regional flow from the SW to NE sector, and allowed us to define the effluent-influent behavior of the permanent shallow lakes in the area. The hydrogeochemical interpretation of these water systems determined water types, recharge sources, interactions and possible mixing processes. Isotopic techniques confirmed the flow system in the unconfined aquifer and the relationships among the different water sources. Moreover, they also helped to validate and adjust the conceptual hydrogeological models. Obtained data indicated the main recharge sources to these aquatic ecosystems. La Brava Lake receives water from the Pampean aquifer, its inflow stream and an unquantified flow from the fault system of La Brava Range. On the other hand, groundwater and its inflow stream are the two recharge sources of Los Padres Lake. The relationship among the environmental parameters and the population of *Schoenoplectus californicus* in the two water bodies was examined by a PCA. Mainly winter and spring samples are characterized by high plant biomass and turbidity. Samples from Los Padres Lake have higher values of electrical conductivity, temperature and aerial biomass of *S. californicus*, while La Brava Lake has higher depth values and submerged plant biomass. The integrated analysis of land cover, slope and drainage network allowed identifying the potential pollutant load to surface and groundwater. Related to surface water, 76.28% and 65.68% of La Brava and Los Padres lake basins, respectively, have high to moderate potential

pollutant load. The main potential sources of pollution in La Brava Lake are: non-irrigated arable lands, La Brava Village and the sports and recreational facilities located on its coastline. In the case of Los Padres Lake, these are: permanently irrigated land, sports and recreational activities and the discontinuous urban fabric close to it. By analyzing stakeholders and their social-biophysical interdependencies in a Common Pool Resource management context, it was determined that the main interests in the ecosystem functions have focused on regulation (mainly water supply and water regulation), habitat (for biota and human society) and information, with limited attention to other ecosystem functions. In addition, the creation and implementation of a set of PSR (Pressure-State-Response) indicators allowed expressing numerical environmental quality of Pampas by using indexes based on clear and reproducible methods. In this respect, the design of an environmental quality index helps to integrate the obtained information of this thesis work including morphometry, hydrochemistry, land cover and social data. A monitoring plan in order to make the proposed indicators become operational was designed.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Pese a su amplia distribución mundial, los humedales constituyen en conjunto una extensión de superficie relativamente escasa en comparación con la de otros ecosistemas. Sin embargo, los rasgos ambientales que confluyen en su entorno confieren a este tipo de biotopos una productividad y diversidad biológicas de las más altas del planeta (Archibold, 1995; Finlayson *et al.*, 1999). En este trabajo de Tesis definimos el término *humedal* de acuerdo a lo expresado en la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Convención de Ramsar, 2006), "son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

En la Provincia de Buenos Aires, República Argentina, existe un gran número de cuerpos de agua someros, permanentes o temporarios, de variada extensión denominados "lagunas". Presentan estadios evolutivos muy distintos, y su distribución, morfología y tipología se relaciona con el clima, el relieve y la geología (Dangavs, 2005). Las lagunas pampeanas cubren unos 100.000 km<sup>2</sup> del territorio de la llamada Pampa Húmeda. Estos humedales, numerosos en esta zona, proporcionan importantes servicios ambientales como el ciclado de nutrientes, la regulación del clima a nivel local y regional, regulación de flujos hidrológicos y oportunidades educativas y recreativas entre otros (MA, 2005).

En la región Pampeana los sistemas lagunares representan ambientes complejos dentro de una matriz uniforme de agroecosistemas, altamente impactada por la acción humana (Ghersa y León, 2001). Particularmente, el ecosistema lagunar es un sistema íntimamente ligado a la tierra adyacente, a su área de drenaje y a las corrientes de agua que transportan y metabolizan los componentes terrestres al lago (Wetzel, 2001). Conocer y preservar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, resulta por tanto, fundamental a la hora de evitar el deterioro de estos ecosistemas acuáticos ocasionado por algún tipo de contaminación natural y/o antrópica (Lampert y Sommer, 1997).

Los cuerpos de agua superficial, como ríos, arroyos, lagunas y demás humedales, son parte activa del sistema de flujo del agua subterránea (Winter, 1999). En el Sudeste de la provincia de Buenos Aires las aguas subterráneas constituyen la principal fuente de abastecimiento para fines

urbanos, agrícolas e industriales. Los ríos y arroyos si bien no son significativos desde el punto de vista de abastecimiento, lo son desde la dinámica de los procesos hidrológicos (Romanelli *et al.*, 2010). En diferentes estudios se han considerado las condiciones de flujo subterráneo y sus relaciones con el flujo superficial, destacando la importancia ecológica de estas relaciones, los impactos humanos y su influencia con la disponibilidad del recurso (Sophocleus, 2002).

La información disponible para determinar las relaciones hidrodinámicas de los humedales con otros cuerpos de agua es escasa y difícil de obtener. Pese a la importancia ambiental de los humedales pampeanos, en la mayoría de los casos se carece de información que permita definir de manera precisa un modelo conceptual de funcionamiento. Además, las actuales problemáticas que enfrentan estos complejos ecosistemas, como el aumento del nivel de contaminación de sus aguas, cambios en el uso del suelo de sus cuencas de drenaje y aumento del nivel de eutrofia entre otros, han obligado a los investigadores a ir más allá de las descripciones de sus comunidades y parámetros físico-químicos, haciéndose necesario un enfoque interdisciplinario de los mismos (Whited *et al.*, 2000; Quirós *et al.*, 2002b; Olivera y Cortes, 2006).

Elaborar modelos conceptuales que expliquen adecuadamente el funcionamiento y relación de los diferentes cuerpos de agua en una zona determinada, resulta esencial a la hora de generar políticas de gestión integral que permitan el adecuado aprovechamiento del recurso hídrico tanto superficial como subterráneo. Una herramienta importante aplicada al estudio de estos sistemas hidrológicos es la interpretación hidrogeoquímica, la cual permite determinar distintos tipos de agua, interacción y mezcla entre ellos y posibles procesos modificadores a lo largo de líneas de flujo mediante el análisis del contenido y variación de las especies iónicas (Négre y Lachassagne, 2000; Martínez *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2006). De igual manera, la aplicación de técnicas isotópicas en los estudios hidrogeológicos ha demostrado ser otra importante herramienta en la validación y ajuste de modelos conceptuales (Fontes, 1980; Mazor, 1991; Clark y Fritz, 1997).

Además, en la actualidad, existen diversas herramientas computacionales que contribuyen a la realización de estudios sobre el manejo integrado de los recursos naturales; entre estas herramientas se destacan los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Un SIG permite el almacenamiento, manejo, procesamiento y análisis de los diferentes tipos de datos que se utilizan en estos estudios hidrogeológicos-limnológicos, además facilita la elaboración de mapas temáticos para cada uno de los atributos que se definan en la base de datos; así como el análisis y procesamiento de los datos generados. Estos sistemas permiten analizar la variabilidad espacial y

temporal de los diferentes parámetros necesarios para llevar a cabo estudios de esta naturaleza (Esteller *et al.*, 2003).

La Laguna de Los Padres y la Laguna La Brava están situadas en el cordón serrano septentrional de la Provincia de Buenos Aires, conocido como Sierras Septentrionales o Sistema de Tandilia y poseen una superficie de 216 y 400 hectáreas, respectivamente (Pozzobon y Tell, 1995; Grosman y Sanzano, 1999). Las cubetas que conforman estas lagunas se localizan en los valles que separan los bloques serranos y se han originado por tectónica y deflación eólica (Ringuelet, 1962; Mauriño *et al.*, 1981). Ambas lagunas reciben un único afluente, formado por la conjunción de tributarios en el sector alto de cada cuenca y drenan parte de sus aguas superficiales a través de otro curso superficial, conformando un sistema efluente-influente. Otras características comunes a ambas lagunas son conformar importantes centros de recreación, tanto por sus cualidades paisajísticas como por la actividad de pesca, y encontrarse próximas a núcleos de urbanización (Sierra de Los Padres y Villa La Brava) que experimentan un marcado incremento poblacional de residentes permanentes.

Ambas lagunas son un valioso recurso natural que contribuye a la calidad de vida de la población, tanto residente en sus proximidades como en el área de influencia (ciudades de Mar del Plata y Balcarce), que suma más de 700.000 personas. Por ello, realizar una gestión de su uso desde una perspectiva ambiental es imprescindible si se pretende que continúen prestando ese importante servicio y constituye, además, un aporte concreto al Objetivo 7 de los "Objetivos De Desarrollo del Milenio" propuestos por Naciones Unidas, con meta en 2015-2020 (UN, 2000).

Esta gestión debe tener como marco de acción la prevención de impactos y riesgos y la sustentabilidad ambiental, estableciendo políticas de manejo instrumentadas a partir de información científicamente correcta y a la vez, claramente comprensible para el no especialista. Aquí es donde el concepto de indicador toma fuerza. Los indicadores ambientales representan un instrumento de gran utilidad para organizar, sistematizar, cuantificar, simplificar y comunicar información relativa a distintos aspectos del medio ambiente, que resulta básica para la toma de decisiones en el marco de la gestión ambiental (OECD, 1993; Cendrero, 1997).

## 1.1 HIPÓTESIS

Como hipótesis general de este trabajo se plantea que es posible combinar de manera efectiva parámetros biofísicos y sociales a fin de construir indicadores de calidad ambiental que reflejen las funciones ecosistémicas básicas de lagunas pampeanas.

## 1.2 OBJETIVOS

El objetivo general planteado en este trabajo de tesis es caracterizar e interpretar la dinámica de parámetros ambientales de dos lagunas del Sudeste Bonaerense definiendo los modelos conceptuales de funcionamiento y generando pautas de gestión.

De igual manera, los objetivos específicos propuestos son:

1. Caracterizar el funcionamiento hidrológico de dos lagunas seleccionadas -la Laguna de Los Padres y la Laguna La Brava- tomando la cuenca como unidad de análisis.
2. Realizar un seguimiento estacional de parámetros físico-químicos en los ambientes lénticos. Caracterizar hidroquímicamente los cursos de agua y acuíferos de ambas cuencas.
3. Caracterizar la variación espacial y en profundidad de los principales parámetros fisicoquímicos de las lagunas.
4. Establecer la biomasa y variación estacional de la macrófita acuática dominante y su relación con variables ambientales. Identificar las macrófitas sumergidas y flotantes libres presentes en ambas lagunas.
5. Validar y ajustar los modelos hidrológicos conceptuales de ambas lagunas.
6. Establecer la relación entre las lagunas testigo y la cobertura del suelo en la cuenca respectiva.
7. Relevar y caracterizar los actores sociales con intereses en las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres.
8. Analizar y comparar las figuras actuales de gestión en ambas lagunas.
9. Seleccionar de los parámetros ambientales analizados aquéllos que sean de utilidad como indicadores de Presión, Estado y Respuesta (PER), y diseñar y testear un índice de calidad

ambiental, basado en los indicadores seleccionados, que represente las funciones fuente, soporte y sumidero de los cuerpos lagunares.

### 1.3 GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. MARCO CONCEPTUAL.

Este trabajo de tesis se enfoca desde la visión de la gestión integral de los recursos hídricos, reconociendo los componentes del ciclo hidrológico y su relación con otros recursos naturales y con la sociedad. El desarrollo de una visión integral con respecto al manejo de los recursos hídricos, incluyendo la interacción de los sistemas natural (lagunas, arroyos, acuífero y suelo) y humano, resulta necesaria para lograr un manejo eficiente de los mismos. Utilizando un enfoque "de lo específico a lo general" se puede obtener un panorama integrado de las relaciones e interacciones más importantes al abordar los problemas de manejo de estos recursos. Es por esta razón, que el enfoque metodológico adoptado en este trabajo se enmarca en el concepto de gestión integral de los recursos hídricos. A continuación se considera oportuno hacer una breve mención al marco teórico que subyace en este término.

El concepto de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), fue formulado por primera vez en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente, celebrada en 1992 en Dublín. La Alianza Mundial del Agua (GWP, 2000) ha definido la GIRH, como: "un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales".

Según esta concepción, la GIRH no es un fin en sí mismo, es un "proceso", o sea una forma paulatina y progresiva, de acuerdo a etapas que se dan en el tiempo, de aproximarse a la gestión de los recursos naturales, en la cual se coordinan los objetivos sociales, económicos y medioambientales. En este sentido, puede notarse que el desarrollo sostenible y la GIRH están estrechamente relacionados. Dentro de estos dos conceptos, hay una creciente comprensión que la coordinación y la integración de los aspectos medioambientales, económicas y sociales es fundamental (Nikitina *et al.*, 2009).

El concepto de GIRH hace referencia a la interacción de los sistemas natural y humano. Así, la integración puede ser considerada bajo dos categorías básicas: el sistema natural, con su importancia crítica para la disponibilidad y calidad de los recursos, y el

sistema humano, que fundamentalmente determina el uso de los recursos naturales, la producción de residuos y la contaminación del recurso (GWP, 2000).

La GIRH considera a la cuenca hidrográfica como la unidad básica de manejo del agua, la cual conecta estrechamente el agua superficial con el agua subterránea y con su uso. Para asegurar el uso sostenible de estos recursos hídricos, hace hincapié en la importancia de comprometer a todos los actores involucrados: autoridades, instituciones, los sectores público y privado y la sociedad (GWP, 2000). La gestión de los recursos naturales, concebida de esta manera, se basa en un enfoque multidisciplinario incluyendo una buena coordinación y colaboración entre las principales partes interesadas, sobre la base de la transparencia y el acceso a la información así como a la participación local y la iniciativa pública (Nikitina *et al.*, 2009).

El concepto de "desarrollo sostenible", por su parte, partió de una definición general desarrollada en un documento oficial internacional, el Informe Brundtland (Nuestro Futuro Común, 1987). Destinado a servir como plataforma para la reunión de Río de Janeiro de 1992, y posteriormente a la Cumbre de 2002, este informe hacía hincapié en el tema de las relaciones entre ambiente y sociedad, mediatizada por los problemas sociales (sobre todo la pobreza) (Reboratti, 2000). Es mucho lo que se ha discutido y se discute en torno al concepto de sustentabilidad, pero básicamente se resaltan aquí los tres ejes sobre los cuales se articula: el crecimiento económico, la equidad social y la sustentabilidad ecológica o ambiental (Dourojeanni, 2000). Es importante, entonces, destacar que en cualquier trabajo vinculado a la sustentabilidad deberían tenerse en cuenta estos tres ejes. En esta tesis, si bien existe una componente importante de lo que definiríamos como "sustentabilidad ambiental", no se han ignorado las otras dos dimensiones, particularmente la necesidad de explotación económica de las lagunas por parte de algunos actores y la percepción social sobre aspectos de su funcionamiento y gestión actual. En este último aspecto, Dourojeanni (2000) destaca que el principal desafío que enfrentan los gobiernos, desde los niveles municipales hasta los niveles nacionales, es el de saber cómo diseñar y aplicar sistemas de gestión capaces de fomentar y conciliar esos tres grandes objetivos que enmarcan al desarrollo sustentable.

Otro concepto importante de considerar a la hora de pretender una gestión sustentable es que el comportamiento de un sistema natural, tal como indica Gallopin (2003) no sólo depende del sistema mismo sino también de los factores, elementos o variables provenientes del entorno del sistema y que ejercen influencia en él (las "variables de entrada", o insumos); por otra parte el sistema genera variables que influyen en ese entorno (las "variables de salida", o productos). Así, todos los sistemas naturales son cambiantes y lo fundamental no es eliminar los cambios sino evitar

la destrucción de las fuentes de renovación, a partir de las cuales el sistema puede recuperarse de las inevitables tensiones y perturbaciones a que está expuesto debido a su condición de sistema abierto.

#### 1.4 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en el Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, siendo sus puntos extremos  $58^{\circ} 0' 52.03''$  W -  $57^{\circ} 49' 16.14''$  W y  $37^{\circ} 53' 18.46''$  S -  $37^{\circ} 55' 58.56''$  S (Figura 1.1). Desde una perspectiva de visión integral de los recursos naturales, se decidió abordar este trabajo de tesis en tres escalas espaciales: 1) regional: que comprende un sector del Corredor Mar del Plata-Balcarce (Massone *et al.*, 2009), de 506,2 km<sup>2</sup>, vinculando ambos ecosistemas naturales y su entorno próximo; 2) local: a nivel de cuenca de drenaje, incluyendo las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres; y 3) puntual: a nivel de cada espejo de agua en particular, es decir, mayor detalle (Figura 1.2).

Desde el punto de vista geológico, el área corresponde a las denominadas Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires, o Sistema de Tandilia; éste representa una provincia fisiográfica que, con forma de cordón discontinuo de sierras, cerros y lomadas, emerge en la llanura pampeana bonaerense con orientación general NO-SE. De altura reducida (entre 50 y 250 m sobre el nivel de la llanura), las sierras se extienden por más de 300 Km desde Mar del Plata hasta Olavarria (Teruggi y Kilmurray, 1975). Esta zona reviste gran interés por su oferta biofísica, teniendo vital importancia la dinámica del agua superficial y subterránea. Se destaca por la presencia de lagunas de régimen permanente (de Los Padres, La Brava, del Encanto y La Invernada) que cumplen funciones ambientales y por constituir el área de recarga del acuífero que abastece a la localidad de Mar del Plata. La red de drenaje está bien definida con arroyos de escasa expresión topográfica, que descienden de las sierras en dos vertientes, norte y sur.

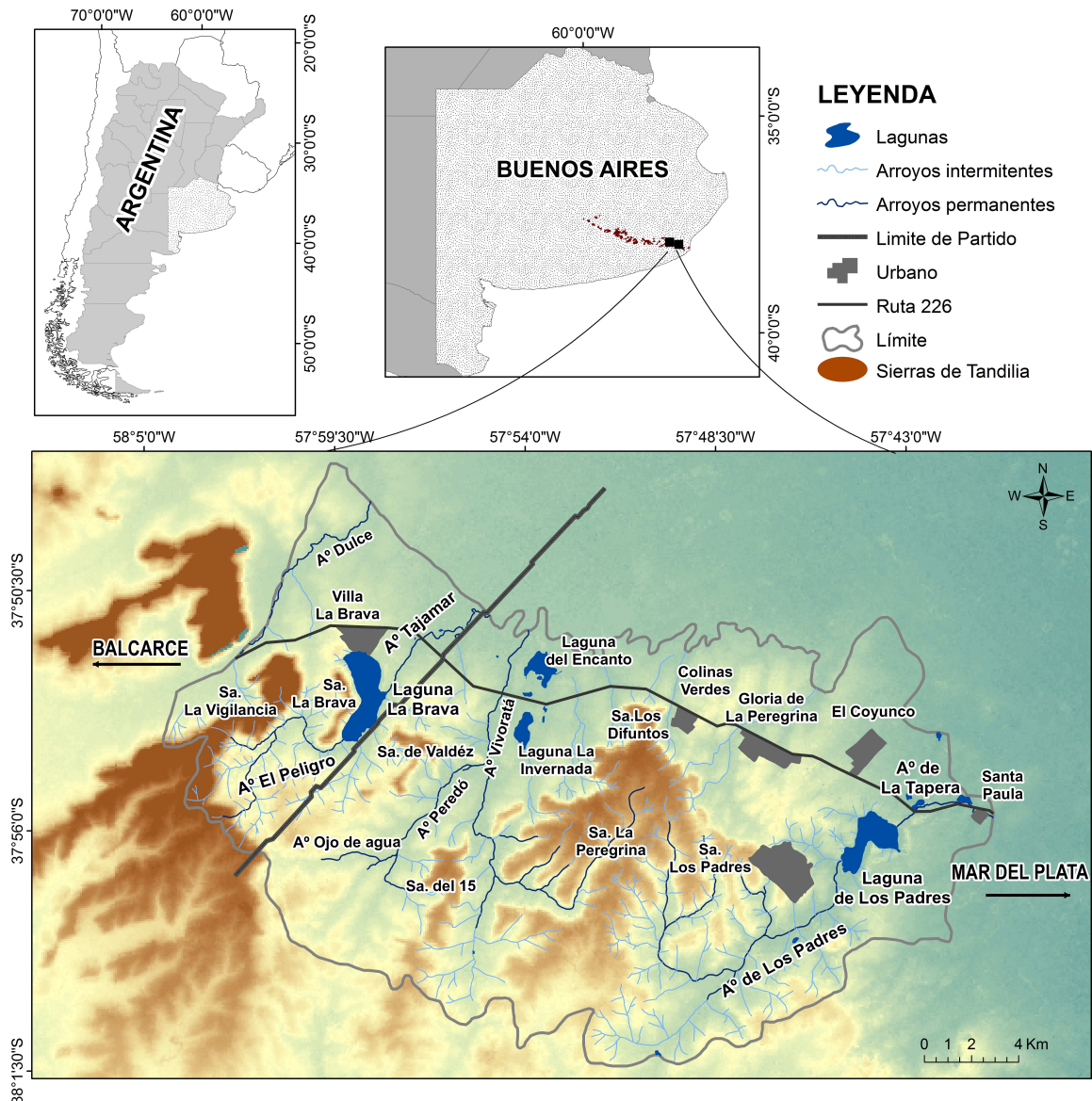


Figura 1.1 . Localización del área de estudio a escala regional.

En el Corredor Mar del Plata-Balcarce tienen lugar distintas actividades: agricultura intensiva y extensiva, minería, turismo, recreación, asentamientos con un contrastado nivel socioeconómico, entre otros. Alrededor de la Laguna de Los Padres se encuentra el Cinturón Hortícola de la ciudad de Mar del Plata, desarrollado en pequeñas parcelas dedicadas especialmente a la producción de hortalizas, frutillas y plantas ornamentales. El uso del suelo en la Cuenca de la Laguna La Brava está dedicado casi exclusivamente a la actividad agropecuaria, predominado los cultivos de trigo, maíz, soja, girasol y papa, con una ganadería de tipo extensiva en algunos sectores.

El área de estudio constituye un espacio integrado por dos jurisdicciones (Partido de Gral. Pueyrredón y Partido de Balcarce) en el cual interaccionan los sistemas urbano, rural y natural. La zona de estudio ocupa total o parcialmente las siguientes hojas topográficas IGN a escala 1:50.000: Mar del Plata (3757-33-2), Sierra de Los Padres (3757-32-3), Sierra del Volcán (3757-31-4).

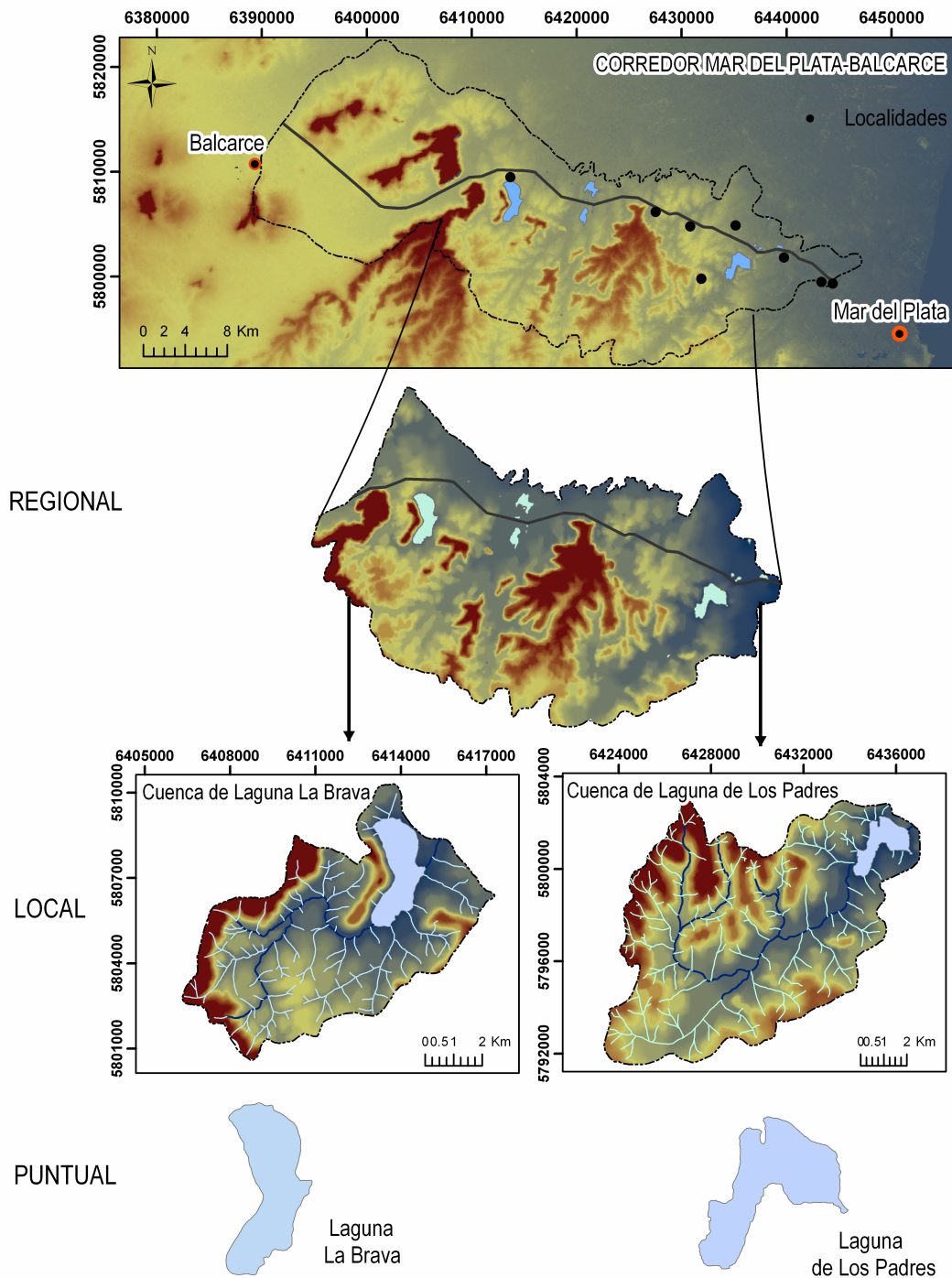


Figura 1.2 . Escalas de trabajo abordadas en este trabajo de tesis: Regional, Local y Puntual.

## CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

### 2.1 SÍNTESIS GEOMORFOLÓGICA

El área de estudio se encuentra sobre el flanco nororiental del Sistema de Tandilia o Sierras Septentrionales, y se caracteriza por un relieve serrano constituido por una serie de cerros bajos y alargados de cumbres planas (Teruggi *et al.*, 1962; Teruggi y Kilmurray, 1980), al pie de los cuales se encuentran acumulaciones de detrito de falda que forman cinturones de depósitos coluviales. Las sierras constituyen un sistema de montañas en bloques, limitados por fallas de alto ángulo y alineados según ellas, cuyo ascenso tuvo lugar a fines del Terciario-principios del Cuaternario (Teruggi y Kilmurray, 1975). Es indudable que este relieve primario, de origen tectónico, controló en cierto modo la dinámica y evolución de los ambientes cuaternarios y define los rasgos mayores del paisaje actual. Los valles en su mayoría presentan un marcado paralelismo, coincidentes a su vez con las direcciones principales de los sistemas de fallamiento que son típicos para las Sierras Septentrionales.

Según Teruggi *et al.* (1962) y Teruggi y Kilmurray (1975), producido el fallamiento se habría desarrollado un drenaje de cursos subsecuentes, que elaboraron sus cauces siguiendo la pendiente SSO y aprovechando las líneas de debilidad creadas por fallas y diaclasas. En etapas subsiguientes de climas más áridos que el anterior, se habría producido una reducción en el sistema fluvial y posibilitado el depósito de sedimentos eólicos ("Médano invasor"; Tapia, 1937) que habrían rellenado los valles preexistentes, cubriendo incluso las cumbres de los cerros. Los depósitos eólicos del "Médano invasor" conforman el relieve de lomadas eólicas de la región.

Cionchi *et al.* (1982) definieron de manera preliminar seis ambientes geomorfológicos para La Cuenca de Laguna de Los Padres: a) Cumbres planas: corresponde al sector más alto de las sierras, con un desarrollo superficial extendido de escasa o nula pendiente; b) Frente serrano (incluye piedemonte): adyacente a las cumbres planas con un gradiente de 15° a 30°; c) Lomadas eólicas, d) Pisos de valles: angostos y limitados por barrancas de 1 a 3 m; e) Planicie fluvieólica: de gran desarrollo y escaso relieve, incluye las llanuras aledañas a los arroyos y zonas inundables; f) Delta: ubicado en la desembocadura del Arroyo de Los Padres en la laguna homónima.

Kruse (1987) distingue en la Cuenca de Laguna La Brava un ambiente de sierras y otro de lomadas. El primero se subdivide en un sector cuspidal horizontal, equivalente al ambiente de

cumbres planas definido por Cionchi *et al.* (1982) en la Cuenca de Laguna de Los Padres, y un sector de laderas empinadas con una pendiente media de 33°, equivalente al ambiente denominado Frente serrano.

## 2.2 SÍNTESIS GEOLÓGICA

La provincia geológica en la cual se enmarca el área de este trabajo, fue definida como Tandilia por Nágera (1940), o como Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires, por Harrington (1956). Se presenta como una faja serrana, de aproximadamente 300 km de largo y de escasa altura, que se extiende en sentido Noroeste-Sudeste en el centro de la Provincia. Constituye un sistema de montañas en bloques definido por 3 sistemas de fallas de alto ángulo de direcciones NO-SE, NE-SO y E-O, que se intersectan entre sí con predominio de fracturación directa y desplazamiento vertical dominante. Este fenómeno le confiere a las sierras su típico aspecto de bloques elevados separados por amplios valles interserranos donde se desarrolla una cubierta de sedimentos eólicos de edad cenozoica, especialmente Pleistoceno-Holoceno (Teruggi *et al.*, 1962; Teruggi y Kilmurray, 1975; 1980).

Desde el punto de vista estratigráfico, el área oriental de Tandilia esta definida en forma general por tres grandes unidades (Teruggi y Kilmurray, 1975): Basamento Cristalino Precámbrico, un conjunto de rocas sedimentarias de edad precámbrica a paleozoica inferior denominada informalmente "Cubierta Sedimentaria Precenozoica" y una cubierta de sedimentos y sedimentitas de edad Cenozoica (Pleistoceno - Holoceno especialmente).

Las rocas del Basamento Cristalino Precámbrico constituyen la base de las sierras que se encuentran en la zona de estudio, con un pequeño afloramiento en Sierra de Valdéz. Estas rocas, denominadas Complejo Buenos Aires (Marchese y Di Paola, 1975), son una típica asociación de rocas ígneo-metamórficas compuesta por gneises, migmatitas, anfibolitas, esquistos, mármoles y plutones graníticos (Cingolani, 2005).

La Secuencia sedimentaria Precenozoica se compone de un conjunto paleozoico inferior que aflora fundamentalmente en los extremos SE y NO del sistema de Tandilia, denominado Formación Balcarce (Dalla Salda e Iñiguez, 1979). Estos depósitos se asientan sobre el basamento cristalino y son una sucesión sedimentaria silicoclástica que aparece con disposición subhorizontal y muy suave buzamiento hacia el sur (Teruggi *et al.*, 1962; Teruggi y Kilmurray, 1975; 1980). Afloran

fundamentalmente desde San Manuel-Balcarce hasta la costa atlántica, y en esta región la Formación Balcarce está constituida por secciones de hasta 90 m de espesor expuesto, en las que predominan netamente las arenitas y sabulitas cuarzosas. Además, ésta es portadora de una abundante asociación de trazas fósiles (Poiré y Spalletti, 2005).

Suprayaciendo las unidades antes mencionadas se encuentra una secuencia sedimentaria Cenozoica, descrita inicialmente por Ameghino (1881) y definida como la "Formación Pampeana". Se describe como "una capa de tierra de color rojo oscuro, a veces pardo, pasando en algunos lugares a blancuzco amarillento", con la presencia de tosca como elemento característico de estos sedimentos. Frenguelli (1925) realiza un estudio genético de los sedimentos pampeanos, usando una clasificación basada en su distribución, estructura, textura, color, litología, conservación y contenido paleontológico, logra clasificarlos en Loess y Limos, asociando los primeros a épocas secas o interpluviales y los segundos a ciclos pluviales. Además plantea que los diferentes pisos estratigráficos del pampeano consisten en una alternancia entre ellos. Desde el punto de vista estratigráfico divide al Cuaternario en dos series que denomina Pampeano (Pleistoceno= chapadmalense, ensenadense, bonaerense) y Postpampeano (Holoceno= lujanense, platense y cordobense) (Frenguelli, 1950).

En la zona de trabajo, han sido realizados diversos trabajos vinculados a la estratigrafía; en el área de Laguna de los Padres, Osterrieth y Cionchi (1985) reconocen en un perfil la denominada Paleosuperficie Tandil (Teruggi *et al.*, 1973) y definen tres unidades estratigráficas informales de edad pleistoceno-holoceno; a las dos inferiores le asignan un origen fluvioeólico presentando paleosuelos, y a la superior un origen eólico. En la zona urbana de Mar del Plata, Bocanegra *et al.* (1985) distinguen mediante el estudio de más de 60 perforaciones, tres unidades cenozoicas: la superior integrada por suelo actual y sedimentos limo-arenosos con abundantes concreciones calcáreas y las dos inferiores por sedimentos limo-arcillo-arenosos con presencia de carbonato y niveles paleoedáficos en el techo. Por otra parte, distinguen dos secuencias estratigráficas tipo, una en áreas topográficamente elevadas y asentada sobre cuarcitas y otra en las zonas bajas. Tapia (1937), cerca de la zona de La Laguna Brava, realiza un trabajo geológico – arqueológico en el cual reconoce sedimentos pliocénicos que son identificados como Araucano, con un espesor total de 55 metros. Caracteriza la secuencia pleistocénica con dos tipos de Sedimentos: "Medano invasor" y "Rodados Ascendidos", el primero lo describe como arenas finas a muy finas pardo amarillentas, de origen eólico y que se dispone en lomadas de hasta 140 metros, a este le asigna una edad "posterior al Bonaerense y precursora del Platense". El segundo tipo de sedimentos están

constituidos por rodados de cuarcitas a veces cubiertos por arena o loess, el autor los atribuye a "acumulaciones fluviales que cubren una vieja superficie de erosión que determinan la forma aplanada de las sierras y que actualmente se encuentran a 250 y 350 m y más de altura sobre el nivel del mar". Osterrieth *et al.* (1987) realizan un esquema estratigráfico para el Cenozoico tardío de Laguna La Brava definiendo tres unidades litoestratigráficas, similares a las reconocidas en la Laguna de Los Padres, de génesis eólica y fluvioeólica subordinada. La unidad superior se constituye de un limo arenoso que corresponde a la denominación de sedimento loessoide. Las otras dos unidades están formadas por limos arcillosos de espesores del orden de los 2 m, rematados por paleosuelos en su techo.

### 2.3 SÍNTESIS HIDROGEOLÓGICA

Las características hidrogeológicas regionales de la Provincia de Buenos Aires fueron descritas por primera vez por Sala (1975), reconociendo tres secciones sobre el basamento hidrogeológico. La sección Hipoparaniana ha sido encontrada en grandes sectores del territorio, pero la escasa información no permite dar una definición hidrogeológica certera. En la sección Paraniense predominan sedimentos acuicludos, en parte acuitados, con finas intercalaciones acuíferas. Por último, la sección Epiparaniana constituye un acuífero clástico de tipo "libre multicapa" para la zona de estudio (Bocanegra *et al.*, 1992).

Respecto a los parámetros hidrogeológicos, Varni (2005), Auge (1990), Ruiz de la Garreta *et al.* (2007), Fili *et al.* (1999), Blarasin *et al.* (1999), Dalmaso *et al.* (1999), Martínez y Osterrieth (1999), Elichiry (2002) y Auge (2004a) han establecido diferentes valores de permeabilidad para los sedimentos Pampeanos. Estos valores fluctúan entre 1 y 30 m/día. En todos los casos se han establecido valores locales sin contar con estudios regionales que muestren las variaciones de este parámetro. Bocanegra *et al.* (2005) utilizan en la modelación matemática realizada para la cuenca del Río Quequén Grande valores de permeabilidad con una tendencia espacialmente creciente desde las sierras hacia el océano que van desde 1 hasta 30 m/día. Atribuye dicha variación a la existencia de valles fluviales con potentes capas de arenas gruesas que se describen en perforaciones alrededor de Lobería y Necochea. En el caso de la porosidad eficaz son más escasos los valores reportados, Auge (2004a) en la zona de La Plata define un rango entre 5 y 10%

para los sedimentos Pampeanos. Por su parte Ruiz de la Garreta *et al.* (2007) definen para este acuífero en el partido de Tandil valores de 10% para este parámetro.

González (2005) reconoce once regiones hidrogeológicas en la Provincia de Buenos Aires dentro de las cuales se encuentran la Región Serrana y la Región Interserrana-Periserrana, que incluyen la zona de estudio. De acuerdo a esta clasificación, la mayor porción del territorio considerado en esta tesis corresponde a la primera región, incluidos los cuerpos de agua estudiados y sus arroyos afluentes, mientras que los arroyos efluentes a los mismos se corresponden con la región interserrana-periserrana. La Figura 2.1 muestra la distribución geográfica de las regiones hidrogeológicas de la Provincia de Buenos Aires.

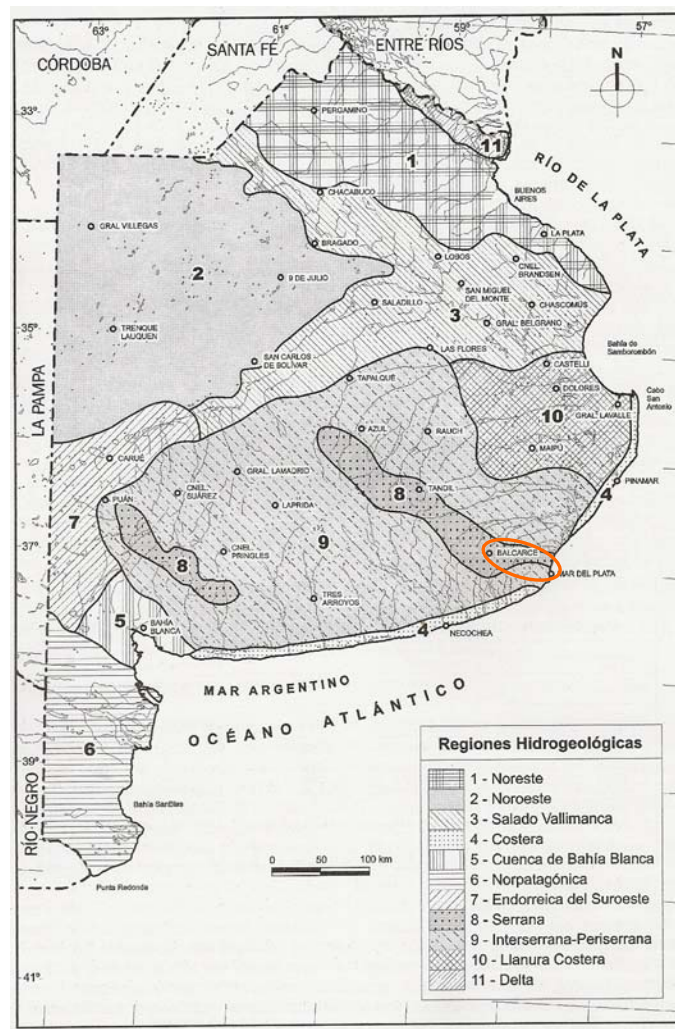


Figura 5.1 . Regiones hidrogeológicas de la Provincia de Buenos Aires (González, 2005).

La Región Serrana se corresponde con los dos sistemas serranos bonaerenses (Tandilia y Ventania), coincide con el ambiente serrano descrito por Auge (2004a). En esta región la zona no saturada posee un desarrollo importante, de hasta decenas de metros sobre el límite de la región Interserrana-Periserrana. El basamento hidrogeológico está conformado por cuarcitas, lutitas, arcillitas, dolomitas, granitos, gneises, milonitas, con un comportamiento acuífugo atribuido a su comportamiento regional, aunque su porosidad secundaria es responsable de la generación de algunos manantiales.

A la recarga autóctona directa, se agrega en esta región la concentración del escurrimiento superficial desde el frente montañoso hacia las depresiones interserranas, donde se produce infiltración preferencial en coincidencia con la existencia de materiales permeables. También la circulación por fisuras contribuye a la recarga en estos lugares. Los cursos de agua en esta zona son de carácter ganador y por lo tanto se convierte en zonas de descarga local, mientras que la regional se produce hacia la contigua región Interserrana – Periserrana.

La Región Interserrana-Periserrana es parte del ambiente Interserrano y Pedemontano descrito por Auge (2004a). Incluye los sectores que rodean la región serrana, la llanura alta interserrana y sus pendientes Noroccidental y Suroriental. Se encuentra bordeada por ambientes llanos a excepción de su límite con la región costera. Su secuencia hidrolitológica se compone de un reducido espesor de sedimentos, arenas fluviales y limos que conforman la zona no saturada (ZNS). El acuífero freático está contenido en los terrenos del Pampeano, adquiriendo en profundidad un carácter semilibre cuando el espesor es considerable. En general el agua de esta región presenta contenido salino bajo (< 2.000 mg/l), incrementándose hacia la zona costera.

Dentro del trabajo de regiones hidrogeológicas de la Provincia de Buenos Aires, Auge (2004a) diferencia en esta región tres unidades hidrogeológicas: el Basamento Hidrogeológico, Pampeano y Postpampeano. El Basamento Hidrogeológico se asocia a los sistemas serranos y está caracterizado como un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo con agua en fisuras y productividad de nula a muy baja. Conforman el zócalo impermeable sobre el que se depositan las unidades con porosidad primaria. La unidad Pampeano está considerada como la unidad de mayor interés hidrogeológico de esta región, por su calidad, producción y extensión. Ésta conforma el único acuífero del área, denominado "acuífero pampeano". Éste, somero y de tipo libre está constituido esencialmente por intercalaciones de limos y arenas finas de origen eólico y fluvial, correspondiendo a la sección epiparaniana descrita por Sala (1975). Se apoya directamente sobre el basamento hidrogeológico. Es considerado en estudios regionales como "pobre acuífero",

asignándoles permeabilidades de hasta 0,5 m/día llegando localmente a 5 ó 10 m/día (Sala, 1975). La unidad Postpampeano, por su parte, corresponde a depósitos discontinuos de origen aluvial, eólico y lagunar, de edad holocena. Los depósitos eólicos se encuentran distribuidos como pequeños relictos, siendo muy similares a los pampeanos. Los depósitos lagunares, localizados en numerosos cuerpos lagunares, poseen en general poco espesor (< 5 m), lo cual sumado a su posición los convierte en intrascendentes reservorios de agua subterránea. Sin embargo, su posición estratigráfica los convierte en muchos casos en el primer horizonte geológico después del edáfico que atraviesa el agua al infiltrarse, incidiendo significativamente en el quimismo del agua que llega al acuífero principal. Las características litológicas de cada unidad hidrogeológica y su comportamiento hidráulico se resumen en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Características hidrogeológicas y litológicas de la Región interserrana-periserrana.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	LITOLOGÍA	COMPORTAMIENTO HIDROLITOLÓGICO
BASAMENTO HIDROGEOLÓGICO	CUARCITAS, LUTITAS, ARCILITAS, DOLOMITAS, GRANITOS, GNEISSES, MILONITAS.	ACUÍFUGO ACUÍFERO (FISURADO)
PAMPEANO	LIMOS LOESSOIDES, LIMOS ARENOSOS	ACUÍFERO (FREÁTICO) ACUÍFERO (SEMILIBRE)
POSTPAMPEANO	ARENAS EÓLICAS, ARENAS FLUVIALES, LIMOS, LIMOS LOESSOIDES	ZONA NO SATURADA

El modelo hidrogeológico regional, plantea un tipo de recarga autóctona directa y otra concurrente, por afluencia subterránea desde la región serrana, no descartándose en este proceso la influencia de las fisuras en el material rocoso. La descarga por su parte ocurre hacia los sistemas fluviales de comportamiento ganador y regionalmente hacia las regiones circundantes y/o hacia el mar, principalmente a través del caudal base de los cursos de agua (González, 2005).

El límite Oeste de la Laguna La Brava es coincidente con la Sierra La Brava. Mauriño *et al.* (1981) definen las características estructurales de la Sierra La Brava, estableciendo un escalonamiento de fallas de alto ángulo con diferente rango de inclinación al sureste y dos grupos de diaclasas que imprimen una porosidad secundaria importante. La presencia de manantiales intermitentes en la zona permite inferir la circulación de agua a través de un sistema de fisuras dentro de las cuarcitas aflorantes (Tapia, 1937; Kruse, 1987).

Tanto Cionchi *et al.* (1982) para la laguna de Los Padres, como Kruse (1987) para la laguna La Brava plantearon el modelo hidrogeológico conceptual de estos humedales estableciendo una relación efluente-influente con el acuífero. Ambos reciben un importante aporte subterráneo de las

zonas topográficamente más altas, y a su vez, drenan subterráneamente un volumen aguas abajo. El agua subterránea y sus arroyos afluentes constituyen las principales fuentes de recarga a estos humedales, mientras que las descargas se producen a través de sus arroyos efluentes y del acuífero. Estos primeros modelos hidrogeológicos conceptuales de ambas lagunas serán validados y ajustados a partir de técnicas hidroquímicas e isotópica en este trabajo de tesis.

## 2.4 SÍNTESIS LIMNOLÓGICA

En la Provincia de Buenos Aires existe un gran número de espejos de agua permanentes o temporarios someros y de variada extensión denominados "lagunas", con estadios evolutivos muy distintos (Dangavs, 2005). Han sido relevadas 1429 lagunas permanentes y temporarias de longitud máxima mayor a 500 m (Toresani *et al.*, 1994), las cuales se encuentran distribuidas sobre todo el territorio bonaerense, asentándose sobre las dos grandes unidades morfológicas que la constituyen, la llanura y los sistemas serranos.

Ringuelet (1962) ha definido a la laguna como un cuerpo de agua permanente o transitorio de escasa profundidad, alojado en una cubeta de contorno bien definido, sin estratificación térmica persistente, es decir, con circulación continua, con sedimentos propios distintos a los del terreno circundante y sin diferenciación entre región litoral y profunda. En clima húmedo, la acumulación excesiva conduce al pantano y en regiones más secas, por salinización, a la salina. Su estructura y funcionamiento son generalmente explicados por su geomorfología, régimen climático, fisicoquímica del agua, cuestiones biológicas, drenajes ubicados en suelos naturalmente ricos en nutrientes y por las modificaciones realizadas por el hombre en el uso de la tierra, el agua de la cuenca y el manejo de la propia laguna, que afectan la entrada y circulación de nutrientes (Grosman, 2008).

Las lagunas pampeanas son lagos de llanura, muy poco profundos, que no estratifican térmicamente excepto por períodos cortos de tiempo. Fueron caracterizadas por Quirós y Drago (1999) como lagos muy poco profundos, con tiempo de permanencia del agua y salinidad altamente variables, naturalmente eutróficos, y actualmente bajo estrés ambiental manifiesto que incrementa aún más sus contenidos de nutrientes (Quirós *et al.*, 2002a; 2002b). La gran mayoría de las lagunas presentan una hidroquímica altamente variable, mientras que las lagunas más salinas se sitúan en las cuencas más aisladas hidrológicamente (Quirós y Drago, 1999). Su concentración salina permite clasificarlas como lagos subsalinos y salinos (Ringuelet, 1962; Ringuelet *et al.*, 1967) y en algunos

casos como lagos de agua dulce ( $<0,5\text{g.l}^{-1}$  de sólidos disueltos totales). Como lagos de llanura, su hidrología es altamente dependiente de las precipitaciones "in situ". En las áreas menos salinas y con menor desarrollo antrópico, la vegetación arraigada generalmente cubre, en parches y con extensión variable, la superficie de las lagunas (Quirós *et al.*, 2002a; 2002b).

De acuerdo a la clasificación hidrológica de los ambientes lagunares bonaerenses adoptada por Dangavs (2005), las lagunas La Brava y de Los Padres se incluyen dentro de las llamadas *lagunas permanentes por* mantener su espejo de agua constante en todos los años de su registro histórico. Este tipo de cuerpos lacustres se alojan en cubetas poco profundas y son alimentadas por cursos de agua superficiales, agua subterránea y precipitaciones, siendo este último fenómeno el principal regulador de sus niveles hidrométricos (Quirós *et al.*, 2002a). Otra característica común es que la mayoría de estas lagunas están colonizadas por macrófitas (litorales, sumergidas y/o emergentes) que se disponen en su contorno, a veces en su interior o sólo en sus orillas. En particular, la vegetación litoral cumple un rol clave actuando como barrera entre el medio acuático y el terrestre, reduciendo el ingreso de nutrientes, sedimento y contaminantes y proporcionando numerosos microhábitats para la diferenciación de sectores ecológicos dentro del propio ambiente (Grosman y Sanzano 1999, Grosman 2008).

Quirós y Drago (1999) publicaron una síntesis del estado ambiental de más de cien lagos y embalses argentinos, donde incluyen una clasificación de los mismos en base a sus características limnológicas y una discusión acerca de pautas de manejo, mientras que los trabajos de Quirós *et al.* (2002a; 2002b) y Quirós (2005) aportan importantes datos acerca de las características de las lagunas pampeanas en general. Existen contribuciones al tema por parte de otros investigadores en las lagunas seleccionadas para este trabajo, entre ellas se mencionan el trabajo pionero de Cordini (1942) que constituye el primer estudio limnológico realizado en Laguna La Brava. Si bien puede ser un buen marco de referencia para esta laguna, se carece de estudios de fecha similar en el otro cuerpo de agua seleccionado para esta investigación. Para La Brava, existen también estudios referidos a la fauna ictícola, como el de Grosman y Sanzano (1999). Tanto Kruse (1987) como Cionchi *et al.* (1982) realizaron un análisis de la relación aguas superficiales-aguas subterráneas y una caracterización hidroquímica de las lagunas La Brava y Los Padres, respectivamente.

## **CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El clima tiene importancia por su influencia dentro del ciclo hidrológico. Los elementos climáticos de importancia son: la precipitación, que determina la entrada de agua al sistema y aquéllos que condicionan la evapotranspiración (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, entre otros) la cual es una de las principales salidas del sistema (Rojas, 2009).

Aunque no se debe despreciar la influencia de agentes como la geología (en particular las características litológicas, al igual que los sistemas de fallas o de fracturas) o la vegetación (papel que desempeña la cobertura vegetal en la protección de las pendientes y el establecimiento de los términos del balance hídrico, principalmente la evapotranspiración y el escurrimiento superficial), no cabe duda que los dos factores que pueden considerarse los más directamente responsables del trazado y de la densidad de la red de drenaje de una cuenca, así como de las variaciones y la diversidad de los regímenes hidrológicos, son el relieve y la precipitación (Pourrut *et al.*, 1995).

### **3.2 METODOLOGÍA**

Se realizó una búsqueda, recopilación y organización de información climatológica del área de estudio a partir de la selección de 4 estaciones meteorológicas distribuidas geográficamente y con series de datos con continuidad en el tiempo (Figura 3.1; Tabla 3.1). La estación LBA, correspondiente a la Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce (EEA Balcarce-INTA), cuenta con una extensa y completa serie de datos climatológicos diarios (temperatura, precipitación, humedad y presión atmosférica). La misma pertenece al Partido de Balcarce, localizándose en el extremo Oeste de la zona de trabajo. Las estaciones LLB y LLP correspondientes a las estancias La Brava (al E de la Laguna La Brava) y La Peregrina (sobre la Ruta N 226), respectivamente, aportaron datos mensuales de precipitación. Por último, la estación Camet (LMP) se localiza en la zona periurbana del Partido de General Pueyrredón, en el extremo más oriental del área de estudio.

Esta estación también cuenta con un buen registro de datos climatológicos diarios, similares a los mencionados para la estación LBA. Todas las estaciones fueron georeferenciadas utilizando un GPS eTrex Vista. La localización de las estaciones meteorológicas disponibles en el área de estudio se muestra en la Figura 3.1.

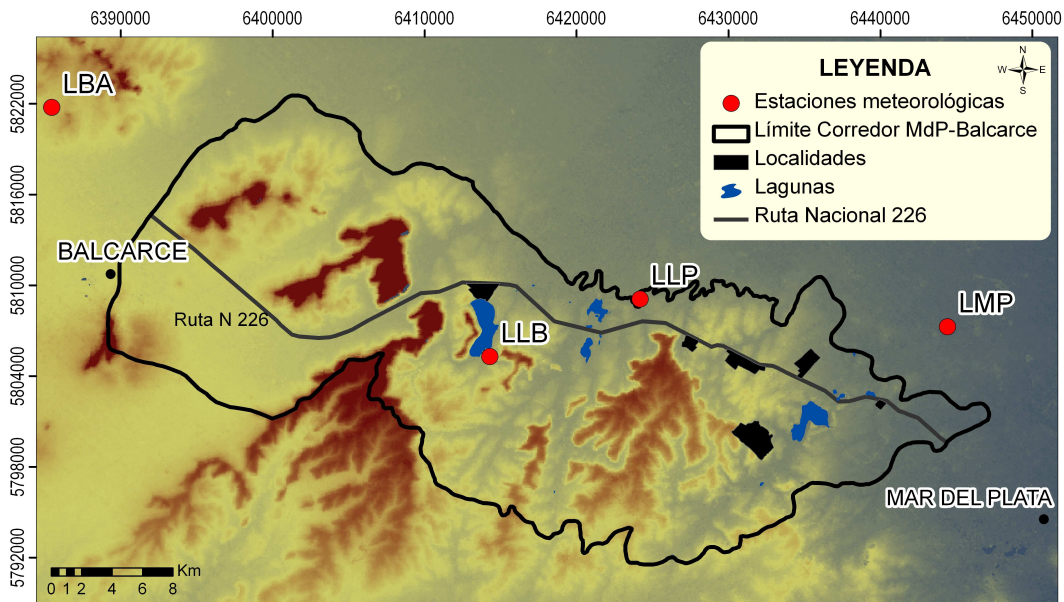


Figura 3.1 . Mapa de localización de las estaciones meteorológicas disponibles.

Se aplicó el Método de los Polígonos de Thiessen (Custodio y Llamas, 1976; 1983) para distinguir áreas de influencia de cada estación meteorológica de la zona de estudio. Se obtuvo un mapa de polígonos de Thiessen para el área a partir del software SIG ArcGIS 9.2 y mediante un algoritmo preestablecido que realiza una interpolación por el método del vecino más próximo. Para obtener la influencia relativa de cada estación, se cuantificó el área de cada polígono respecto a la superficie total y se le asignó un peso (%) a la estación correspondiente en función de su superficie siguiendo la metodología planteada por Vela Mayorga (2001).

La información climatológica fue analizada mediante una caracterización estadística general utilizando el software SPSS 11.5. El análisis de precipitación, temperatura y humedad, en general, abarcó un período de 23 años (1985-2008). El cálculo de la evapotranspiración potencial fue realizado a partir del Método de Thornthwaite, basado en una fórmula empírica (Custodio y Llamas, 1976). Toda la información alfanumérica y geográfica fue depurada, integrada, ordenada en

un formato homogéneo y comparable, y luego procesada en el Sistema de Información Geográfica (SIG) generado para esta tesis.

### 3.3 PRECIPITACIÓN

El estudio de las precipitaciones es fundamental dentro de cualquier estudio hidrológico regional para poder conocer y caracterizar las condiciones atmosféricas que influyen en los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, debido a que constituyen la principal (en general la única) entrada de agua a una cuenca. En el área analizada en esta tesis el agua de lluvia constituye la única entrada de agua al sistema acuífero, y a su vez, la dinámica del agua subterránea tiene gran influencia en el comportamiento del agua superficial.

A partir del análisis estadístico de los datos de lluvia en la zona se identificó que el período de mayor precipitación se extiende desde finales de primavera hasta principios de otoño (octubre-abril), con dos picos máximos principalmente en enero y marzo (Figura 3.2). Los meses de mayo a septiembre son los de menor precipitación con valores promedio mensuales que oscilan entre los 46,8 y 66,2 mm, mientras que de octubre a abril se detectaron valores promedio de 95,2 mm.

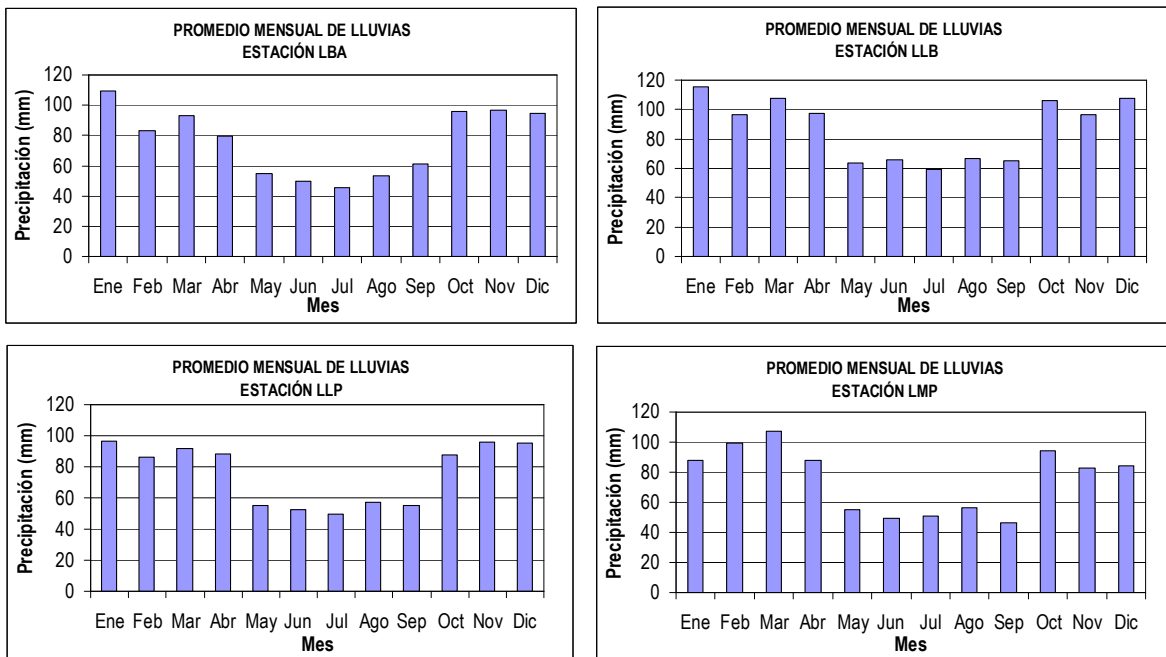


Figura 3.2 . Distribución de las precipitaciones promedio mensuales en el área para el período 1985-2008.

Los valores anuales de precipitación en los últimos 23 años establecen una marcada irregularidad en todas las estaciones pluviométricas (Figura 3.3), sin embargo existe un comportamiento similar de las precipitaciones en cada una de ellas. Para LLB se observó siempre los mayores valores de precipitación comparado con las demás estaciones. Este comportamiento fue corroborado al analizar estadísticamente los datos de precipitación, los cuales se muestran en la Tabla 3.1. Para los años 1985-2008 la estación LMP presentó los mínimos valores en todos los parámetros estadísticos analizados. Por su parte, la estación LLP, al N del área de estudio, mostró para los mismos años el mayor desvío estándar, en comparación con el resto de las estaciones pluviométricas. La distribución espacial de la lluvia muestra un gradiente decreciente en los valores totales anuales y mensuales en dirección Suroeste a Noreste, asociado posiblemente, por un lado, a efectos orográficos locales inducidos por las sierras del Sistema de Tandilia y, por el otro, a la distancia de la línea de costa (Bocanegra y Mejía Rivera, 2007).

Los principales parámetros estadísticos de las cuatro estaciones pluviométricas utilizadas en este estudio, para el período 1985-2008, mostraron que las estaciones LBA y LLB poseen los mayores valores mínimos, máximos y medios de precipitación. Por el contrario, la estación Camet-MdP (LMP) presentó los menores valores en los parámetros utilizados para la caracterización estadística de las precipitaciones en la zona.

**Tabla 3.1. Parámetros estadísticos de las estaciones de lluvia del área para el período 1985-2008.**

Estación	Mínimo	Máximo	Media	DE
EEA BALCARCE-INTA (LBA)	636,4	1342,2	918,5	172,7
ESTANCIA LA BRAVA (LLB)	724,0	1390,0	1048,4	183,1
ESTANCIA LA PEREGRINA (LLP)	587,0	1329,2	911,2	204,3
ESTACIÓN CAMET-MDP (LMP)	608,1	1222,3	901,4	166,0

Referencias: DE: desvío estándar.

En la Figura 3.3 se evidencian cuatro picos significativos coincidentes con las últimas grandes inundaciones ocurridas en la provincia de Buenos Aires en los años 1986, 1993, 1998 y 2001. A partir del año 2002 se observa una marcada disminución de las precipitaciones anuales hasta el inicio del 2006, con un pico en 2007 y consecuente descenso luego de este año. Para el caso de las inundaciones, se evidencia una fuerte influencia de las precipitaciones ocurridas durante los meses previos a las mismas. El año 2002 fue el más lluvioso de estos últimos 23 años, se observaron los máximos valores anuales de precipitación en todas las estaciones pluviométricas,

con una precipitación total media de 1303,9 mm. Este año superó ampliamente el valor promedio para el período 1985-2008 (944,2 mm). El año 2008, coincidente del período de muestreo de aguas para esta tesis, corresponde al más seco de los últimos 10 años con una precipitación anual promedio de 762.7 mm. Sólo hubo un evento de lluvias fuertes, en el mes de marzo de 2008, con un valor promedio de 191,4 mm, registrándose en el resto de los meses precipitaciones menores que la media histórica mensual 1985-2008.

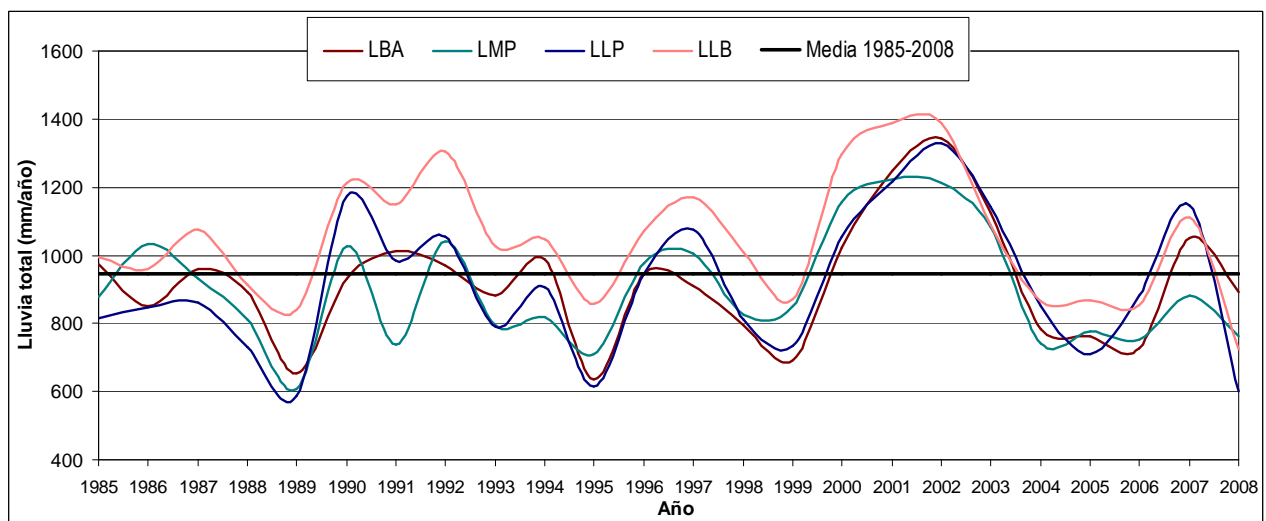


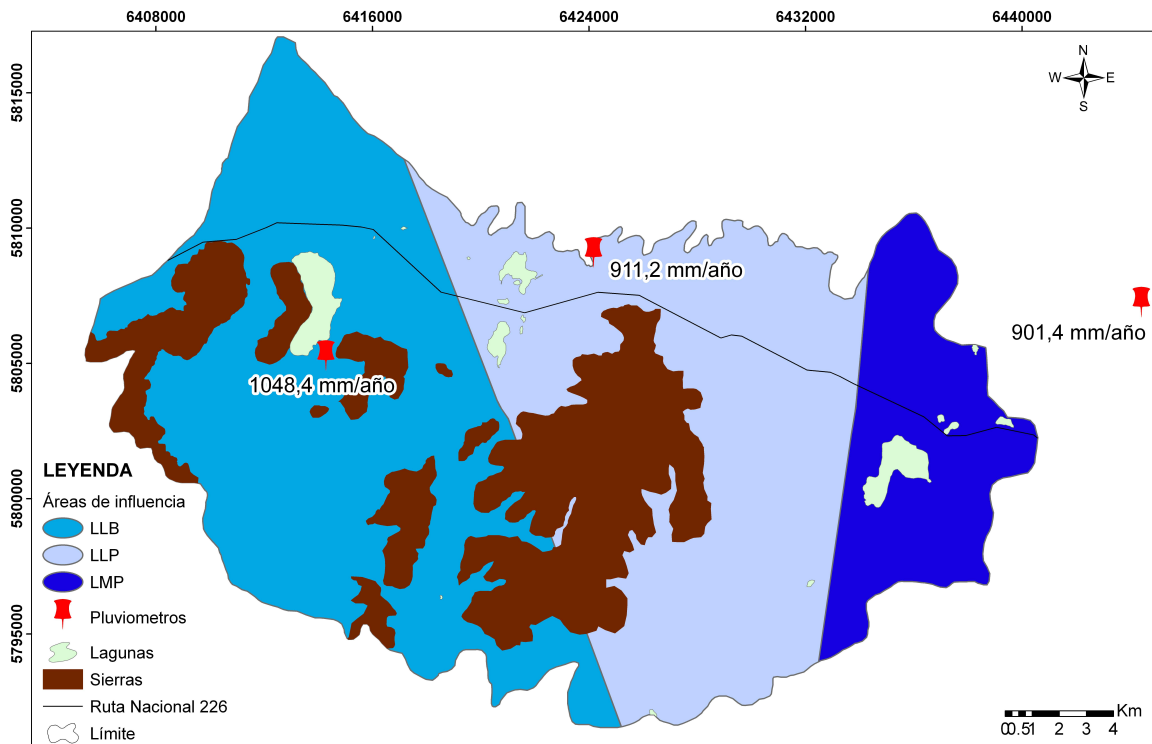
Figura 3.3 . Valores anuales de precipitación para el período 1985-2008 en la zona de estudio.

Los polígonos de Thiessen del área de estudio definieron tres zonas de influencia alrededor de las estaciones meteorológicas disponibles (Figura 3.4). Cada estación se considera representativa de su polígono correspondiente, suponiendo que toda el área recibe la misma precipitación que el punto central. La reconstrucción geométrica del área de estudio a partir de los polígonos de Thiessen muestra que la estación EEA-INTA Balcarce no tiene influencia en la zona de de tesis. Sin embargo, al momento de calcular la ETP y recarga para la estación Ea. La Brava se utilizaron los registros de temperatura de la misma y no los de estación Camet-MdP ya que no se consideraron adecuados por su influencia costera.

La Tabla 3.2 muestra la influencia relativa (%) de cada estación meteorológica en la zona de estudio, siendo las estaciones Ea. La Brava (LLB) y Ea. La Peregrina (LLP) las más significativas.

**Tabla 3.2. Área de cada polígono de Thiessen en el área de estudio y peso (%) asociado a cada una de las estaciones pluviométricas.**

Estación	Área (km <sup>2</sup> )	Área de influencia (%)
ESTANCIA LA BRAVA (LLB)	235,52	46,52
ESTANCIA LA PEREGRINA (LLP)	203,75	40,25
ESTACIÓN CAMET-MDP (LMP)	66,93	13,19
	506,2	100



**Figura 3.4 . Área de influencia de cada estación pluviométrica en el área de estudio.**

### 3.4 TEMPERATURA

Para el análisis de la temperatura del aire se utilizaron los datos de la EEA Balcarce-INTA (LBA), en el extremo O de la zona de estudio, y aquéllos de la estación Camet-MdP (LMP), en el extremo E. La distribución de los valores de temperatura promedio mensual para el período 1985-2008, correspondiente a la serie de datos disponibles se visualiza en la Figura 3.5.

Como era de esperarse y conforme a la posición latitudinal del área de estudio, las variaciones estacionales de este parámetro son muy significativas. El análisis estadístico de las temperaturas medias mensuales para los últimos 23 años (1985-2008) permitió establecer una temperatura media anual de 14,04 °C y julio resultó el mes más frío con un valor medio de 7,82 °C. Las temperaturas más cálidas se registraron en enero con un valor medio de 20,39 °C. En la Tabla 3.3 se muestran los principales parámetros estadísticos de temperatura de las estaciones consideradas en este análisis.

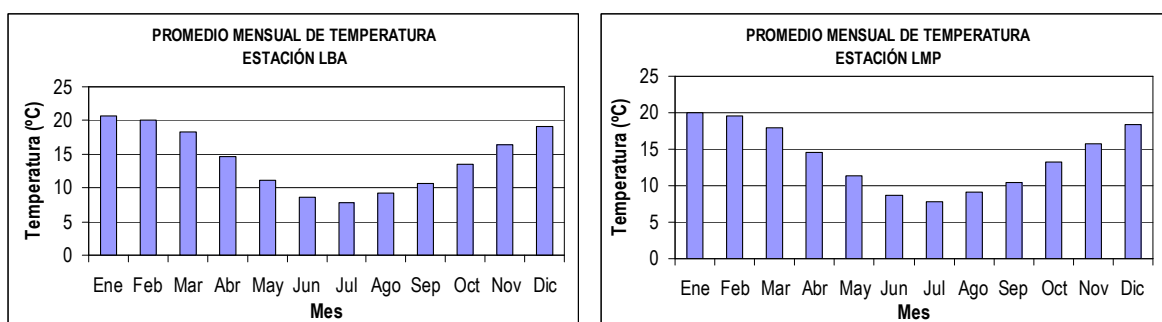


Figura 3.5 . Distribución de las temperaturas promedio mensuales en el área para el período 1985-2008.

Tabla 3.3. Parámetros estadísticos de temperatura de dos estaciones meteorológicas disponibles en el área para el período 1985-2008.

Estación	Mínimo	Máximo	Media
LBA	6,0	22,7	14,2
LMP	5,7	22,1	13,9

Referencias: DE: desvío estándar.

A partir de un análisis por estación de los registros de temperatura se detectó una diferencia promedio de temperaturas de 0,24 °C entre ambas estaciones, encontrando siempre el valores más altos en LBA excepto para los meses de mayo a julio en los cuales se registraron menores temperaturas que en LMP (Figura 3.6).

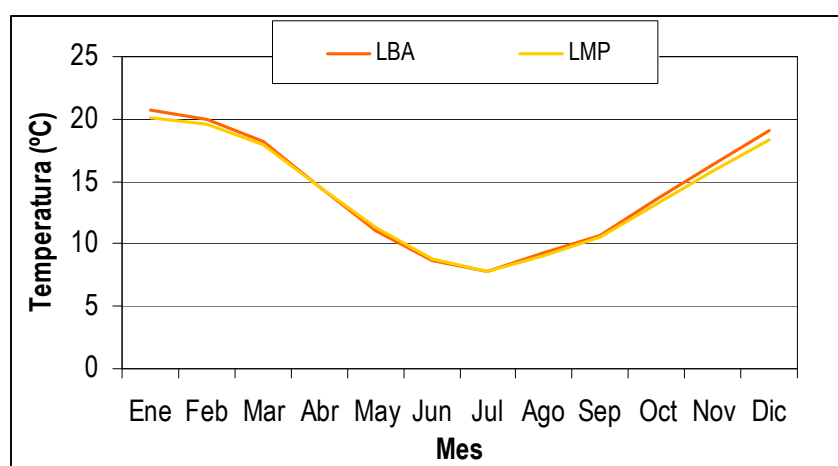


Figura 3.6 . Diferencias de temperatura mensual media entre las estaciones EEA Balcarce-INTA (LBA) y Camet-MdP (LMP) (1985-2008).

### 3.5 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es la expresión porcentual del vapor de agua presente en la atmósfera a una temperatura determinada. Se dispone de dos estaciones meteorológicas que miden la humedad en la zona, EEA INTA-Balcarce y la estación Camet-Mar del Plata. Sólo se cuenta con registros para el período 2002-2007.

La distribución mensual y anual promedio de la humedad relativa (2002-2007) para las estaciones consideradas se observa en las Figuras 3.7 y 3.8. La variación anual de este parámetro muestra una tendencia poco clara y uniforme. El análisis gráfico de esta información presenta una tendencia de valores más elevados de este parámetro para los meses de junio y julio (valor medio de 82,3 %), una media anual para el período 2002-2007 de 78,4 % y una variación anual promedio de 77,7 y 79,1 %. La humedad relativa promedio para el período considerado fue de 79,3% y 78,0 para las estaciones LBA y LMP, respectivamente.

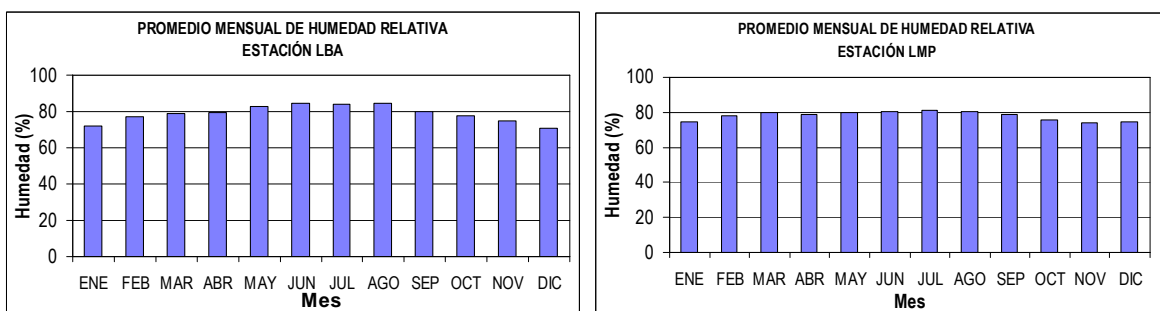


Figura 3.7 . Distribución de humedad relativa promedio mensual en el área para el período 2002-2007.

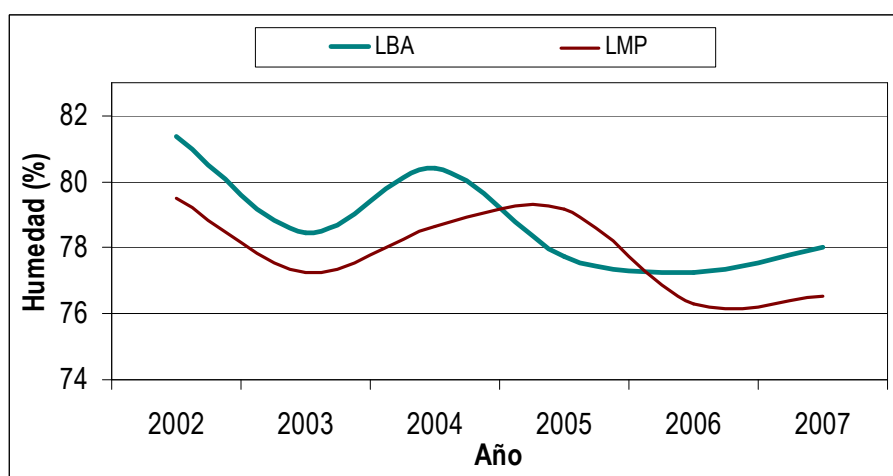


Figura 3.8 . Variación anual promedio de humedad relativa en las estaciones LBA y LMP (2002-2007).

### 3.6 BALANCE HÍDRICO

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada, es posible estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año. El conocimiento del balance de humedad (balance hídrico) es necesario para definir la falta y excesos de agua y es de aplicación para las clasificaciones climáticas y a la hora de definir la hidrología de una zona.

Evapotranspiración es el resultado del proceso por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y directamente, o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, es decir, la suma de evaporación y transpiración. Este término sólo es aplicable correctamente a una

determinada área de terreno cubierta por vegetación. Cuando ésta no existe, únicamente podrá hablarse de evaporación. Por el contrario, en condiciones naturales, y aunque el fenómeno tiene sus características propias, no es posible la ocurrencia exclusiva de transpiración. Es la dificultad en la medida por separado de esta variable lo que ha obligado a introducir el concepto de evapotranspiración (Orsolini *et al.*, 2000). La evapotranspiración real (ETR) es difícil de medir y sus valores son poco frecuentes en los registros de las estaciones meteorológicas. En el área de estudio se desconocen los valores de este parámetro. El cálculo de este parámetro en las zonas de llanuras es, en la mayoría de los casos, problemático debido especialmente a la variabilidad de tipos de suelos y coberturas de vegetación existentes (Usunoff, 1994).

En este trabajo se realizó la estimación del balance hídrico a nivel edáfico a partir del método de Thornthwaite y Matter (Custodio y Llamas, 1976), determinando así el valor mensual de la humedad del suelos, la ETR y la escorrentía a partir de registros de precipitación y evapotranspiración potencial (ETP). El método relaciona la temperatura media mensual y la evapotranspiración potencial para un mes de 30 días y 12 horas de luz mediante la expresión:

$$ETP = c * t^a$$

Siendo:

**ETP** =Evapotranspiración potencial mensual, **t** =Temperatura media mensual, **c** y **a** = Coeficientes que varían de un lugar a otro. **c** varía inversamente con l.

El valor de **a** se calcula mediante la expresión:

$$a = 0,000000675 * l^2 + 0,01792l + 0,49239$$

**l** es la suma de los valores de **i** (índice mensual de calor) para los doce meses del año.

$$i = (t/5)^{1,514}$$

El valor de la ETP mensual se corrige en función del número de días del mes y del número de horas de insolación teórica.

Debe aclararse que el número de factores meteorológicos que se tienen en cuenta con este método de cálculo de la ETP es muy reducido por lo cual la incertidumbre que se genera es grande. No obstante cuenta con la ventaja de que se puede aplicar cuando no se tienen nada más que datos de temperatura y se carece de datos de insolación, viento y humedad relativa impidiendo la

aplicación de otros métodos como el de Blaney-Criddle, Radiación o Penman modificado. Además, si bien este método resulta simple a la hora de estimar los excesos de agua y por ende la recarga (Kruse *et al.*, 1985; Cionchi, 1997) hay concordancia en diversos autores (Cionchi *et al.*, 1982; Bocanegra *et al.*, 1985; Cionchi, 1997) en que resulta adecuado para estudios regionales.

Para evaluar el excedente o déficit de agua en el área de tesis se realizaron 4 balances hídricos para años típicos comprendiendo el período 1985-2008. Se consideraron las estaciones meteorológicas disponibles para la zona, desde la línea de costa en la Ciudad de Mar del Plata hasta las instalaciones del INTA Balcarce. Al no disponer de registros de temperatura para todas las estaciones, se optó por utilizar los registros de temperatura de las estaciones más cercanas entre sí. De esta manera, se utilizaron en LLB los datos de la estación LBA y en LLP los de la estación LMP.

Se decidió tomar para el área una reserva máxima de 100 mm (capacidad de campo) considerando que Massone (2003) y Quiroz (2009) utilizaron para el cálculo del balance hídrico en zonas cercanas este mismo valor, obteniendo resultados muy similares. Se inició el balance con el primer mes húmedo y más frío, asumiendo el valor máximo de capacidad de campo.

Los balances elaborados con los datos obtenidos de las estaciones LMP y LLP presentaron los menores excedentes totales, mostrando un exceso de agua de 176,0 y 174,7 mm, respectivamente (Tablas 3.4 y 3.5). En los meses de diciembre a marzo no hubo excedente de agua en LMP, registrándose en estos meses demandas para la ETP que son amortiguadas por la humedad almacenada en el suelo, lo cual permite que no sean considerados como verdaderos déficit del sistema. En el caso de LLP el mismo patrón se extendió hasta el mes de abril.

**Tabla 3.4. Balance hídrico edáfico por el Método de Thornthwaite. Estación Camet-Mar del Plata (LMP) (1985-2008).**

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
P (mm)	51,0	56,2	46,8	93,9	82,7	84,4	87,6	99,0	107,4	87,9	55,2	49,3	901,4
ETP (mm)	20,5	27,9	36,2	57,5	77,0	102,6	114,2	94,2	83,5	54,2	35,4	22,3	725,5
$\Delta R$ (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-18,2	-26,6	4,9	23,9	16,1	0,0	0,0	
R (mm)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	81,8	55,1	60,0	83,9	100,0	100,0	100,0	
ETR (mm)	20,5	27,9	36,2	57,5	77,0	102,6	114,2	94,2	83,5	54,2	35,4	22,3	725,5
Exc (mm)	30,6	28,3	10,6	36,4	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	19,8	27,0	176,0
Def (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P-ETP (mm)	30,6	28,3	10,6	36,4	5,7	-18,2	-26,6	4,9	23,9	33,7	19,8	27,0	176,0

Referencias: P: precipitación, ETP: evapotranspiración potencial,  $\Delta R$ : variación de la reserva, R: reserva de agua utilizable, ETR: evapotranspiración real, Exc: excedentes, D: déficit.

**Tabla 3.5. Balance hídrico edáfico por el Método de Thornthwaite. Estación Ea. La Peregrina (LLP) (1985-2008).**

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
P (mm)	49.8	57.1	55.2	87.3	95.6	95.1	96.9	86.4	91.8	88.3	55.3	52.6	911.2
ETP (mm)	19.7	27.6	36.0	58.3	79.8	107.1	118.5	96.1	84.9	53.6	33.7	21.3	736.5
$\Delta R$ (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.0	-21.6	-9.8	6.9	34.7	1.8	0.0	
R (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.0	66.4	56.6	63.5	98.2	100.0	100.0	
ETR (mm)	19.7	27.6	36.0	58.3	79.8	107.1	118.5	96.1	84.9	53.6	33.7	21.3	736.5
Exc (mm)	30.1	29.5	19.2	29.0	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7	31.4	174.7
Def (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P-ETP (mm)	30.1	29.5	19.2	29.0	15.8	-12.0	-21.6	-9.8	6.9	34.7	21.5	31.4	174.7

Referencias: P: precipitación, ETP: evapotranspiración potencial,  $\Delta R$ : variación de la reserva, R: reserva de agua utilizable, ETR: evapotranspiración real, Exc: excedentes, D: déficit.

El balance hídrico obtenido con los registros de la estación LLB presentó el mayor excedente total de agua, mostrando un exceso de 311,9 mm (Tabla 3.6). Sólo en los meses de enero y febrero no hubo excedente. Si bien la ETP calculada fue muy similar a las estimadas en los otros balances, en este sector la precipitación supera en aproximadamente 130 mm al resto de los registros pluviométricos de la zona. Por último, el balance asociado a la estación LBA mostró un excedente de agua de 180,0 mm y durante los meses de diciembre a abril no hubo excedentes (Tabla 3.7).

**Tabla 3.6. Balance hídrico edáfico por el Método de Thornthwaite. Estación Ea. La Brava (LLB) (1985-2008).**

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
P (mm)	59.0	66.3	65.3	105.8	96.8	107.9	115.8	96.5	107.9	97.6	63.4	66.2	1048.4
ETP (mm)	19.7	27.6	36.0	58.3	79.8	107.1	118.5	96.1	84.9	53.6	33.7	21.3	736.5
$\Delta R$ (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.7	0.4	2.3	0.0	0.0	0.0	
R (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.3	97.7	100.0	100.0	100.0	100.0	
ETR (mm)	19.7	27.6	36.0	58.3	79.8	107.1	118.5	96.1	84.9	53.6	33.7	21.3	736.5
Exc (mm)	39.3	38.7	29.2	47.6	17.0	0.9	0.0	0.0	20.7	44.0	29.7	44.9	311.9
Def (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P-ETP (mm)	39.3	38.7	29.2	47.6	17.0	0.9	-2.7	0.4	23.0	44.0	29.7	44.9	311.9

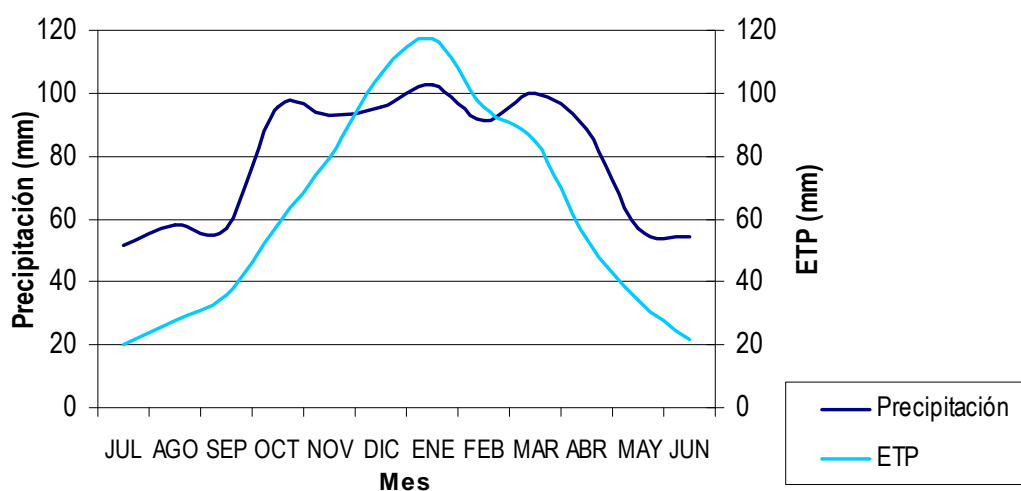
Referencias: P: precipitación, ETP: evapotranspiración potencial,  $\Delta R$ : variación de la reserva, R: reserva de agua utilizable, ETR: evapotranspiración real, Exc: excedentes, D: déficit.

**Tabla 3.7. Balance hídrico edáfico por el Método de Thornthwaite. Estación EEA-INTA Balcarce (LBA) (1985-2008).**

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
P (mm)	45.7	53.1	61.0	95.9	96.7	94.6	109.4	83.1	93.3	79.6	54.7	49.5	918.5
ETP (mm)	19.7	27.6	36.0	58.3	79.8	107.1	118.5	96.1	84.9	53.6	33.7	21.3	736.5
$\Delta R$ (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.5	-9.1	-13.1	8.4	26.0	0.3	0.0	
R (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.5	78.4	65.3	73.8	99.7	100.0	100.0	
ETR (mm)	19.7	27.6	36.0	58.3	79.8	107.1	118.5	96.1	84.9	53.6	33.7	21.3	736.5
Exc (mm)	26.0	25.5	25.0	37.7	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	28.3	180.0
Def (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P-ETP (mm)	26.0	25.5	25.0	37.7	16.9	-12.5	-9.1	-13.1	8.4	26.0	21.0	28.3	180.1

Referencias: P: precipitación, ETP: evapotranspiración potencial,  $\Delta R$ : variación de la reserva, R: reserva de agua utilizable, ETR: evapotranspiración real, Exc: excedentes, D: déficit.

Debido al exceso de agua que se muestra en los distintos balances hídricos realizados, la evapotranspiración real para toda la zona es igual a la evapotranspiración potencial. En general, con el análisis de la información promedio para el período 1985-2008, se observó que durante los meses de diciembre a marzo la precipitación es menor que la evapotranspiración real, correspondiendo a un período seco, mientras que en el resto de los meses se produce el caso inverso estableciéndose así un período húmedo (Figura 3.9). En los meses en donde la evapotranspiración es mayor a la precipitación, se crea un requerimiento de agua para completar los valores de evapotranspiración potencial, los cuales son cubiertos por la reserva del suelo. La distribución de la precipitación y ETP anual durante el período 1985-2008 mostró que desde 2006 no se registraba un año en donde la ETP superara o igualara a la precipitación como sucedió en 2008 (Figura 3.10).



**Figura 3.9 . Precipitación y evapotranspiración potencial mensual promedio (1985-2008).**

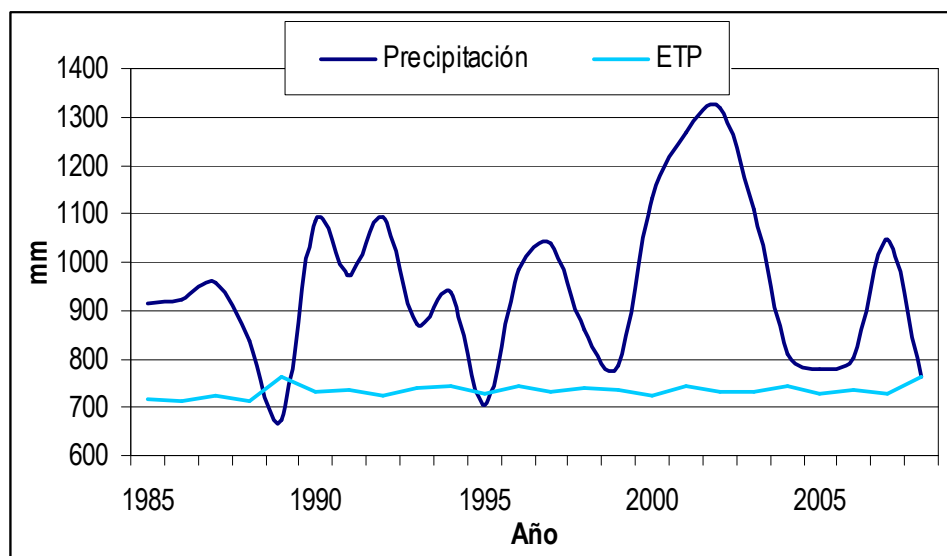


Figura 3.10 . Distribución de la precipitación y ETP anual en el área.

A partir del cálculo de los balances hídricos edáficos en cada una de las estaciones meteorológicas disponibles para el período 1985-2008 se determinó una recarga promedio para este sector del Corredor Mar del Plata-Balcarce de 18,34% del total de la precipitación, para los últimos 23 años. Desde la línea de costa hacia el sector continental se calcularon recargas promedio de 15,51% en LMP, 15,17 % en LLP, 25,75 % en LLB y 15,83 % en LBA. Se consideró un valor de escorrentía superficial de 4% de la precipitación total, de acuerdo a los cálculos de hidrología estadística realizados para Balcarce por Massone (2003). Los valores promedios de precipitación total (P total), evapotranspiración potencial (ETP), escorrentía superficial y recarga al sistema, expresados en mm/año, se muestran en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Valores promedio de P total, ETP, escorrentía superficial y recarga para el período 1985-2008.

Estación	P total	ETP	Escorrentía	Recarga
LBA	918,53	736,52	36,74	145,27
LLB	1048,38	736,50	41,94	269,94
LLP	911,24	736,52	36,45	138,27
LMP	901,44	725,54	36,06	139,84
Promedio	944,90	733,77	37,80	173,33

Valores expresados en mm/año.

Al analizar todos los balances hídricos edáficos realizados puede comprobarse que la zona presenta un exceso hídrico la mayor parte del año, existiendo pocos meses con algún grado de déficit hídrico que es cubierto con la reserva de humedad del suelo. Esto constituye un factor importante en la recarga de los acuíferos ya que la recarga potencial por precipitación al sistema sería importante la mayor parte del año en la misma.

La comparación con balances para la zona durante períodos previos indica una relativa homogeneidad en los excesos, con solo pequeñas variaciones. Los excesos para Balcarce en los períodos 1951-1990 y 1971-1990 fueron de 162 y 214 mm/año (Massone, 2003), para La Copelina en el período 1940-1950 fue de 135 mm/año (Kruse, 1987) y para Mar del Plata en los períodos (1901-1958) (1961-1970) (1961-1970) fue de 89 mm/año.

## CAPÍTULO 4. GEOMORFOLOGÍA

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Etimológicamente, la palabra Geomorfología es definida como el estudio de las formas de la superficie terrestre. La descripción de los aspectos de la superficie y del paisaje terrestre, incluyendo aspectos del uso de la tierra, vegetación e influencia humana, es conceptuada como la fisiografía de una región. La fisiografía y la geomorfología comprenden el estudio de los fenómenos que determinan la apariencia y características de un paisaje, la topografía, la hidrología, la vegetación y la identificación de los procesos que ocurren en él. La cuenca hidrográfica es utilizada como una unidad fundamental para estudios de geomorfología y fisiografía, considerada como una unidad territorial ideal para el planeamiento integrado del manejo de los recursos naturales (Benavides Mora *et al.*, 2009).

### 4.2 METODOLOGÍA

La primera fase de este trabajo consistió en la compilación de datos e información preexistente. Se analizó información topográfica, edáfica, geológica e imágenes de satélite de diferente resolución espacio temporal (Landsat TM del 2005 y ASTER del 2008 de 27,8 y 15 m de resolución espacial, respectivamente). La misma fue clasificada, estandarizada y almacenada en una base de datos geográfica utilizando la herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ArcGis 9.2 (ESRI, 2007). A partir de las imágenes de satélite y cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:50.000, se construyó un Modelo Digital del Terreno (MDT) para la zona, utilizando las extensiones 3D Analyst y Spatial Analyst del software anteriormente mencionado. Se adicionaron además datos batimétricos de las lagunas obtenidos en las campañas del año 2008 y 2009, cotas de ríos y arroyos, y las vías, estas últimas como función de cortes topográficos suaves. Con los datos generados se definieron las cuencas de drenaje de las lagunas La Brava y de Los Padres, se trazaron las respectivas redes de drenaje, se jerarquizaron

los diferentes cursos de agua y se realizaron también los mapas de densidad de drenajes de pendientes del área.

Los distintos tipos de cursos de agua se digitalizaron en pantalla y luego fueron jerarquizados siguiendo la metodología propuesta por Horton (1945) y modificada por Strahler (1952), a partir del MDT y las curvas de nivel. Así, los canales tributarios más pequeños constituyen los segmentos de primer orden. Al unirse dos cursos de primer orden se origina uno de segundo orden y así sucesivamente, de manera que el colector principal será el de orden mayor y define el orden de la cuenca; cabe aclarar que cursos aislados que desaguan en un colector de orden mayor no modifican el orden de éste (Figura 4.1). La identificación de los cursos de agua de primer orden resulta de aplicar el criterio de Morisawa (1957) que resulta de extender los cursos que aparecen en el mapa topográfico pendiente arriba hasta donde lo sugieran por lo menos, dos curvas de nivel consecutivas. Este método fue utilizado en otros sectores del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (Cionchi *et al.*, 1982; Massone, 2003; Quiroz Londoño, 2009).

Para identificar y clasificar las características geomorfológicas de la zona de estudio se procesaron imágenes satelitales Landsat TM y ASTER de 27,5 m y de 15 m de resolución espacial, respectivamente. Se realizaron combinaciones con las distintas bandas de cada sensor hasta conseguir una que permitiera resaltar adecuadamente los rasgos geomorfológicos existentes. Posteriormente se digitalizaron las unidades morfodinámicas de mapeo, las cuales se categorizaron definiendo ambientes, sistemas, unidades y elementos morfodinámicos (Cendrero y Díaz de Terán, 1987) para el la zona a escala regional. Los resultados de dicho análisis se representaron en mapas geomorfológicos. Toda esta información espacial fue manejada mediante la herramienta de sistemas de información geográfica ArcGis 9.2.

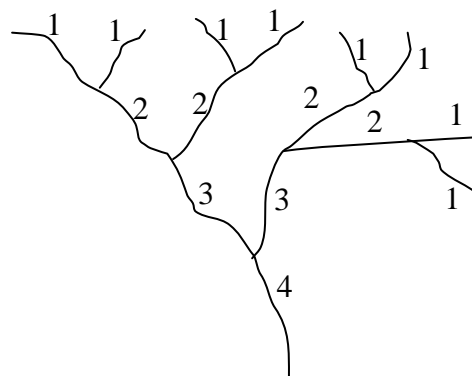


Figura 4.1. Clasificación de arroyos con el esquema de Horton (1945) y Strahler (1952).

### 4.3 RED DE DRENAJE

La red de drenaje es la distribución de los canales de escurrimiento superficiales y subsuperficiales poco profundos en un área dada y resulta de la combinación de factores litológicos, climáticos, geomorfológicos y de vegetación, entre otros (Perucca y Paredes, 2005). Como el escurrimiento se da siguiendo la pendiente del terreno, es posible definir tres sectores que presentan formas y procesos característicos: área de cabeceras de cuenca o nacimiento de los arroyos que son las zonas más altas topográficamente; área de transición, que ocupa la mayor longitud de los arroyos y área de descarga o desembocadura de la cuenca, coincidente con el nivel de base de la red de drenaje.

Como sucede en todo el sudeste bonaerense, la hidrografía de esta zona se presenta como una red compuesta por cursos de agua, tanto permanentes como intermitentes, con nacientes en el área serrana y posterior trazado que generalmente se da en dirección SO-NE. Son arroyos de escasa expresión topográfica, de pequeño cauce y de bajo caudal.

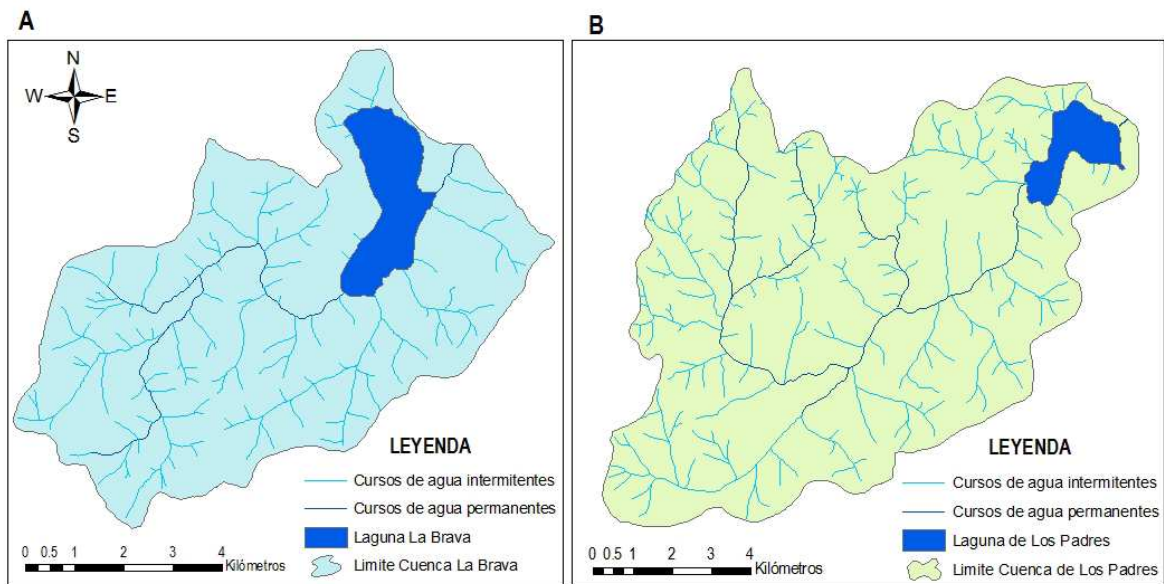
Ambas lagunas estudiadas reciben un único afluente, formado por la conjunción de tributarios en el sector alto de la cuenca y drenan parte de sus aguas superficiales a través de otro curso superficial. Los arroyos de Los Padres y El Peligro son los cursos de agua afluentes a las lagunas de los Padres y La Brava, respectivamente. Los mismos fluyen a través de campos con intensa actividad agrícola antes de desembocar en las mismas, formando un delta. La descarga superficial de las lagunas de Los Padres y La Brava se efectúa por medio de los arroyos La Tapera y Tajamar, respectivamente. Una particularidad es la presencia de una compuerta en la nacimiento del Arroyo de La Tapera, con el fin de regular el régimen hidrométrico de la laguna, confiriéndole a éste un carácter de cuerpo léntico en ese sector.

Las cuencas definidas para cada cuerpo lacustre están limitadas al S y SE por las divisorias de aguas superficial, y al N y NE, para el caso de La Brava por la divisoria de aguas subterráneas (Kruse, 1987), y para Los Padres por el límite entre el sistema de lomadas y llanura. Una vez definidas las divisorias que limitan las dos cuencas, se identificaron 155 cursos de agua para la Cuenca de Laguna La Brava (53,56 km<sup>2</sup>) y 247 cursos para la Cuenca de Laguna de Los Padres (102,6 km<sup>2</sup>), utilizando los criterios explicitados en el apartado Metodología. Con este ordenamiento quedó definida la Cuenca de Laguna La Brava como de orden 4, y la de la laguna de Los Padres como de orden 5 (Figura 4.2). Desde el punto de vista hidrodinámico ambas lagunas constituyen el

nivel de base de su respectiva cuenca alta. En la Tabla 4.1 puede observarse la cantidad de cursos identificados para cada orden.

**Tabla 4.1. Número de cursos de cada orden en las cuencas estudiadas.**

ORDEN	NÚMERO DRENAJES	
	Cuenca Laguna La Brava	Cuenca de Los Padres
1	116	175
2	31	50
3	6	17
4	2	4
5	-	1
TOTAL	155	247



**Figura 4.2. Red de drenaje de A) Cuenca de Laguna La Brava y B) Cuenca de Laguna de Los Padres.**

#### 4.4 DENSIDAD DE DRENAJE

La densidad de drenaje de una cuenca se define como la relación entre la longitud total de los canales de flujo pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca. Este parámetro físico es un reflejo de la dinámica de la cuenca, la estabilidad de la red hidrográfica y el tipo de escorrentía de superficie (Llamas, 1993). Esta expresión está dada por la siguiente fórmula:

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación, refleja generalmente áreas con suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables, con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal; una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta, ocurren en sitios donde los materiales del suelo son resistentes a la erosión o muy permeables y donde el relieve es bajo. Benitez (1972) considera que una cuenca está pobremente drenada cuando  $D_d$  es menor o igual a  $0,6 \text{ km/km}^2$ , y bien drenada es mayor a  $3 \text{ km/km}^2$ ; Strahler (1952) por su parte encontró valores de  $D_d$  desde  $0,2 \text{ km/km}^2$  para cuencas con drenaje pobre, y hasta  $250 \text{ km/km}^2$  para cuencas bien drenadas.

Se elaboró un mapa de densidad de drenaje para observar de manera más detallada la variación de este parámetro. Los valores encontrados en el área variaron entre 0 y  $12,44 \text{ km/km}^2$ , con un promedio de  $1,15 \text{ km/km}^2$ . La Cuenca de la Laguna de Los Padres presentó un rango de variación de 0 y  $5,65 \text{ km/km}^2$ , con un promedio de  $1,67 \text{ km/km}^2$ , y la Cuenca de la Laguna La Brava varió de 0 y  $12,44 \text{ km/km}^2$  con un promedio de  $2,33 \text{ km/km}^2$  (Figura 4.3). Valores como los encontrados en estas cuencas son asociados a terrenos llanos con altas permeabilidades, tendientes a producir encharcamiento y altos tiempos de concentración.

El mapa de densidad de drenajes muestra, en forma general, que las mayores densidades se encuentran en el sector de sierras ( $1,24 \text{ km/km}^2$ ) y de lomadas ( $1,36 \text{ km/km}^2$ ), mientras que los menores valores se asocian con la zona de llanura ( $0,57 \text{ km/km}^2$ ) (Ver Apartado 4.6). De esta manera, se demuestra la importancia de las sierras como zonas de conservación de la naturaleza dado que se corresponden con las nacientes de los distintos cursos de agua. A su vez, el sector de lomadas también debe considerarse ya que al ser un área principalmente con actividad agrícola, una mayor densidad de drenaje implicaría un mayor aporte de agua superficial directa a las lagunas con un consecuente lavado de agroquímicos y nutrientes desde las lomas hacia las mismas. Comparando en este sentido a ambas cuencas, la Cuenca de la Laguna La Brava con mayor densidad de drenaje se vería más favorecida por este tipo de impacto.

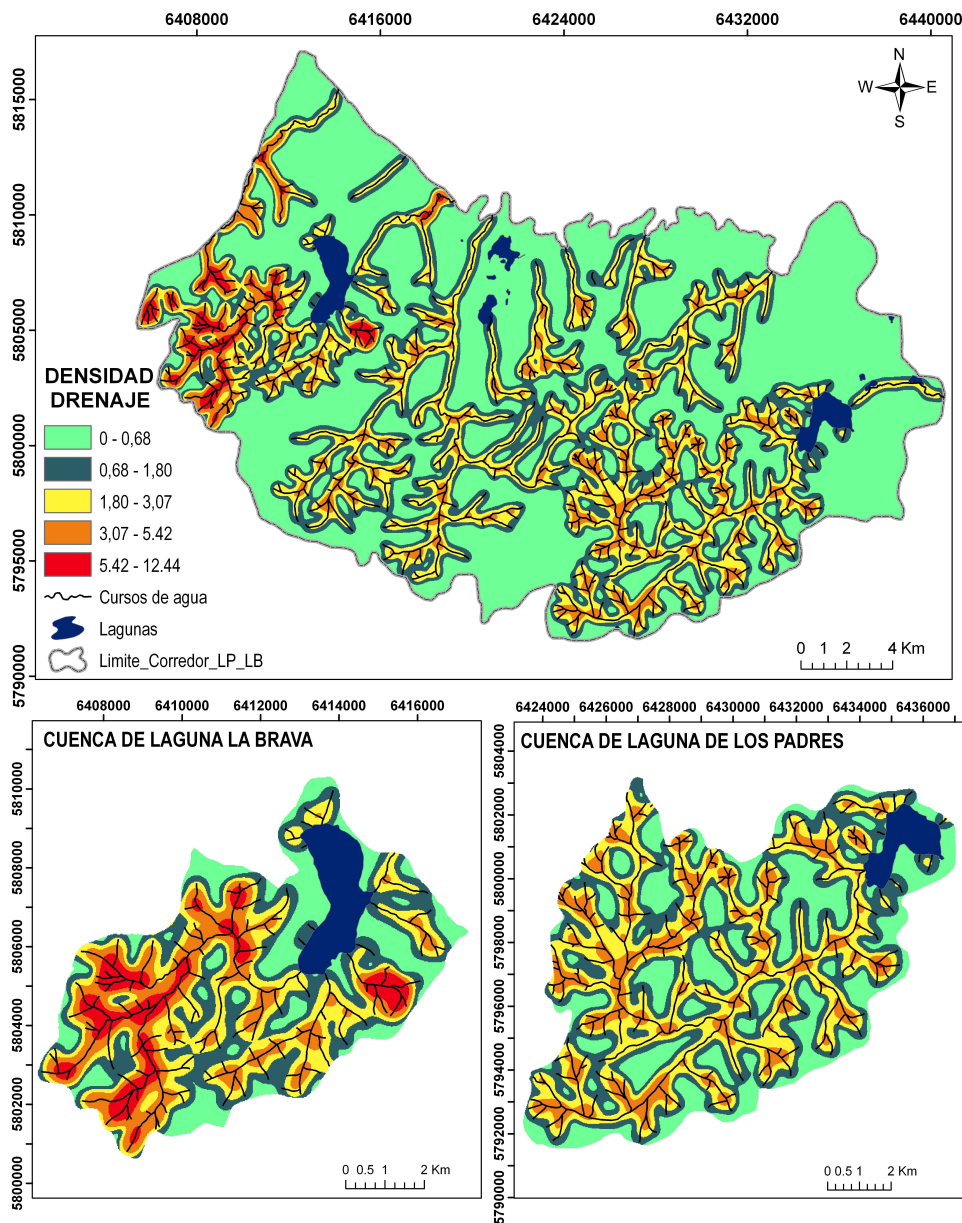


Figura 4.3. Mapa de densidad de drenajes en el área de estudio a escala regional y por cuencas.

#### 4.5 MODELO DIGITAL DEL TERRENO

El MDT, que describe la altimetría de una zona mediante un conjunto de datos acotados, constituye la información base (infraestructura básica) para la construcción de una serie de mapas que reflejan características morfológicas simples del terreno (pendiente, aspecto, unidades morfodinámicas, etc.) y para el análisis integral de las lagunas. La información obtenida del MDT

muestra que el área de estudio está comprendida entre las cotas de 40 y 300 m. Las mayores altitudes de esta zona se encuentran en el sector S y SO y las menores hacia el N y E. Los rangos de alturas en la Cuenca Laguna de Los Padres son de 210 a 48 msnm, y para la Cuenca Laguna La Brava son de 300 a 65 msnm. Las mayores alturas de estas cuencas se encuentran al N y NO, y al NO, O y SE para Laguna de Los Padres y Laguna La Brava, respectivamente. Los modelos digitales del terreno mejorados y los perfiles altimétricos de ambas cuencas se muestran en la Figura 4. 4.

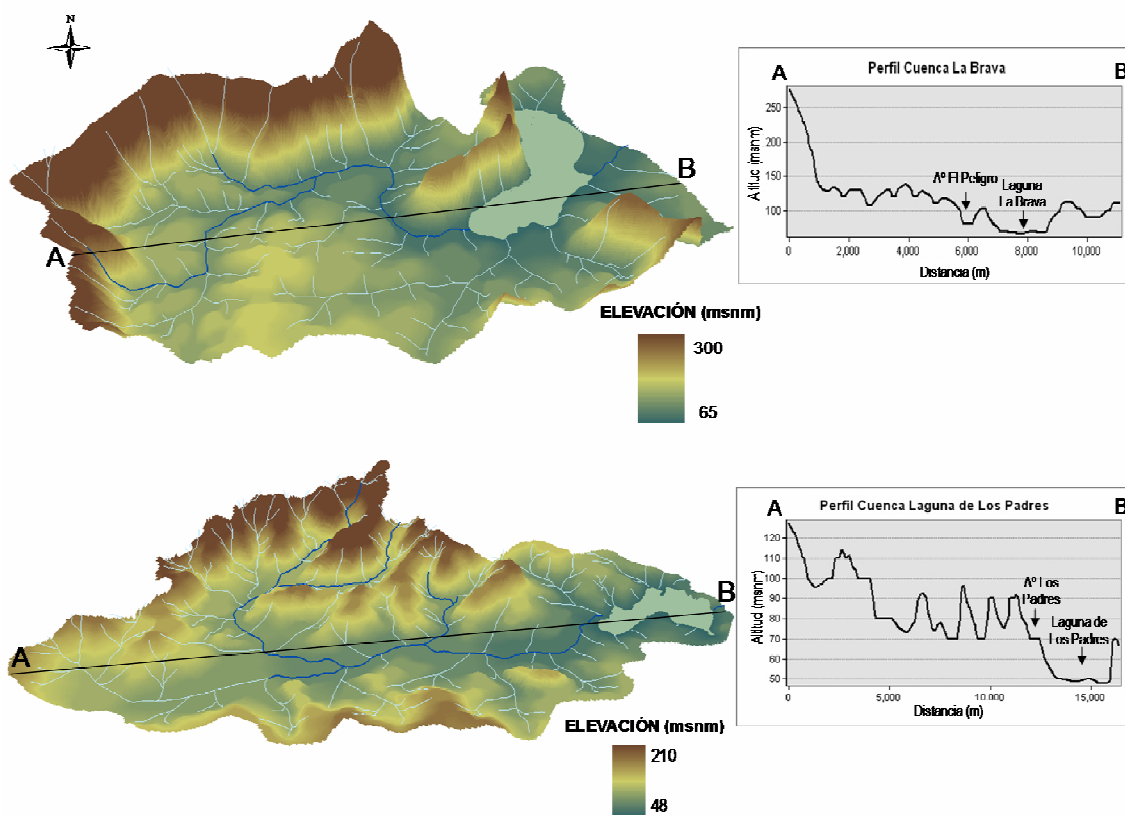


Figura 4.4. Modelos digitales del terreno y perfiles altimétricos de las cuencas de las lagunas A) La Brava y B) de Los Padres.

A partir del MDT se elaboró un perfil topográfico que permitió determinar la relación altimétrica entre las lagunas y las características del relieve a lo largo de una transecta que las une (Figura 4.5). El mismo mostró a la laguna La Brava en una posición topográfica más elevada que las demás lagunas y permitió identificar áreas relativamente planas y sectores de relieve pronunciado circundantes a los humedales en cuestión.

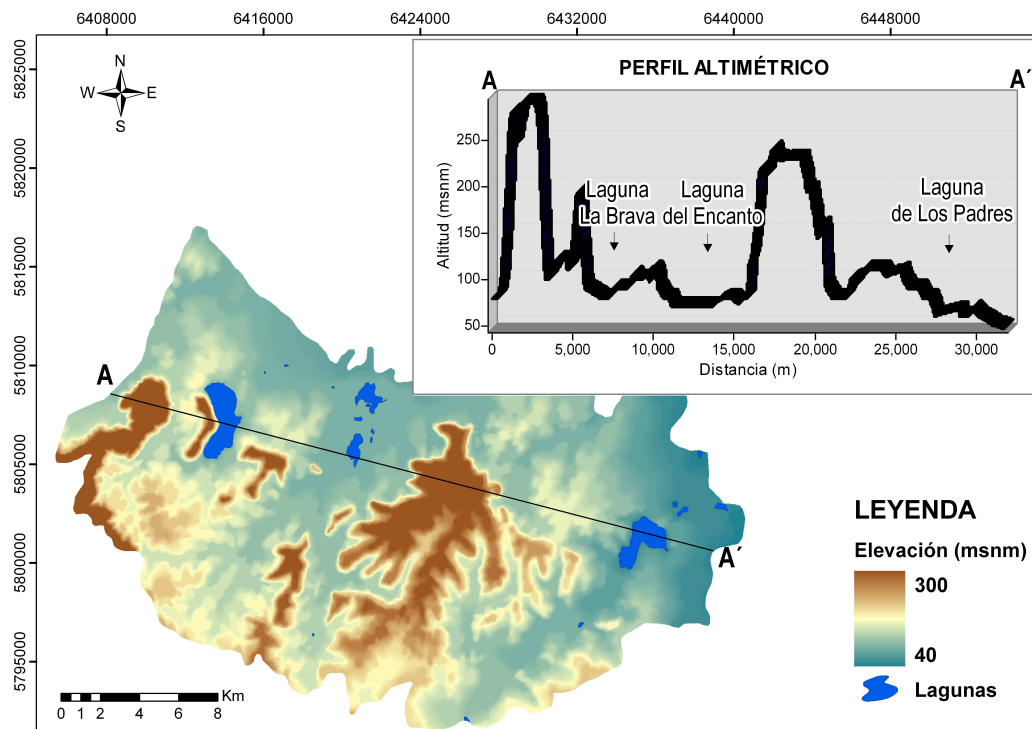


Figura 4.5. Modelo digital del terreno y perfil altimétrico del área.

## 4.6 PENDIENTES

Los mapas de pendientes permiten obtener una visión general de la distribución geográfica de los ángulos de pendiente en una región A su vez, la pendiente de una cuenca de drenaje tiene una relación importante con los fenómenos de infiltración, escurrimiento superficial, humedad del suelo y con la contribución del agua subterránea al flujo de los cuerpos de agua (Díaz *et al.*, 1999).

Una forma más precisa de determinar la pendiente de una zona en particular es a través de algoritmos computarizados, los cuales a partir de modelos digitales del terreno (MDT), realizan el análisis de pendiente en pequeñas porciones de superficie (celda). El algoritmo utilizado por la mayoría de los software SIG calcula el ángulo de inclinación del terreno, sin que deje de considerar los desniveles de altura de las cuatro celdas más próximas a la celda analizada. De igual manera y para cada celda se obtiene el ángulo de inclinación del terreno en grados o en porcentaje. El mapa de pendientes de la zona, de formato raster de 20 x 20 m de celda, se preparó utilizando la extensión Spatial Analyst (Surface Análisis/ Slope) de la herramienta SIG ArcGis 9.2.

Una vez obtenidos los valores se los agrupó en una clasificación de pendientes basada en el gradiente, identificando categorías menores a 1°, entre 1° y 2°, entre 2° y 6° y por último mayores a 6°. Estos valores coinciden con los sugeridos por Marsh (1991) como óptimos para diferentes usos del territorio. Esta clasificación de las pendientes también fue empleada por Massone (2003) en una cuenca contigua.

Al realizar el análisis de la información de las pendientes del área, se encontraron zonas llanas con valores menores a 1° y algunas con pendientes máximas de hasta 48,24° (Figura 4.6). Para la zona en general se obtuvo una pendiente media de 3,01° y una desviación estándar de 4,63. El 44,9% del área posee pendientes menores al 1°, predominando en segundo lugar las pendientes comprendidas entre los rangos 2°-6° correspondientes al 26,6% del área en cuestión respectivamente. Los valores más altos de pendiente se encuentran restringidos a los límites entre las zonas de lomadas y sierras (frente serrano), abarcando el 14,8% del total del área analizada. Por último, el rango de pendientes 1°- 2° es el menos frecuente, representando el 13,5% del área y coincidiendo con el límite entre las lomadas y la llanura.

Haciendo referencia a ambas cuencas, la de Laguna de Los Padres posee un valor de pendiente que varía de 0 - 27,36° y un valor medio de 2,83°, mientras que la de la Laguna La Brava posee un rango de pendientes de 0 - 45,90° y un valor promedio de 5,25°. La Cuenca de la Laguna La Brava posee el 32,69% de su área con pendientes menores a 1°, el 30,94% con un rango de 2° - 6° y el 28,27% con pendientes mayores a 6°. Para el caso de la Cuenca de Laguna de Los Padres se observó que el 37,69% de su área corresponde a pendientes del rango 2° - 6°, el 35,47% a pendientes menores a 1°, y el 13,25% con valores de pendiente mayores a 6°. Las dos cuencas estudiadas poseen un mayor porcentaje de área con menor pendiente.

Respecto a la implicancia ambiental de conocer la pendiente de un área, y al estar ésta relacionada positivamente con la densidad de drenajes, es posible advertir que las zonas de mayores pendientes coinciden con el sector de uso principalmente agrícola. Tanto el escurrimiento superficial como el aporte de agua encauzada son mayores, favoreciendo el posible lavado de nutrientes y agroquímicos hacia las zonas más bajas donde se localizan las lagunas.

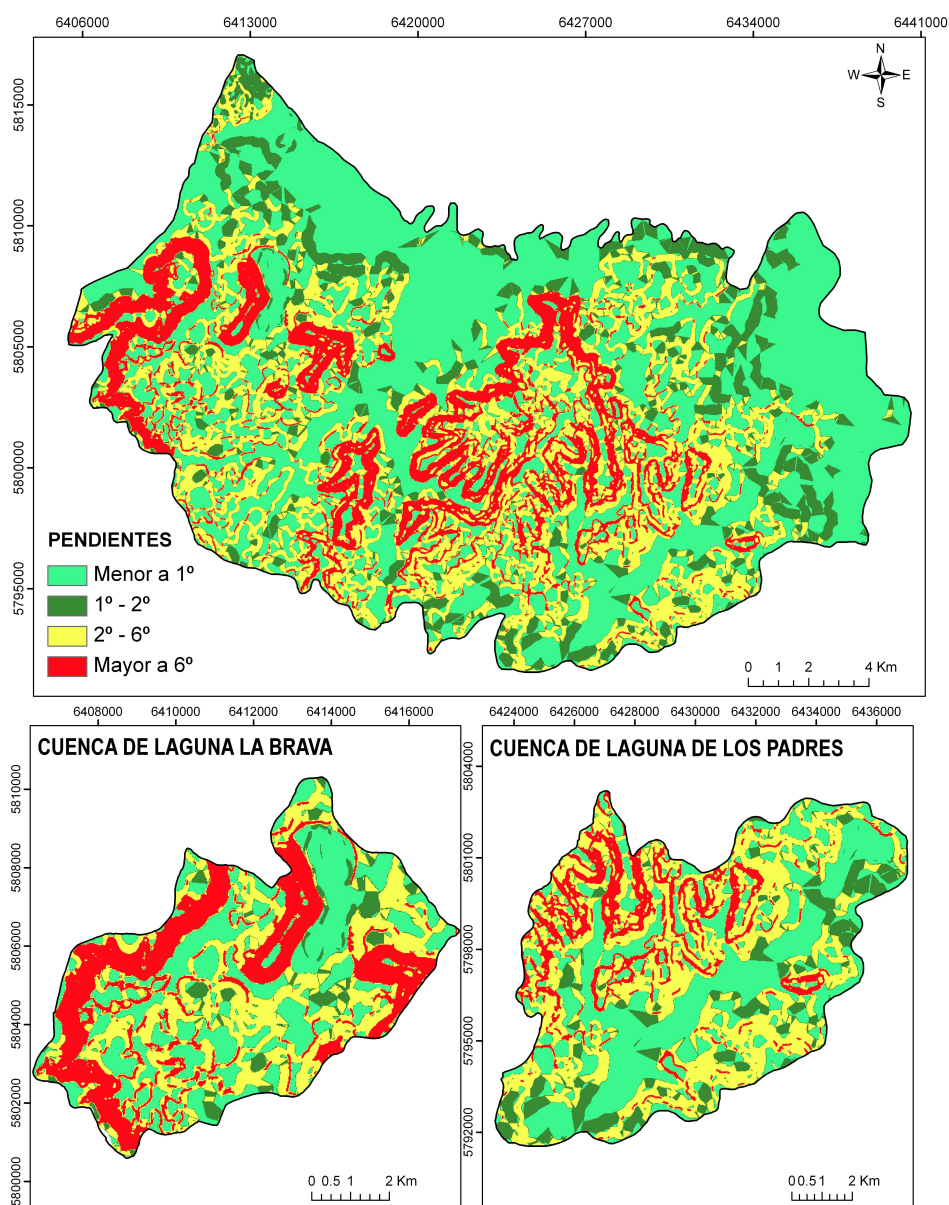


Figura 4.6. Mapa de pendientes del área de estudio a escala regional y por cuencas.

#### 4.7 UNIDADES MORFODINÁMICAS

Para el reconocimiento de las unidades morfológicas de mapeo (UMDM) en el área de estudio se utilizaron cartas topográficas IGN (1:50.000), imágenes de satélite Landsat y ASTER, con 27,8 y 15 metros de resolución espacial respectivamente y el MDT. Por definición, las UMDM corresponden a unidades en las cuales los atributos físicos de unidad geológica, topografía,

morfología, suelos, vegetación, clima y procesos activos muestran pequeñas variaciones y son distintivas de sus unidades vecinas (Christian y Stewar, 1952).

Las unidades morfodinámicas han sido categorizadas siguiendo los lineamientos propuestos por Cendrero y Díaz de Terán (1987), los cuales definen los ambientes morfodinámicos en función de grandes rasgos del relieve, características climáticas generales y rasgos geológicos a gran escala presentes en el territorio. Los ambientes se subdividen en sistemas morfodinámicos, los cuales se diferencian a partir de, esencialmente, su morfología y de procesos activos. A su vez, los sistemas están conformados por unidades, las cuales se definen en base a su litología y procesos geomorfológicos de más detalle que los casos anteriores. Por último, se encuentran los elementos que son los de mayor precisión y definición, y para su identificación se consideran factores tales como vegetación, morfología y suelos. La tabla muestra las diferentes unidades morfodinámicas mapeadas en la zona de trabajo y también identificadas por Massone (2003) en una cuenca contigua y por Quiroz (2009) para el área de Lobería.

Siguiendo la metodología propuesta se identificaron y cartografiaron los ambientes, sistemas, unidades y elementos morfodinámicos para este sector del Corredor Mar del Plata-Balcarce, los cuales se describen a continuación e ilustran en las Figuras 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15.

**Tabla 4.2. Unidades morfodinámicas identificadas en la zona de estudio.**

AMBIENTE	SISTEMA	UNIDAD	ELEMENTO
SIERRAS, LOMADAS Y LLANURA	SIERRAS	CUMBRE PLANA	
		FRENTES SERRANOS Y PIEDEMONTE	
	LOMADAS	LOMADAS DE ORIGEN EÓLICO	INTERFLUVIOS
			CAUCES
			BARRANCAS
			LAGUNAS
	LLANURA	PLANICIE FLUVIO-EÓLICA	INTERFLUVIOS
			CAUCES
			BARRANCAS
			LAGUNAS
URBANO			

#### 4.7.1 Ambiente de sierras, lomadas y llanura

Los rasgos dominantes del paisaje corresponden a los afloramientos serranos del Sistema de Tandilla, tal como se describió en el Capítulo 2. Estos bloques serranos se presentan aislados entre sí y separados por amplios valles que han sido cubiertos por depósitos eólicos, esencialmente limosos (loess), que forman un paisaje de lomadas. Este ambiente morfodinámico es el de mayor extensión en la zona (98,01%) y dentro del mismo se encuentran tres sistemas morfodinámicos:

##### 4.7.1.1 Sistema de Sierras

Está formado por bloques serranos que integran, especialmente, la divisoria principal que limita la Cuenca de Laguna La Brava. Las sierras tienen el típico aspecto mesetiforme y litológicamente formadas por estratos subhorizontales de ortocuarcitas de la Formación Balcarce (Dalla Salda e Iñiguez, 1979). Dentro de este sistema de sierras, y con una altura máxima aproximada de 300 msnm, se incluyen: La Brava, Valdéz, La Vigilancia, La Copelina, de los Difuntos y Cerro del 15 (Figura 1.1). Este sistema morfodinámico corresponde al 19,43% del total del área de estudio, y en él se han reconocido dos unidades morfodinámicas: Unidad Cumbre Plana y Unidad Frentes Serranos y Piedemonte.

##### 4.7.1.2 Sistema de Lomadas

Es el sistema morfodinámico de mayor extensión areal en el área de estudio, correspondiente al 56,77 % del total del área de estudio. Se encuentra adosado a los bloques serranos y está formado por sedimentos limosos y limo-arenosos, con frecuentes intercalaciones de tosca. Las lomadas presentan una morfología compleja y pueden alcanzar gran altura relativa (60 msnm). Limitan con las unidades frente serrano y piedemonte, presentando pendientes entre 1° y 2,5°, predominando netamente aquellas de entre 1° y 1,5°. Las mayores pendientes se localizan cerca de las sierras. Este sistema de lomas sostiene una importantísima actividad agropecuaria. El mismo ha sido subdividido en una unidad morfodinámica: Unidad Lomadas de Origen Eólico.

##### 4.7.1.3 Sistema de Llanura

Este sistema morfodinámico ocupa el 21,81 % del total del área, siendo el segundo en orden de importancia. Está caracterizado por pendientes muy suaves, menores de 1°, con un buen

desarrollo de suelos de muy buena aptitud agrícola. Se desarrolla fuera del límite de las cuencas de las lagunas estudiadas, en los límites Norte y Este del Corredor Mar del Plata-Balcarce. En este sistema se reconoce sólo una unidad morfológica: Unidad Planicie Fluvio-Eólica.

Una breve descripción de las distintas unidades y elementos morfológicos presentes en los tres sistemas antes mencionados se realiza a continuación:

#### *Unidad Cumbre Plana*

Corresponde al sector más alto de las sierras. Las cumbres se caracterizan por un desarrollo superficial extendido y escasa pendiente, y por tener frecuentemente una cubierta de sedimentos limo-arenosos finos, con un incipiente desarrollo de suelo y vegetación arbustiva, y que tiene desde escasos centímetros a poco más de un metro de espesor (Figura 4.7).

#### *Unidad Frentes Serranos y Piedemonte*

Esta unidad conforma el cuerpo principal de los bloques serranos. Los frentes serranos son elongados, aparecen bordeando las cumbres planas y con paredes verticales a subverticales. A partir de un neto quiebre de pendiente aparece el piedemonte el cual se extiende hasta donde se minimiza la pendiente. Está integrado por depósitos coluviales de bloques ortocuarcíticos dispuestos de manera caótica y entremezclados con material más fino y meteorizado. Las pendientes características en este piedemonte oscilan entre 3° y 6° (Figura 4.7).

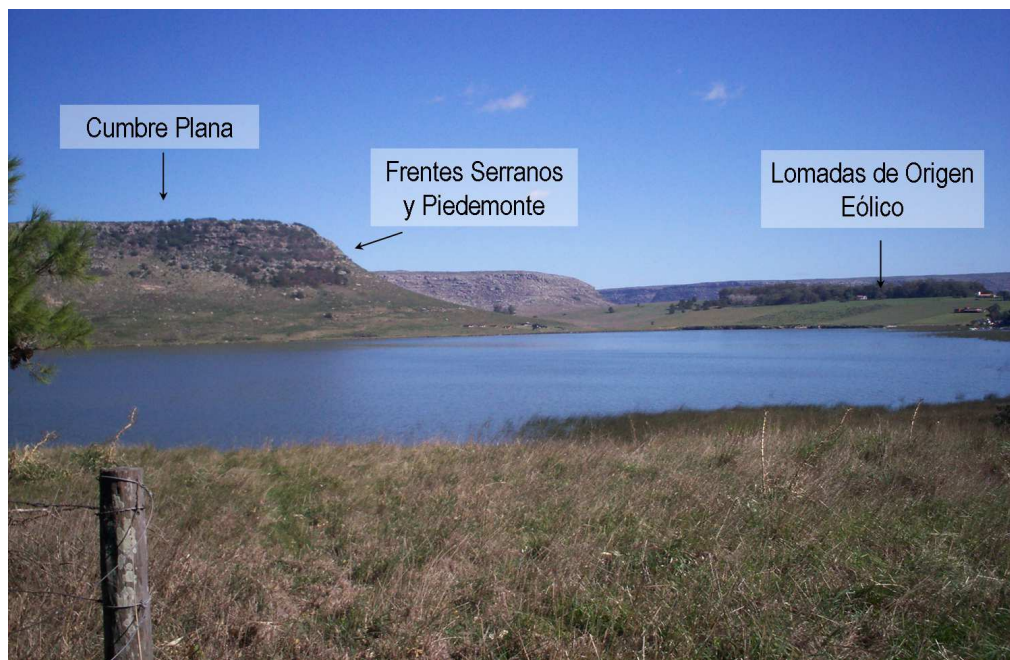


Figura 4.7. Sistemas de Sierras y Lomas: Unidades Cumbre Plana, Frentes Serranos y Piedemonte y Lomas de Origen Eólico.

### Unidad Lomas de Origen Eólico

Su origen está vinculado con los ciclos de depositación eólica del Pleistoceno tardío y Holoceno (Martínez, 2002). Esta unidad se subdivide en cuatro elementos morfodinámicos:

-Elemento Interfluvios: integra el mayor espacio areal del sistema.

-Elemento Cauces: Angostos y de poca expresión geomorfológica. Sobre estas geoformas se ha implantado un drenaje de pequeños cauces temporarios, aunque los arroyos más importantes y de mayor expresión de la región también atraviesan este sistema (Figura 4.8).

-Elemento Barrancas: En la zona existe un pequeño desarrollo de barrancas de entre 0,20 y 1,00 m de altura, las cuales se localizan especialmente en la parte alta y media de los arroyos más importantes del área (Figura 4.8).

-Elemento Lagunas: Comprende a las lagunas permanentes La Brava y de Los Padres (Figura 4.9).

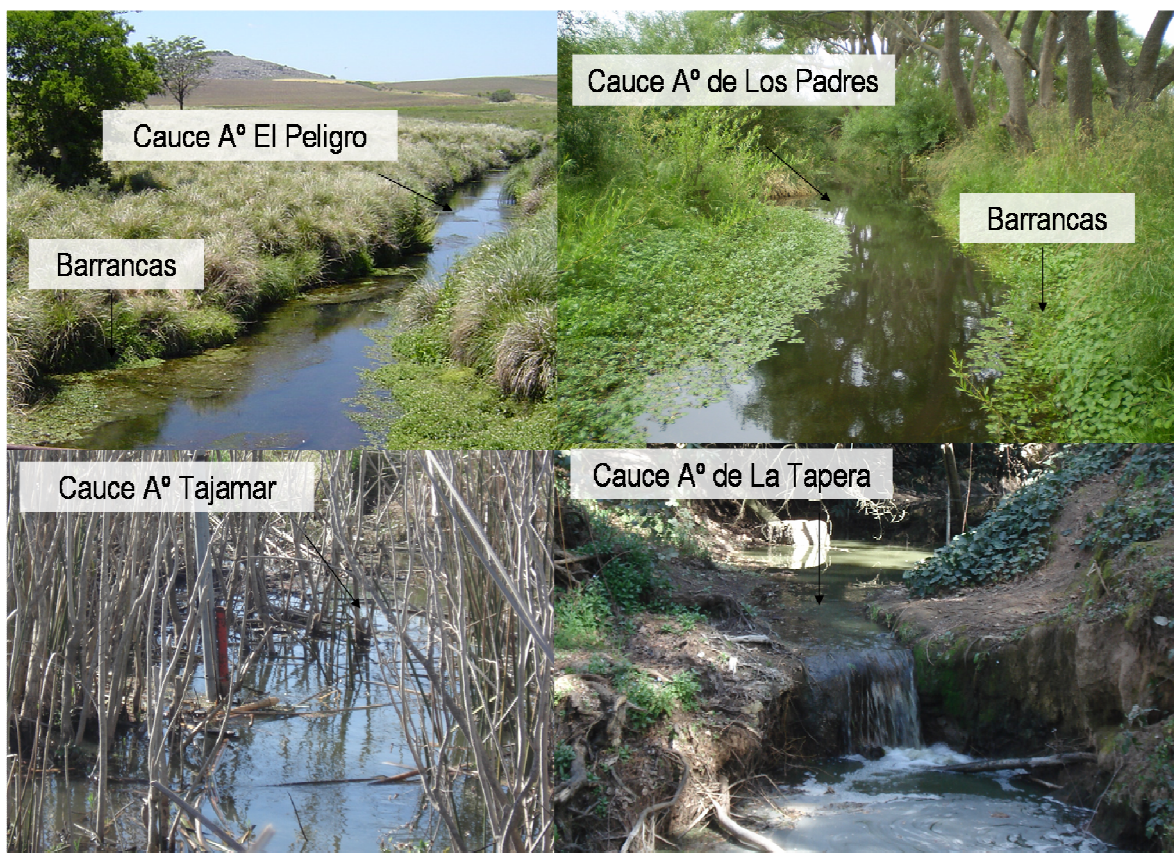


Figura 4.8. Elementos Cauces y Barrancas en los arroyos El Peligro, Los Padres, Tajamar y de La Tapera.

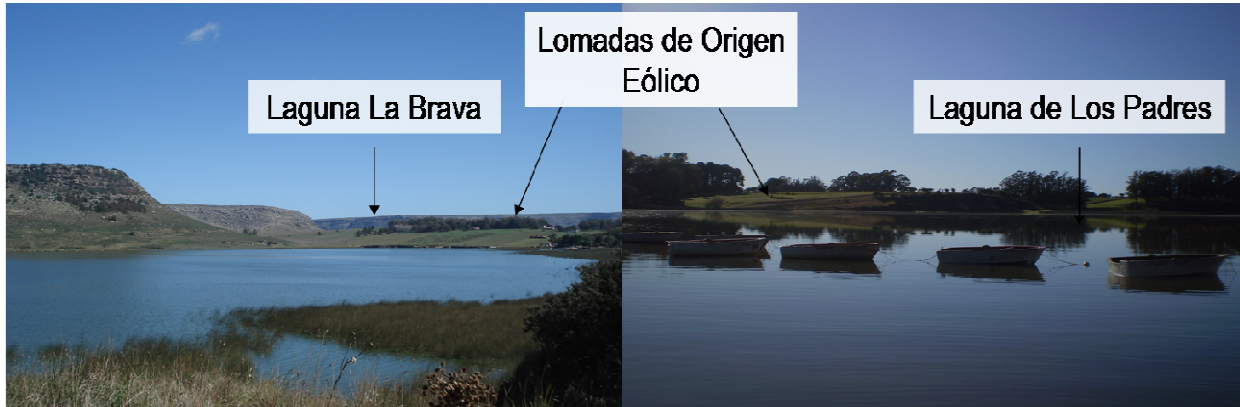


Figura 4.9. Unidad Lomas de Origen Eólico y Elemento Lagunas.

#### *Unidad Planicie Fluvio-Eólica*

Dentro de esta unidad se reconocieron 4 elementos morfodinámicos:

-Elemento Interfluvios: integra el mayor espacio areal del sistema. Se trata de pequeñas elevaciones (0,5 ó 1,00 m) con bajas pendientes y pobre expresión topográfica.

-Elemento Cauces: Drenaje angostos con muy escasa expresión topográfica dada por una pendiente muy suave. En los márgenes de muchos de ellos existe vegetación.

-Elemento Barrancas: Pequeño desarrollo de barrancas, no mayor a los 0,30 m, debido fundamentalmente a la poca pendiente del relieve.

-Elemento Lagunas: Comprende una serie de cuerpos de agua superficial de carácter permanente o intermitente, ubicados principalmente en la zona norte y este del área de estudio. Las lagunas más importantes de la zona son La Invernada y El Encanto, ambas permanentes, de 1.024 y 0,738 km<sup>2</sup> respectivamente. Las lagunas aledañas a éstas son todas intermitentes de entre 0.06 y 0.15 km<sup>2</sup> de superficie (Figura 4.10).



Figura 4.10. Unidad Planicie Fluvio-Eólica y Elemento Lagunas.

#### 4.7.2 Ambiente Urbano

Ocupa un pequeño porcentaje del área total (1,99%), incluye a pequeños asentamientos urbanos: Sierra de Los Padres, Villa La Brava, Santa Paula, El Coyunco, Gloria de La Peregrina y Colinas Verdes (Figura 4.11). Todos estos establecimientos están conectados por la Ruta 226. Según el INDEC, domina la población rural: dispersa (38,7%) y agrupada (37,79%) en estas pequeñas localidades (Sagua *et al.*, 2008). Las actividades antrópicas modificaron algunas de las características preexistentes de esta porción del territorio.



Figura 4.11. Ambiente urbano.

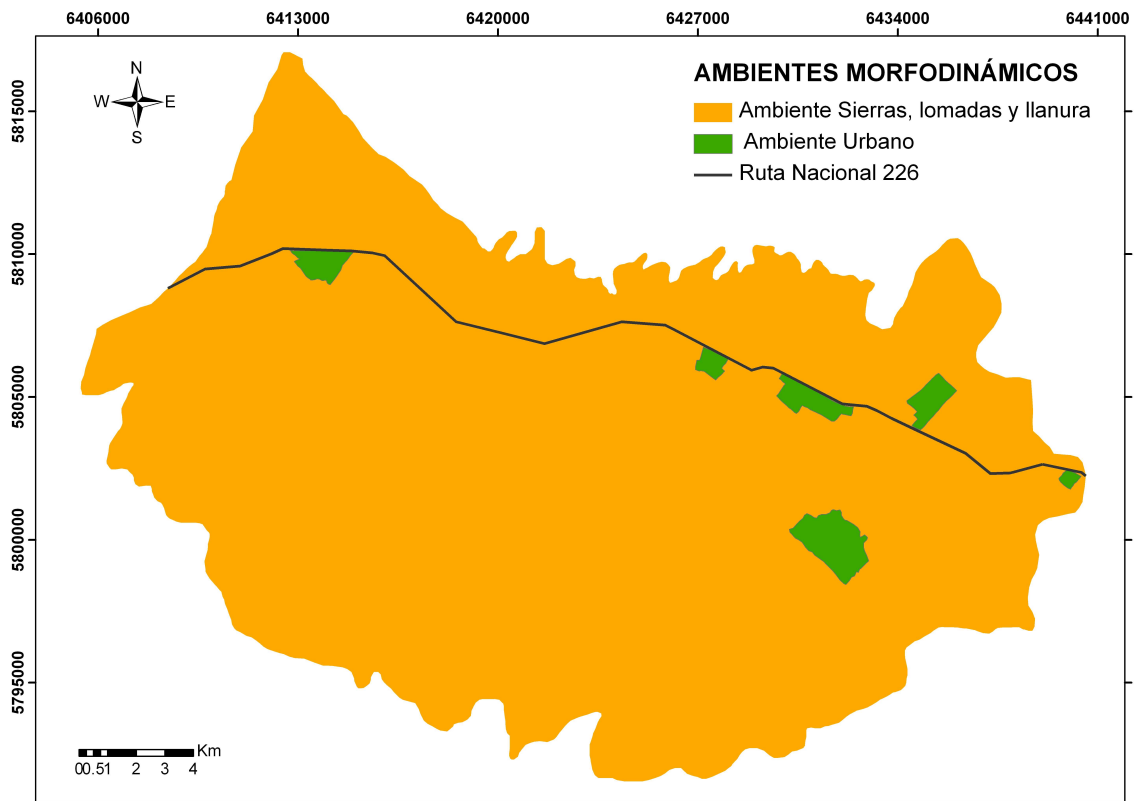


Figura 4.12. Mapa de Ambientes Morfodinámicos en el área de estudio (escala regional)

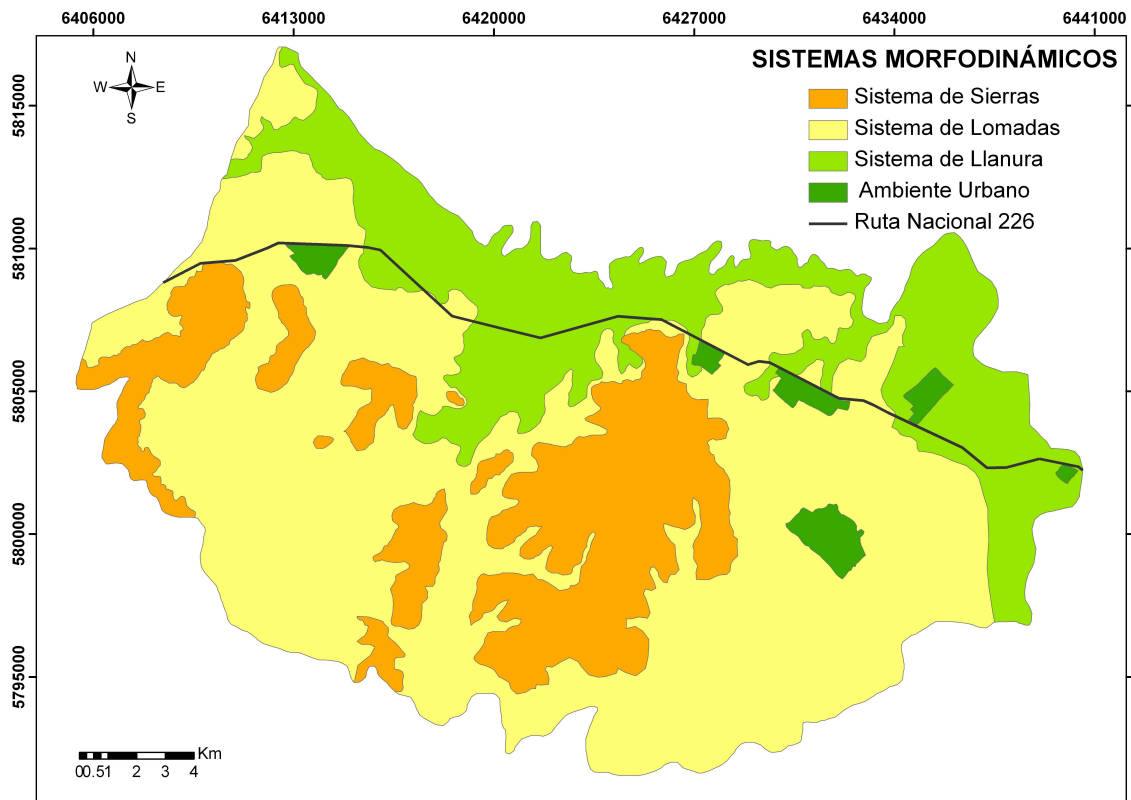


Figura 4.13. Mapa de Sistemas Morfodinámicos en el área de estudio (escala regional).

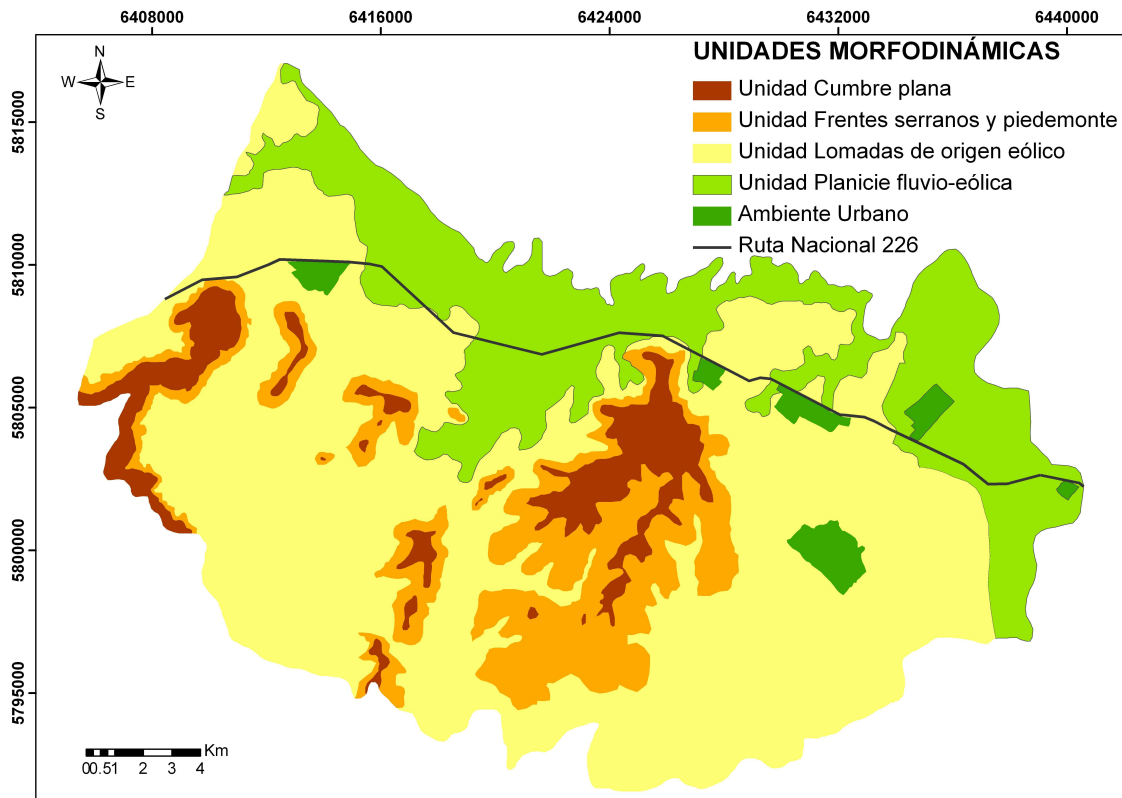


Figura 4.14. Mapa de Unidades Morfodinámicas en el área de estudio (escala regional).

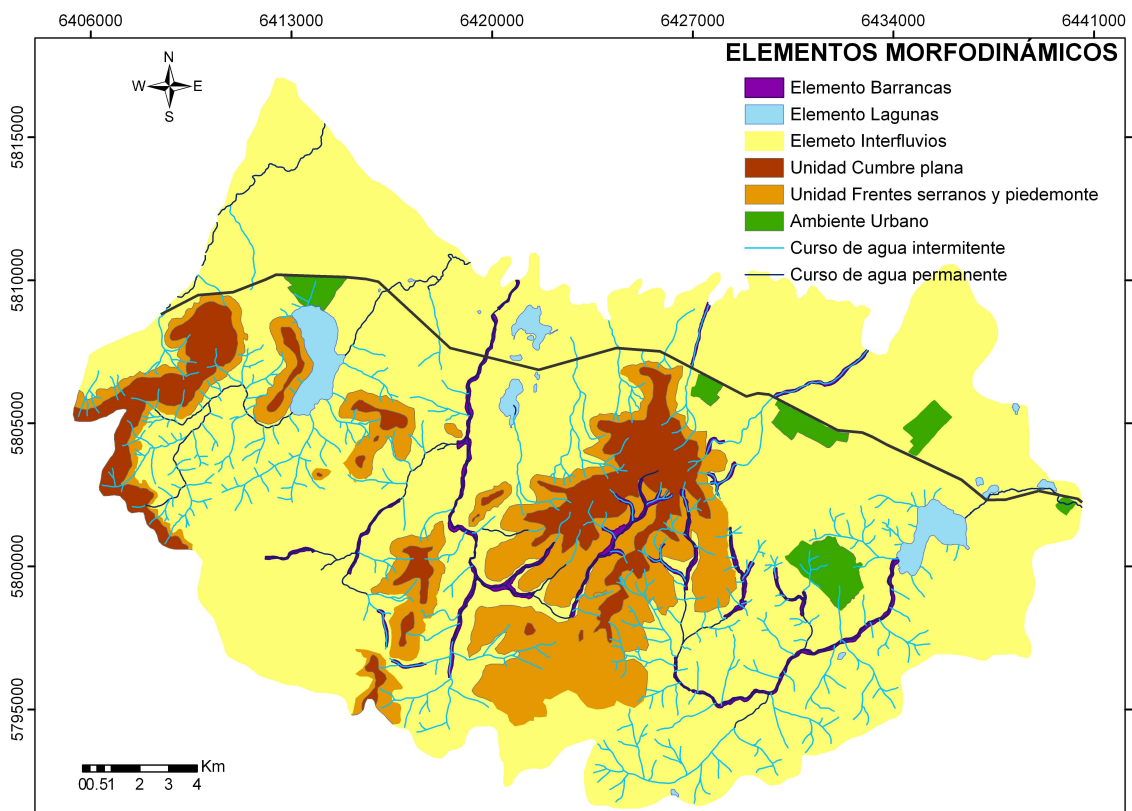


Figura 4.15. Mapa de Elementos Morfodinámicos en el área de estudio (escala regional).

## 4.8 SUELOS

### 4.8.1 Cobertura, capacidad y tipo de suelos

Los suelos más representativos del área corresponden al Orden Molisoles, Suborden Udoles y Gran Grupo Argiudoles, del sistema de clasificación "Soil Taxonomy" del Servicio de Conservación de Suelos de USA (USDA, 1999). Son suelos minerales oscuros y ricos en bases, casi todos ellos tienen un horizonte superficial muy oscuro, de variada fertilidad y profundo. Pueden tener un horizonte subsuperficial argílico, nátrico o cálcico (Hurtado *et al.*, 2005).

Los suelos que predominan en la zona pertenecen a la serie Mar del Plata (MP), éstos son Argiudoles típicos. Se caracterizan por poseer un horizonte de acumulación de arcilla relativamente delgado y en el cual el porcentaje de la misma decrece rápidamente con la profundidad. Además, presentan escasas evidencias de exceso de humedad en los primeros 40 cm, son profundos y de texturas intermedias. También se reconocen suelos pertenecientes a la serie Sierra de Los Padres (SP), en la cual dominan los Hapludoles líticos. Éstos tienen el perfil interrumpido por un nivel rocoso a menos de 50 cm de profundidad, sólo constan de un horizonte A en contacto con el sustrato consolidado que limita la profundidad del suelo, impidiendo la normal percolación del agua y la exploración radicular. En la parte cuspidal de las sierras existe rocosidad aflorante, pedregosidad superficial y suelos muy someros (Hurtado *et al.*, 2005).

De acuerdo a la capacidad de uso de suelo se tienen las siguientes clases (INTA, 1989) (Figura 4.16):

**Clase I:** suelos sin limitaciones para uso agropecuario. Requieren prácticas de manejo tradicionales para mantener su productividad, están desarrollados especialmente en lomas y lomadas loessicas.

**Clase II:** suelos con leves limitaciones para el uso agropecuario. Son moderadamente susceptibles a la erosión eólica y/o hídrica, relacionado con la pendiente o exceso de humedad, y requieren sistemas especiales de manejo para la labor agrícola.

**Clase III:** suelos con moderadas limitaciones para el uso agropecuario. Presentan problemas de erosión motivados por las mismas causas que en la clase II.

**Clase IV:** suelos con severas limitaciones para el uso agropecuario. Presentan problemas resultantes de la escasa profundidad, altas pendientes y/o presencia de tosca.

**Clase V:** suelos no aptos para la agricultura y con limitaciones para el uso pecuario. Presentan serias limitaciones debidas al exceso de humedad y se encuentran en bajos sometidos a anegamiento semipermanente.

**Clase VI:** suelos no aptos para la agricultura y con severas limitaciones para uso pecuario, debido al exceso de humedad y contenido de sodio.

**Clase VII:** suelos no aptos para la agricultura y con muy severas limitaciones para uso pecuario, por motivos similares a la clase anterior.

**Clase VIII:** suelos no aptos para uso agropecuario. Se encuentran en afloramientos rocosos o cuerpos de agua permanente.

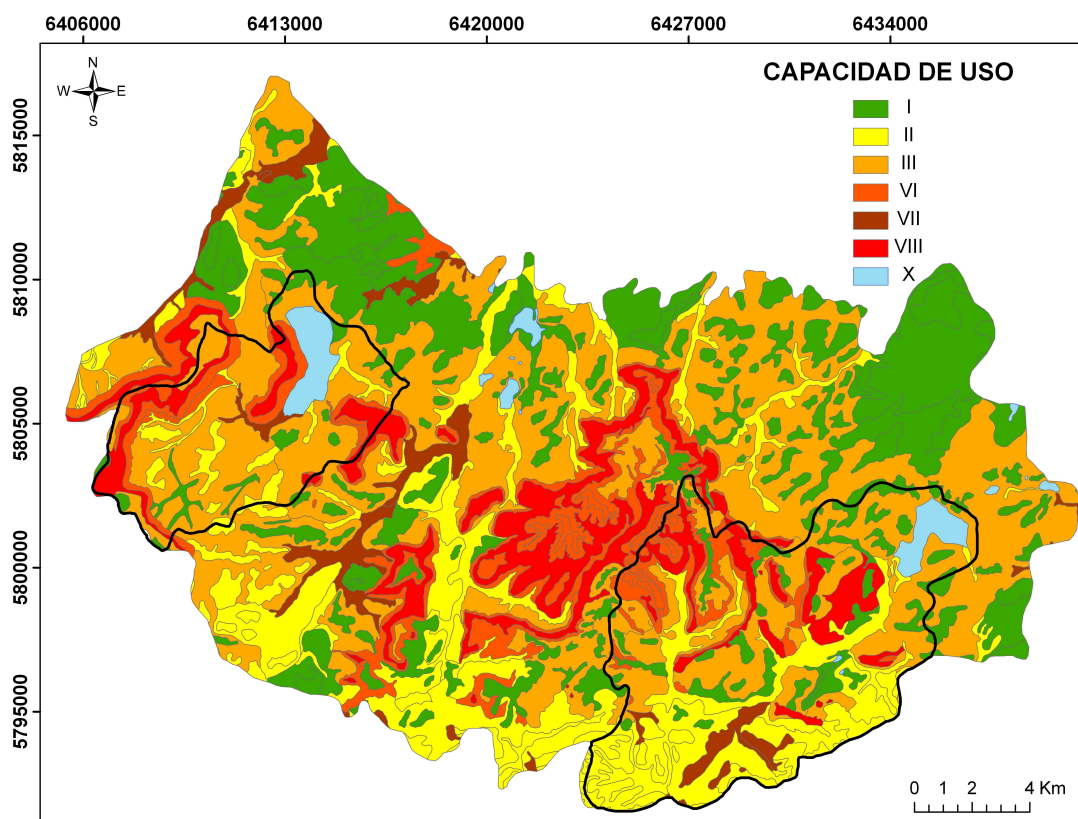


Figura 4.16. Mapa de capacidad de uso de suelos en área de estudio a escala regional. (Modificado de Zelaya y Maceira, 2007).

Con respecto al mapa de capacidad de uso, se destacan en este sector del Corredor Mar del Plata-Balcarce suelos con uso predominantemente agrícola. Se trata de los suelos más altamente productivos, con capacidades de uso de clases I, II y III, correspondientes a suelos sin limitaciones y suelos con leves a moderadas limitaciones para el uso agrícola. Sólo el sistema de sierras presenta suelos con capacidad de uso de clase VIII, siendo éstos no aptos para uso agropecuario. Los suelos con capacidades de uso de clases I y II se encuentran principalmente en el sector N y S, respectivamente, mientras que los suelos de clase III dominan en la mayor parte del área.

En particular en la Cuenca de Laguna La Brava predominan los suelos MP17 (consociación en pendientes cortas y fuertes), coincidiendo con las lomadas del E y el sector bajo del N de la misma, y los suelos MP30 (consociación en pendientes cortas y moderadas) de clase II desarrollados especialmente en las lomadas altas del sector SO y O (Figura 4.17). Ambos con capacidades de uso de clases III. El sistema de sierras presenta suelos R (afloramiento rocoso) de clase VIII y SP7 (asociación en pendientes cortas y moderadas) de clase IV, correspondientes a las unidades morfológicas de cumbres planas y frentes serranos y piedemonte, respectivamente. Los suelos de tipo MP26 (complejo típico de áreas de relieve eólico de acumulación) de clase I, y los MP19 (vías de avenamiento entre lomas pronunciadas) y MP21 (colinado), de clase II, se ubican en sectores aislados de la cuenca. Estos últimos corresponden a suelos con leves a sin limitaciones para uso agropecuario.

En la Cuenca de Laguna de Los Padres en especial, también dominan los suelos MP17 de clase III y los suelos MP27 (colinado con pendientes de 3-6 %) de clase II en el sector S, coincidente con las lomadas. El sistema de sierras en este sector presenta suelos R de clase VIII, correspondientes a la unidad morfológica de frentes serranos y piedemonte, mientras que los suelos SP7 (asociación en pendientes cortas y moderadas, y roca cerca de superficie) y SP9 (pendientes cortas con fuerte inclinación del sector serrano con cobertura variable) de clase IV, son concordantes con la unidad morfológica de cumbres planas de Sierra de Los Padres. Al igual que en la Cuenca de Laguna La Brava, los suelos de tipo MP26 de clase I, y los MP19 y MP21, de clase II, se ubican en sectores aislados dentro de la cuenca.

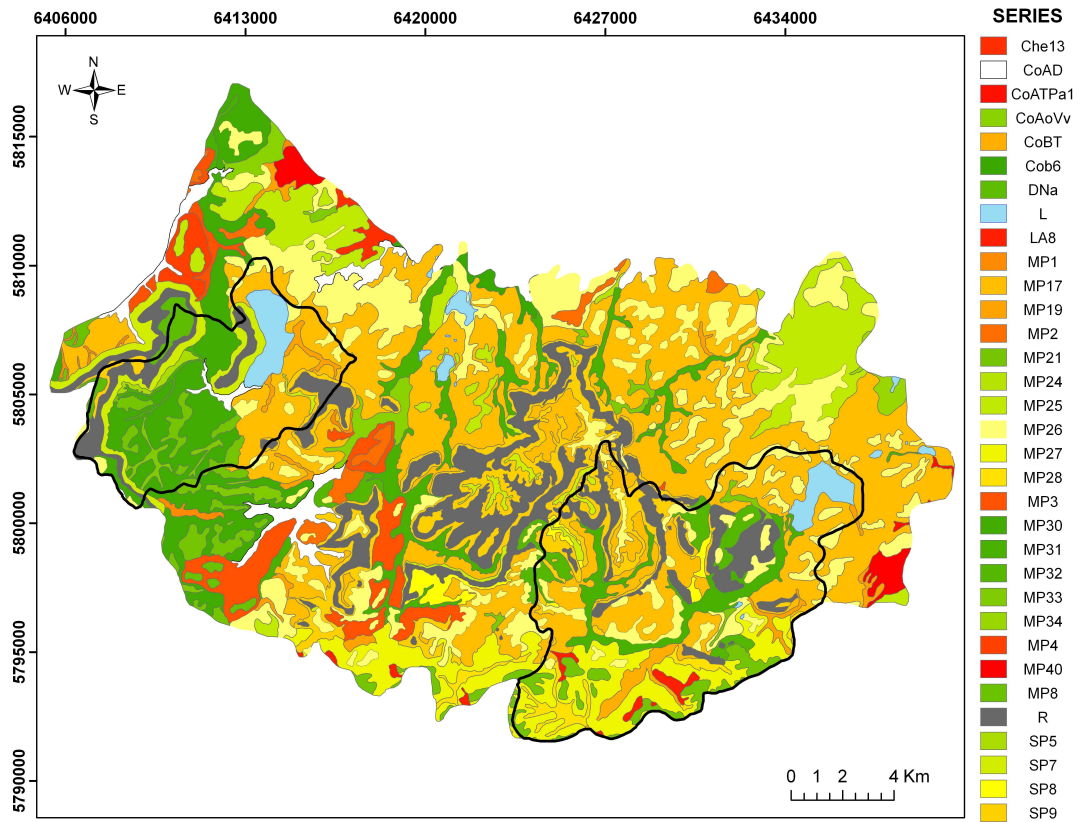


Figura 4.17. Mapa de tipos de suelos en el área de estudio a escala regional. (Modificado de Zelaya y Maceira, 2007).

## CAPÍTULO 5. AGUAS SUPERFICIALES

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Las lagunas someras de la Llanura Pampeana Argentina presentan niveles de agua y salinidad variables. Estas fluctuaciones están naturalmente ligadas a procesos de recarga y descarga local - regional que varían dentro y entre años pudiendo presentar fases extremas de inundación o de sequía. Entre los factores naturales locales que inciden en la variación del nivel de agua, de sales y de nutrientes, se destaca al balance entre la precipitación y la evapotranspiración, así como al área, perímetro y profundidad de cada laguna (Quirós y Drago, 1999; Quirós *et al.*, 2002a; 2002b).

El estudio tanto de las variables biológicas como de los principales parámetros limnológicos permiten establecer interrelaciones que dan una aproximación del comportamiento del ecosistema en su conjunto, necesarios para el desarrollo de herramientas de manejo y restauración (Gulati 1990; Scheffer *et al.* 1993; Meijer y Hospers 1997; Scheffer 1998; Quirós *et al.* 2002a).

En este capítulo se pretende realizar un análisis morfométrico temporal de las lagunas en estudio, caracterizar químicamente el agua superficial (lagunas y arroyos) y evaluar la variación de biomasa de *Schoenoplectus californicus*, la especie vegetal dominante en las lagunas pampeanas, así como también su relación con distintos factores ambientales y morfométricos.

### 5.2 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LAS LAGUNAS

En el estudio de un ambiente acuático resulta esencial conocer sus características morfológicas, no sólo el conocimiento de las formas sino también de las medidas, las cuales deben ser expresadas en forma cuantitativa mediante el uso de parámetros morfométricos significativos. Estos se obtienen a partir de material cartográfico, imágenes de satélite o mediante levantamientos topográficos, planialtimétricos y batimétricos. La información se complementa con fotografías aéreas e imágenes satelitales de la zona de estudio (Dangavs, 1995). La importancia del estudio de la morfometría de un cuerpo de agua continental reside principalmente en que permite suponer como

son las interacciones agua-sedimento, su productividad, intercambio gaseoso, y circulación general del agua, entre otros aspectos (Dangavs, 1976). Además, permite compararlo con otros cuerpos o incluso él mismo en distintas épocas.

Para calcular los parámetros morfométricos se consideran las características más notorias de estos ecosistemas acuáticos, longitud máxima, ancho máximo y medio, perímetro o longitud de línea de costa, área, desarrollo de la línea de costa, volumen, elipsoidad, profundidad máxima y media, entre otros. La relación de magnitudes de estos parámetros determina muchas características de los cuerpos de agua (Dangavs, 1995; Wetzel, 2001).

El continuo avance de los SIG permite que ellos cumplan una función importante en los estudios limnológicos-hidrológicos en lo referente al pre y postprocesamiento de datos. Esto incluye, entre otras actividades, la determinación de la geometría del sistema acuático, la modelación de la variación de recarga con el tiempo, la calibración a partir de los datos de campo y la compilación de los principales parámetros limnológicos, entre otros (Quiroz Londoño *et al.*, 2009). En base a los desarrollos tecnológicos en geoinformática, se ha logrado que los parámetros de forma, tanto de los cuerpos lacustres como de las cuencas que los contienen, se obtengan de forma rápida y confiable utilizando datos altitudinales de diferentes fuentes (Díaz *et al.*, 1999).

### 5.2.1 Metodología

La cartografía digital fue utilizada para calcular los principales parámetros morfométricos de las lagunas en períodos de tiempo diferentes, permitiendo realizar un análisis espacio - temporal de los mismos. La morfometría se definió utilizando información cartográfica (cartas topográficas del IGN) del año 1970 y satelital (Landsat, con una resolución espacial de 27,8 m) de diferentes años (1998, 2002, 2004, 2005 y 2007). El primer paso consistió en la digitalización de los cuerpos de agua con tipología de polígono, a partir de las fuentes de información antes mencionadas. A partir del cálculo del centroide de cada polígono se trazaron los ejes perpendiculares para estimar los distintos parámetros morfométricos de cada una de las lagunas. Los cálculos de los diferentes parámetros morfométricos, así como también los distintos mapas y perfiles, se realizaron utilizando el software SIG ArcGis 9.2 (ESRI, 2007).

Para determinar la batimetría de cada humedal se midió la profundidad máxima en 27 y 29 puntos dentro de las lagunas La Brava y de Los Padres, respectivamente, utilizando una mira

topográfica graduada al centímetro (Figura 5.1). A partir de la información obtenida de la imagen radar Shuttle Radar Topography Mission (SRTM-NASA) para el año 2000, que proporciona datos de elevación a escala global con información topográfica de alta resolución digital, se determinaron las cotas del pelo de agua de las lagunas para los distintos años utilizando las herramientas 3D Analyst/Functional Surface/Surface Spot. La cota del nivel del espejo de agua en cada época, se obtuvo como el valor promedio de la cota correspondiente a los puntos que conforman el contorno de la laguna. Con esta información, sumado a los datos batimétricos, se estimó el volumen de agua.

El volumen que ocupa una masa de agua puede ser determinado computando el volumen de cada estrato horizontal de agua tal como aparece limitado por las diversas isobatas, obtenidas del mapa batimétrico y haciendo la suma de todos los volúmenes de dichos estratos. Se utilizó la fórmula de Penck (Welch, 1948; Dangavs, 1976; 1995), es decir la fórmula del cono truncado ampliamente aplicada a la Limnología (Figura 5.2):

$$V = h/3 \cdot [S1 + S2 + (S1 \cdot S2)^{1/2}]$$

donde V es el volumen y h representa el espesor vertical de cada estrato de agua, dado por la diferencia entre dos isobatas contiguas; S1 es el área de la cara superior del estrato y S2 el área de la cara inferior del estrato de agua.

Se calcularon las áreas circunscriptas por cada una de las isobatas a partir de un proceso preestablecido en la herramienta SIG que calcula áreas, 3D Analyst/Surface Analysis/Area. Con cada uno de los humedales estudiados se realizó el mismo procedimiento. La isobata cero fue siempre el contorno del cuerpo de agua definido a partir de las imágenes de satélite para los distintos años. Al no poseer la batimetría para la serie temporal considerada, se asumió que la cota del fondo de ambas lagunas permaneció constante en el tiempo. Es bien sabido que la composición de los sedimentos de una laguna refleja las características de sus principales fuentes de aporte: fluvial (arroyos afluentes), eólico (principalmente limos provenientes de las lomadas) y lavado en manto (asociado a períodos de fuertes precipitaciones) (Cordini, 1942; Cionchi *et al.*, 1982). El hecho que la mayor parte del sedimento es entrampado en el ambiente deltaico por la vegetación sugiere un escaso aporte fluvial a las lagunas. Así, para el cálculo de los distintos volúmenes se utilizó la batimetría de 2008 realizada para esta tesis.

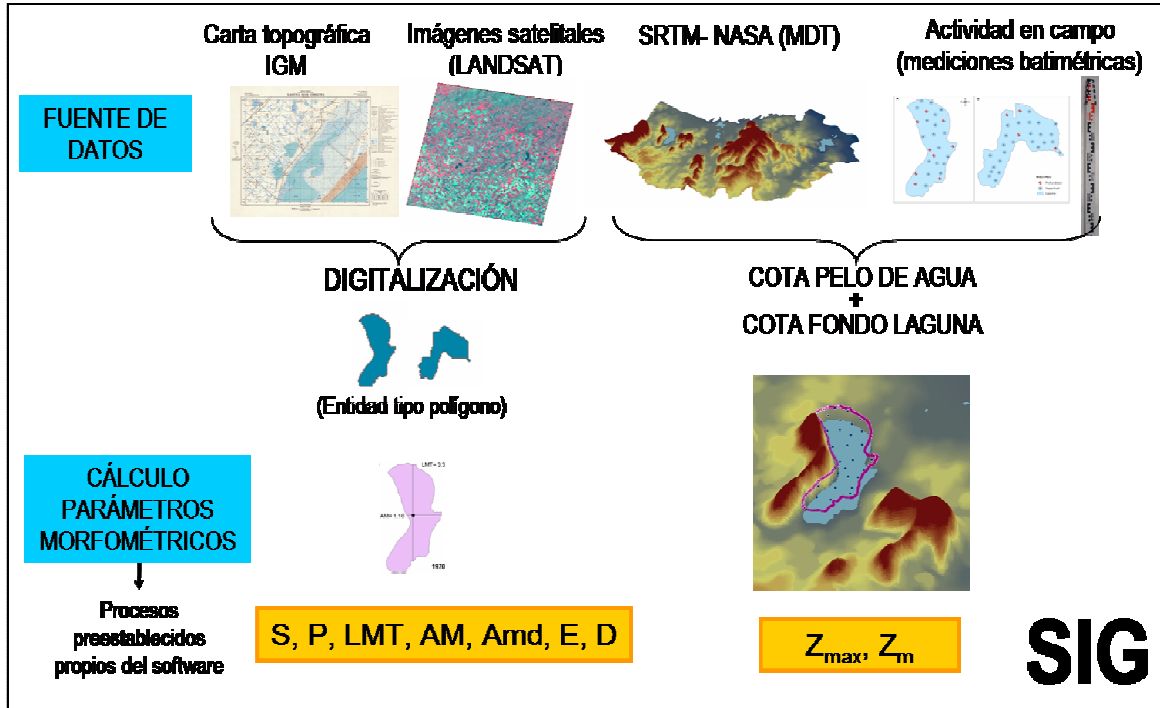


Figura 5.1 . Diagrama de flujo de la metodología aplicada para el cálculo de los parámetros morfométricos en las lagunas.

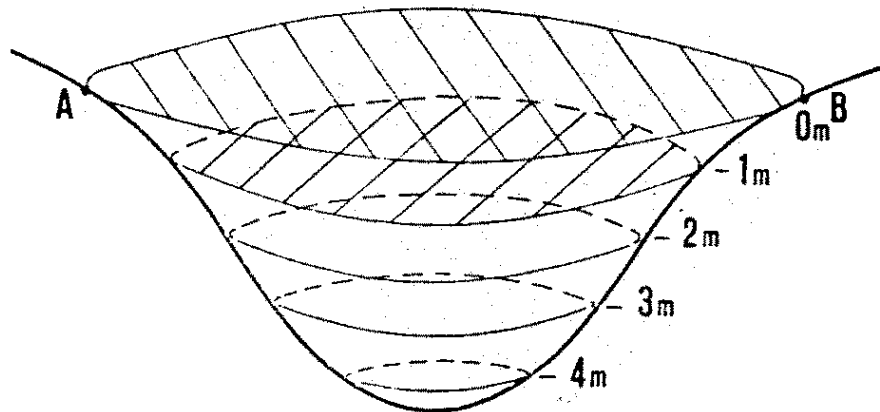


Figura 5.2 . Cálculo del volumen a partir de la Fórmula de Penck.

## 5.2.2 Serie temporal de parámetros morfométricos

Los parámetros más comunes para explicar la morfometría son los que se describen a continuación (Tabla 5.1):

**Tabla 5.1. Breve descripción de los principales parámetros morfométricos.**

PARÁMETRO	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
<b>Longitud máxima total (LMT)</b>		Es la longitud de la línea que conecta los dos puntos más extremos de un cuerpo de agua. Debe representar lo más fielmente la longitud de las aguas abiertas y no deberá cruzar ninguna porción de terreno, a menos que ésta sea una isla. Esta línea es recta en la mayoría de los casos, debido a la forma regular, más o menos ovoide de la mayoría de las lagunas. A veces es curva, tal como en las lagunas en forma de S ó U.
<b>Longitud máxima efectiva (LME)</b>		Es la longitud de la línea recta que conecta los puntos más remotos de un cuerpo de agua, a lo largo de la cual la acción del viento y de las olas se produce sin interferencias de ningún tipo. Los parámetros LMT y LME coinciden en el caso de cuerpos de forma regular, con la salvedad de que no tengan islas situadas de tal modo que efectivamente interrumpen la acción del oleaje. En cuerpos de agua de contorno muy irregular, se dan las máximas diferencias entre ambos términos, sobre todo si éstos tienen islas.
<b>Ancho máximo (AM)</b>		Es la longitud de la línea transversal a la LME que conecta los puntos más extremos del cuerpo de agua, a lo largo de la cual la acción del viento y el oleaje no tienen ninguna clase de impedimentos de terrenos.
<b>Ancho máximo efectivo (AME)</b>		Es la longitud de la línea transversal a la LME que conecta los puntos más extremos del cuerpo de agua, a lo largo de la cual la acción del viento y el oleaje no tienen ninguna clase de impedimentos de terrenos.
<b>Ancho medio (AMd)</b>	$AMd = S/LMT$	Es la medida que se obtiene al dividir la superficie (S) del cuerpo de agua por la longitud máxima total. Se puede establecer también en base al promedio de las medidas del ancho de los diferentes sectores, tomados en forma equidistante y perpendicularmente a la línea de máxima longitud.
<b>Elipsidad (E)</b>	$E = LMT - AM / LMT$	La elipsidad de una cubeta lacustre se expresa por la razón de la diferencia de LMT y AM, a la LMT.
<b>Perímetro o longitud de línea de costa (P)</b>		A veces este parámetro morfométrico se puede determinar directamente por las mediciones de campo; sin embargo, la mayoría de las veces se mide sobre un mapa de escala adecuada.
<b>Profundidad máxima (Zmax)</b>		Es la máxima profundidad conocida y referida a un punto fijo patrón, tal como la cota del espejo de agua, o la altura del agua sobre una escala hidrométrica dada.
<b>Profundidad media (Zm)</b>		La relación Zm:Zmax de lagunas cuyas superficies oscilan entre 12 y 17500 ha es aproximadamente igual a 0,7 (Quirós, 2004).
<b>Desarrollo de línea de costa (D)</b>	$D = P / \sqrt{2\pi \times S}$	Es una medida de la regularidad del contorno de la laguna, es decir, su mayor o menor semejanza al círculo. En líneas generales, a igualdad de las demás condiciones, a mayor desarrollo de línea de costa, mayor productividad biológica manifiestan los cuerpos de agua.

### 5.2.2.1 Laguna de Los Padres

La Laguna de Los Padres posee forma irregular, alargada y orientada en sentido NE-SO. Su contorno es bien definido, con costas bajas en su mayoría aunque existen barrancas en una parte de su perímetro (NE) recubiertas por suelo y pastizales.

Respecto a su morfometría, se puede observar el aumento en todos los parámetros morfométricos en los años 2002 y 2007, debido esencialmente al aumento areal de la laguna como consecuencia de períodos de intensas precipitaciones e incluso inundaciones (Tabla 5.2; Figura 5.3. Para el año 2002 se calcularon los máximos valores de estos parámetros, en comparación con las fechas restantes. En general, a excepción de estos dos períodos de grandes lluvias, no se observaron variaciones morfométricas significativas en el cuerpo de agua.

El desarrollo de la línea de costa fue relativamente variable, mostrando un rango de 0,91 a 1,31 con un promedio de 1,16. En general puede decirse que la línea de costa de esta laguna es bastante regular y cercana en casi todos los casos a 1. Los valores de  $Z_{max}$  para la serie temporal analizada variaron entre 1,48 a 2,20 m con un promedio de 1,80 m. La  $Z_{max}$  medida en 2009 fue de 2,15 m. Las mayores diferencias en los parámetros analizados se encuentran en las profundidades máximas y medias.

**Tabla 5.2. Parámetros morfométricos de la Laguna de Los Padres.**

Parámetro	1970	26/08/1998	16/10/2002	03/03/2004	10/08/2004	16/10/2005	24/02/2007
S (km <sup>2</sup> )	3,02	2,77	3,63	2,81	3,02	2,97	3,49
P (km)	9,70	10,89	16,67	11,88	13,98	11,88	14,67
LMT (km)	2,87	2,85	3,27	2,86	2,89	2,92	3,25
AM (km)	2,08	1,99	2,24	2,20	2,18	2,14	2,17
Amd (km)	1,05	0,97	1,11	0,98	1,04	1,02	1,08
E	2,15	2,15	2,59	2,09	2,14	2,19	2,58
D	0,91	1,11	1,30	1,19	1,31	1,13	1,19
$Z_{max}$ (m)	1,67	1,48	2,20	1,89	1,90	1,51	1,94
$Z_m$ (m)	1,17	1,04	1,54	1,32	1,33	1,06	1,36

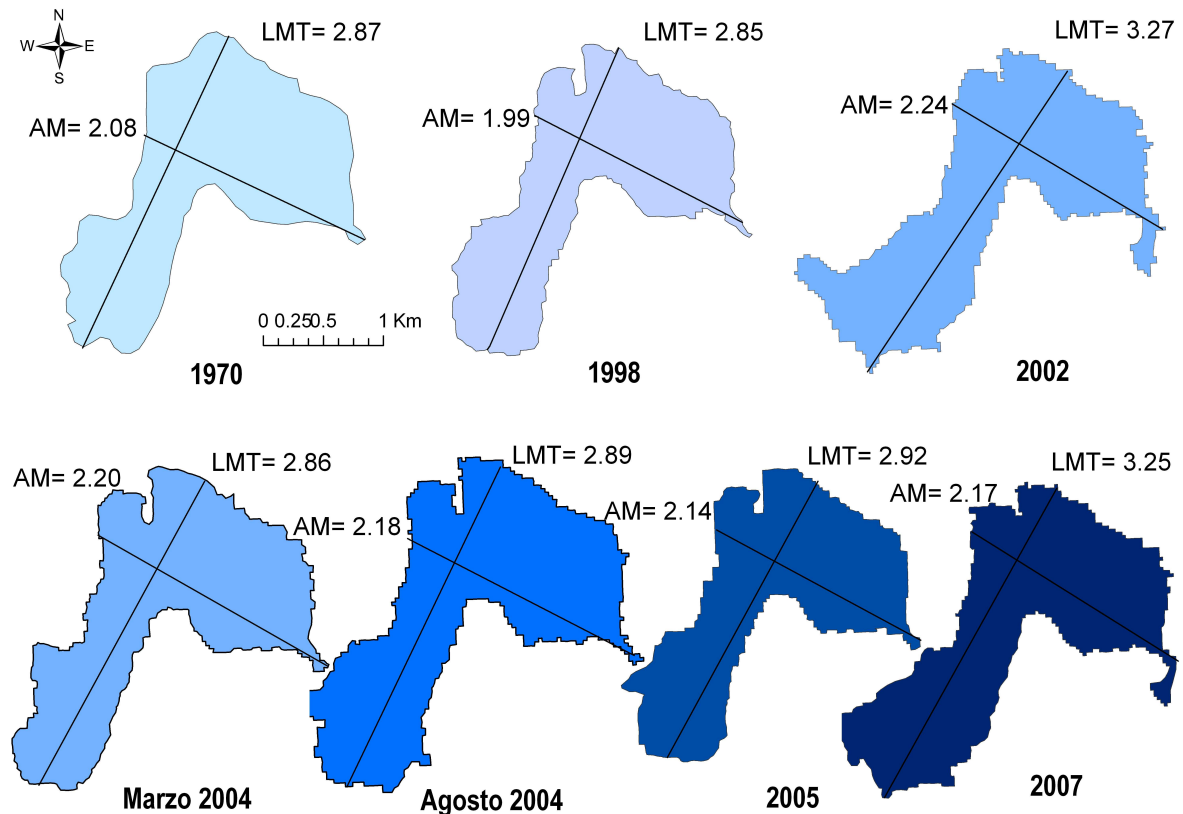


Figura 5.3 . Geoforma, AM y LMT de la laguna de Los Padres en distintos años.

Para la Laguna de Los Padres se dispone de información batimétrica previa (Cionchi *et al.*, 1982), la cual es muy similar a la obtenida en esta tesis, sólo que presenta una isobata de 2,20 m y una profundidad máxima de 2,40 m en la zona central. En el mapa batimétrico actualizado puede observarse el predominio de la isobata de 2 m en la zona central del humedal (Figura 5.4). El sector SO presenta las menores profundidades y una suave pendiente. En esta área se ubica el delta correspondiente a la desembocadura del Arroyo de Los Padres en la laguna homónima y el juncal que se desarrolla en su sector frontal. En el sector N y NO se presentan los gradientes batimétricos más abruptos.

Se realizaron los perfiles altimétricos de la Laguna de Los Padres sobre la longitud máxima total (LMT) y el ancho máximo (AM) de manera de ilustrar las características morfológicas del fondo de la misma (Figura 5.4). Se observó un fondo algo irregular con mayor pendiente hacia los bordes de la laguna. El fondo se interrumpe por el solo hecho de la cercanía de una saliente costera denominada "La Isla" a aproximadamente 350 m de distancia de la costa del perfil NE-SO.

El volumen estimado en la Laguna de Los Padres varió de 1,62 a 2,19 hm<sup>3</sup> con un promedio de 1,89 hm<sup>3</sup>. En 2002 y 2007 el volumen de agua de la misma fue mayor que en el resto de los años considerados. Su variación temporal se visualiza en la Figura 5.5.

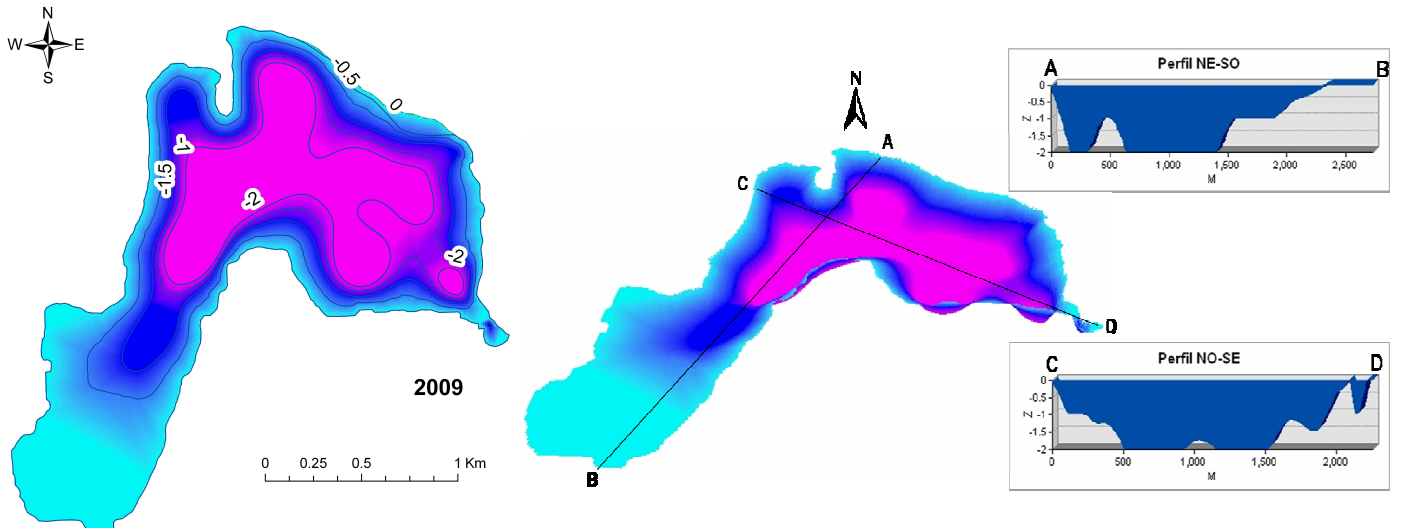


Figura 5.4 . Batimetría y perfiles longitudinal y transversal de la Laguna de Los Padres (2009).

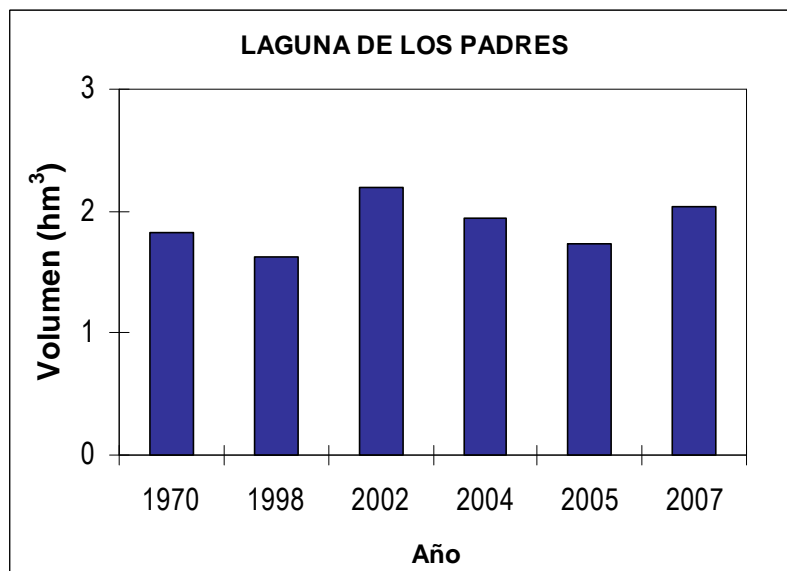


Figura 5.5 . Variación temporal del volumen estimado de la Laguna de Los Padres.

### 5.2.2.2 Laguna La Brava

La Laguna La Brava, por su parte, posee forma irregular, alargada y orientada en sentido N-S. Su contorno es bien definido y posee barrancas que bordean gran parte de su perímetro (N, NE y E), donde puede apreciarse un espesor aflorante de la secuencia de sedimentos loessoides hasta un par de metros (Martínez, 2000) y sectores recubiertos por suelo y pastizales.

Al analizar los parámetros morfométricos calculados en la Laguna La Brava no se detectaron cambios importantes en su morfometría a lo largo de la serie temporal considerada (Tabla 5.3; Figura 5.6). Incluso en períodos muy húmedos mantuvo los valores de estos parámetros relativamente constantes. Tanto los valores de superficie, perímetro y desarrollo de la línea de costa son muy similares, con diferencias que no superan el 10% en ningún caso. En el año 1942, de acuerdo a los valores morfométricos estimados por Cordini (1942), se observó que el humedal tuvo menor tamaño que en los últimos 40 años. Esto podría relacionarse con el hecho que los primeros setenta años del Siglo XX fueron más secos que el período desde 1970.

El desarrollo de la línea de costa indica que el contorno de la laguna es algo irregular teniendo un valor promedio de 1,53. El valor promedio de  $Z_{max}$  para los años considerados varió entre 3,00 y 4,17 m con un promedio de 3,48 m, siendo este parámetro uno de los más variables. La  $Z_{max}$  medida en 2008 fue de 4,10 m. Al igual que lo ocurrido en la Laguna de Los Padres, las mayores diferencias en los parámetros analizados en la Laguna La Brava se encuentran en las profundidades máximas y medias.

**Tabla 5.3. Parámetros morfométricos de la Laguna La Brava.**

Parámetro	1942	1970	26/08/1998	16/10/2002	03/03/2004	10/08/2004	16/10/2005	24/02/2007
S (km <sup>2</sup> )	3,77	4,10	3,90	3,97	3,94	3,93	4,00	3,99
P (km)	10,90	10,80	10,51	10,99	10,63	10,59	11,18	10,81
LMT (km)	4,20	3,39	3,41	3,43	3,41	3,24	3,43	3,42
AM (km)	0,82	1,18	1,14	1,18	1,12	1,19	1,15	1,09
Amd (km)	0,90	1,21	1,16	1,16	1,18	1,18	1,17	1,17
E	0,80	0,65	0,67	0,66	0,67	0,63	0,66	0,68
D	1,58	1,50	1,49	1,56	1,50	1,49	1,58	1,53
$Z_{max}$ (m)	4,17	3,88	3,00	3,38	3,02	3,15	3,19	4,10
$Z_m$ (m)	2,92	2,72	2,10	2,37	2,11	2,20	2,23	2,87

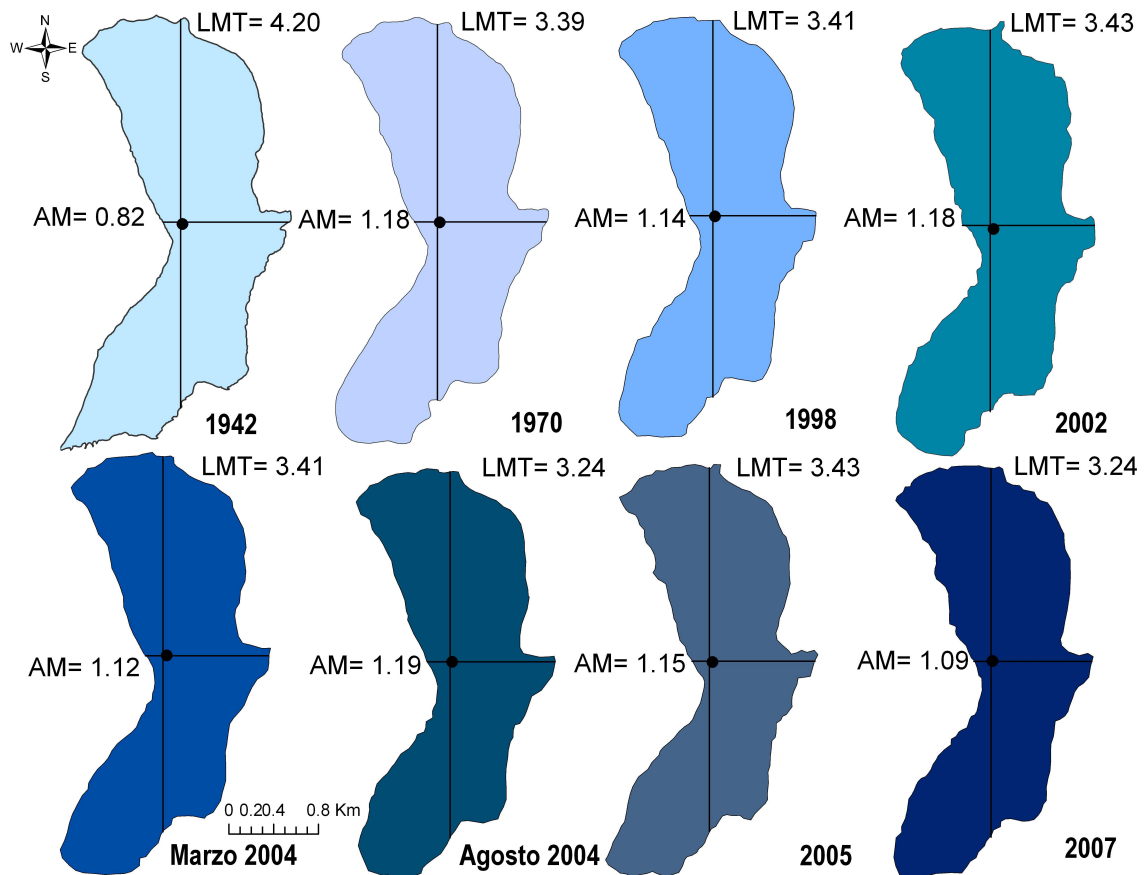


Figura 5.6 . Geoforma, AM y LMT de la laguna La Brava en distintos años.

En la Figura 5.7 se visualizan los mapas batimétricos disponibles para la Laguna La Brava. Se cuenta con información batimétrica previa correspondiente a los años 1942 y 2005 colectada por Cordini (1942) y Lirio *et al.* (2007), respectivamente. En el mapa batimétrico actualizado puede observarse que el sector S de la laguna se corresponde con la zona de menores profundidades y menor pendiente, siendo éste el sector en donde se desarrolla un extenso juncal. Los sectores NO, SE y la zona coincidente con la saliente de la Sierra La Brava presentan los gradientes batimétricos más abruptos. En la región central de la laguna, a lo largo de del eje N-S, se encuentra la zona de mayores profundidades predominando la isobata de 4 m. Al comparar los mapas batimétricos temporales de la Laguna La Brava se observó que en la región central de la laguna a la altura de la saliente de la Sierra la Brava se encuentra la isobata de mayor profundidad (> 4 m).

Al igual que para la Laguna de Los Padres, se realizaron los perfiles batimétricos de la Laguna La Brava sobre la longitud máxima total (LMT) y el ancho máximo (AM). En la Figura 5.7 se observa un fondo homogéneo con una abrupta pendiente en el sector occidental en la cercanía a la

saliente de la Sierra La Brava y una menor pendiente y disminución de la profundidad en dirección E hacia la naciente del arroyo efluente a la laguna La Brava. Tal como puede observarse en el mapa batimétrico, el relieve del fondo es bastante regular, con mayor pendiente hacia los bordes del mismo en sentido de su longitud máxima. El perfil de las dos lagunas estudiadas adopta forma de palangana, característica muy común en la mayoría de las lagunas pampeanas. La pendiente de la zona litoral es más abrupta en la Laguna La Brava en comparación con la Laguna de Los Padres.

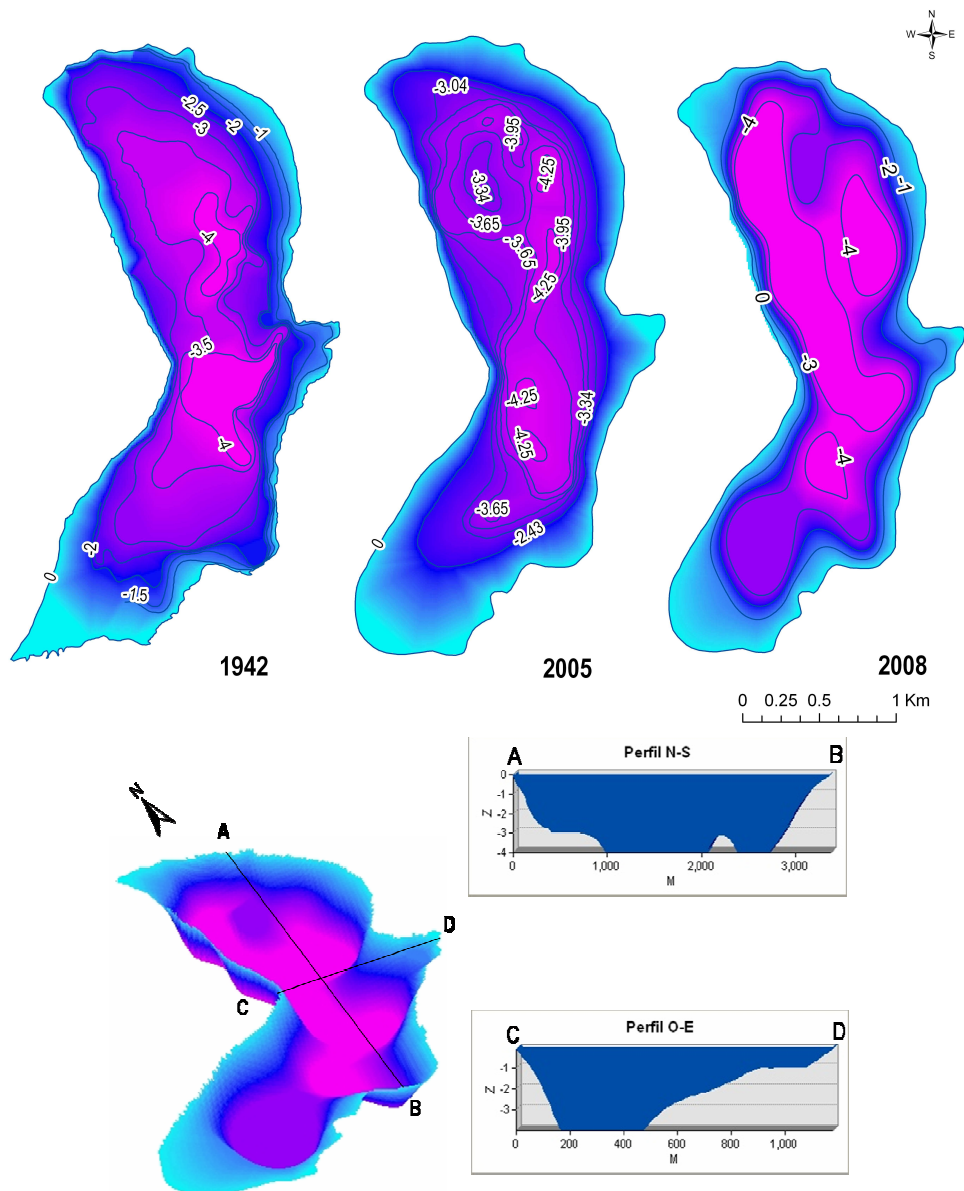


Figura 5.7 . Batimetrías disponibles y perfiles longitudinal y transversal de la laguna La Brava.

El volumen estimado en la Laguna La Brava, en los años considerados, varió de 5,75 a 6,83  $\text{hm}^3$  con un promedio de 6,19  $\text{hm}^3$ . En 1970, 2002 y 2007 el volumen de agua de la misma fue mayor que en el resto de los años. Su variación temporal se visualiza en la Figura 5.8.

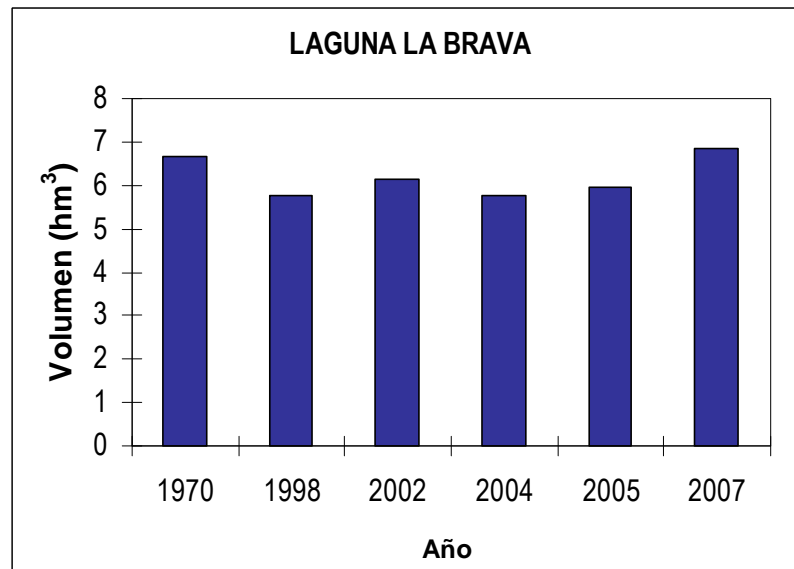


Figura 5.8 . Variación temporal del volumen estimado de la Laguna La Brava.

Para corroborar la influencia del régimen pluviométrico sobre el comportamiento hidrológico de las lagunas se analizaron las precipitaciones correspondientes a la fecha de las imágenes utilizadas para el cálculo de los parámetros morfométricos. Se evidenció una respuesta directa en la morfometría de las lagunas como consecuencia de las intensas precipitaciones registradas en los meses de octubre de 2002 (263 mm) y febrero de 2007 (238 mm), las cuales superan en 150 mm a la media histórica mensual 1985-2008 para dichos meses. Así, el aporte de agua a las lagunas durante estos fenómenos de lluvias estaría dado por la escorrentía superficial desde sus márgenes y el caudal proveniente de sus arroyos afluentes.

Si bien éste resulta ser un análisis muy general respecto a la influencia de la precipitación en el régimen hidrológico de ambas lagunas, un estudio más detallado con registros diarios de la precipitación en la zona y del nivel del pelo de agua en cada cuerpo de agua sería necesario para confirmar dicha influencia. Por tal motivo, desde febrero de 2011 se han instalado seis equipos en las lagunas y en sus arroyos afluentes y efluentes a las mismas para la medición automática y registro continuo de las variaciones del nivel (Ver Capítulo 11, Apartado 11.4).

De acuerdo al análisis morfométrico realizado para ambas lagunas puede concluirse que las dos son muy distintas entre sí. Además de las diferencias de tamaño existentes entre las mismas, las mayores variaciones se encuentran en las profundidades máximas y medias (en promedio 3,48 y 2,44 m, y 1,80 y 1,26 m en La Brava y Los Padres respectivamente), así como en el volumen de agua almacenada que, como se puede apreciar es el triple en la Laguna La Brava que en la Laguna de Los Padres. Una explicación a estas diferencias morfométricas es una precipitación anual mayor en la zona de la Laguna La Brava (Ver Capítulo 3) lo que se refleja en un mayor volumen de agua entrando al sistema. Otro factor importante es la presencia de barrancas que definen el contorno de las lagunas. En la Laguna de Los Padres las mismas se restringen al sector NE y son de escasa altura, permitiendo que ante eventos de máxima lluvias se inunden las áreas aledañas y en consecuencia aumente su área y perímetro. Por el contrario, en la Laguna La Brava la presencia de barrancas en casi todo su perímetro (> 2,5 m de altura) ocasiona que ante precipitaciones intensas el tamaño de la laguna no se modifique pero sí su volumen y profundidad.

Conocer el perímetro de una laguna resulta de importancia ya que cuanto mayor es el valor del mismo mayor es el área rivereña disponible para el desarrollo de actividades. En este sentido, la Laguna de Los Padres presentó el mayor perímetro, en promedio 12,81 km. La Laguna La Brava, por su parte, tiene un perímetro promedio de 10,80 km y, además, gran parte de éste está constituido por la sierra homónima. Respecto al desarrollo de la línea de costa, éste define principalmente la diversidad de hábitats disponibles en una laguna y la magnitud del área colonizable por macrófitas (Dangavs, 1995). Si bien la Laguna de Los Padres posee un menor valor de desarrollo de línea de costa, la existencia de una zona litoral extensa y de suave pendiente, favorecería el desarrollo de vegetación acuática emergente en comparación con la Laguna La Brava.

### **5.3 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUPERFICIAL**

La composición química de las aguas superficiales del mundo es muy variable y depende de las influencias iónicas del drenaje y del intercambio con los terrenos circundantes, de fuentes atmosféricas derivadas de las rocas del suelo, los océanos, las actividades humanas, y el equilibrio e intercambio de sedimentos dentro de la masa de agua. Existen tres mecanismos principales que regulan la salinidad del agua continental (Gibbs, 1970; Drago y Quirós, 1996; Wetzel, 2001): la meteorización de las rocas (las aguas están en equilibrio parcial con los materiales de la cuenca de

drenaje y predominan los iones bicarbonatos y carbonatos), la precipitación atmosférica (en ambientes continentales cercanos al mar con dominancia de sodio y cloruros provenientes principalmente de los océanos), y por último, el equilibrio entre precipitación y evaporación, (es el más importante en las cuencas arreicas y en cuerpos de agua localizados en regiones cálidas y áridas).

Una particularidad en la región pampeana es que ésta no posee un régimen de precipitación estable y son frecuentes los ciclos de sequía-inundación interanuales (Ameghino, 1986) que se reflejan profundamente en el funcionamiento de las lagunas dada la fuerte dependencia de éstas con diferentes fases del ciclo hidrológico (precipitaciones, infiltración, evaporación, escurrimiento, etc.) (Fernández Cirelli y Miretzky, 2002; Quirós, 2005; Sosnovsky y Quirós, 2006). Esto genera una amplia variabilidad de situaciones cambiantes, en cortos periodos de tiempo, en las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua (Quirós y Drago, 1999). Ello conlleva a que las aguas continentales sean mucho más dinámicas e inestables, por lo que la cantidad y calidad de agua conforma un factor clave (Grosman, 2008). Existen referencias de cambios de salinidad en base a modificaciones del régimen hídrico que en excesos genera la dilución, disminuyendo la concentración de sales presentes, o caso contrario en situaciones de sequía, condicionando diferentes escenarios (Olivier, 1959; Quirós, 2005; Fernández Aláez *et al.*, 2006). Así, una laguna puede diluirse o concentrarse apreciablemente entre años sucesivos.

### 5.3.1 Metodología

Se llevó a cabo un muestreo estacional de agua en las lagunas La Brava y de Los Padres durante un año (primavera de 2007- primavera 2008) y además, al inicio y final del verano de 2009 coincidiendo con los muestreos de vegetación palustre. Se seleccionaron 3 puntos representativos en la Laguna La Brava y 4 en la Laguna de Los Padres. También se muestrearon los arroyos Los Padres (SLP) y El Peligro (SEP), afluentes de la lagunas de los Padres y la Brava respectivamente, y los arroyos La Tapera (SLT) y Tajamar (STJ), efluentes de las mismas. Además, para realizar una caracterización regional de los cursos de agua del área de tesis, se tomaron muestras de los principales arroyos de la zona: A° Vivoratá (SVI) en donde drena sus aguas el A° Tajamar, A° Peredó (SPE) afluente del anterior y el A° San Pedro de la Vigilancia (SSP) que nace en la Sierra

La Vigilancia. En total se colectaron 22 muestras de agua en la Laguna La Brava, 28 muestras en la Laguna de Los Padres y 23 muestras en los arroyos de la zona (Figura 5.9).

Para conocer la variación espacial y en profundidad de los parámetros limnológicos se realizó un muestreo en cada laguna en un solo día, en el mes de noviembre de 2008 y de 2009 (para las lagunas La Brava y Los Padres, respectivamente) entre las 9:00 AM y las 18:00 PM. Se definió una malla de muestreo en cada cuerpo de agua que consistió en 27 y 29 puntos distribuidos regularmente, en La Brava y Los Padres respectivamente (Figura 5.10). En todos los puntos se tomaron muestras para análisis químico y se midieron *in situ* temperatura, pH y conductividad eléctrica absoluta (CE). Estos tres parámetros se determinaron a 5 profundidades diferentes (0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m y 4 m) en La Brava y a 3 profundidades (0,5 m, 1 m y 2 m) en Los Padres. Además, se seleccionaron 9 y 4 puntos en las lagunas La Brava y Los Padres respectivamente en los cuales se colectaron muestras a la máxima profundidad para su análisis químico, utilizando para el muestreo en profundidad una botella de tipo Van Dorn.

En cada punto de muestreo se recolectó 1 l de muestra en envase de plástico el cual fue llenado con la precaución de no dejar burbujas de aire. Las mismas se llevaron al laboratorio para obtener: alcalinidad total, nitratos, fósforo total (PT), iones conservativos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Cl}^-$ ) y dinámicos ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{-2}$ ), dureza total y residuos sólidos. A las muestras de las lagunas se les determinó además oxígeno disuelto (OD, método de Winkler) y  $\text{DBO}_5$ . Las mediciones de los parámetros químicos se hicieron en el Laboratorio de Hidroquímica del Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, siguiendo la metodología detallada en APHA (1992). Los métodos utilizados para los análisis químicos de aguas fueron: cloruros por el método de Mohr, sulfatos por turbidimetría, calcio y magnesio por titulación complejométrica con EDTA, sodio y potasio por espectrometría de llama, carbonatos y bicarbonatos por titulación potenciométrica, sílice por el método de silicomolibdato, flúor mediante el método de circonil cloruro, nitratos por el método de la brucina y PT por el método del Ácido Ascórbico, previa digestión con persulfato ácido.

Tanto en los muestreos en profundidad como en los estacionales se midieron *in situ* profundidad y transparencia (disco de Secchi), pH, CE y temperatura utilizando una sonda multiparamétrica Hanna HI9828 con una precisión de  $\pm 0,15$  °C para temperatura,  $\pm 0,02$  para pH y  $\pm 1,0$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  para CE. Para los arroyos se obtuvieron *in situ* mediciones de temperatura del agua utilizando un termómetro de mercurio, pH mediante peachímetro de campo Luftman P300 y conductividad eléctrica con conductímetro de campo Luftman C400. La información hidroquímica fue analizada mediante una caracterización estadística general y diagramas convencionales de Piper

(Hem, 1992), utilizando el paquete de computación AQUACHEM 4.0 (Calmbach y Waterloo Hydrogeologic Inc., 2003). Además, se elaboraron mapas de isovalores usando ArcGIS 9.2. Todas las estaciones de muestreo se localizaron por medio de un GPS Garmin eTrex Vista.

Para la evaluación del estado trófico de las lagunas se compararon los datos obtenidos de con unos valores fijos propuestos por OCDE (1982), en base a la media anual de fósforo total (PT, ug/l) y la profundidad media anual de visión del disco de Secchi (m).

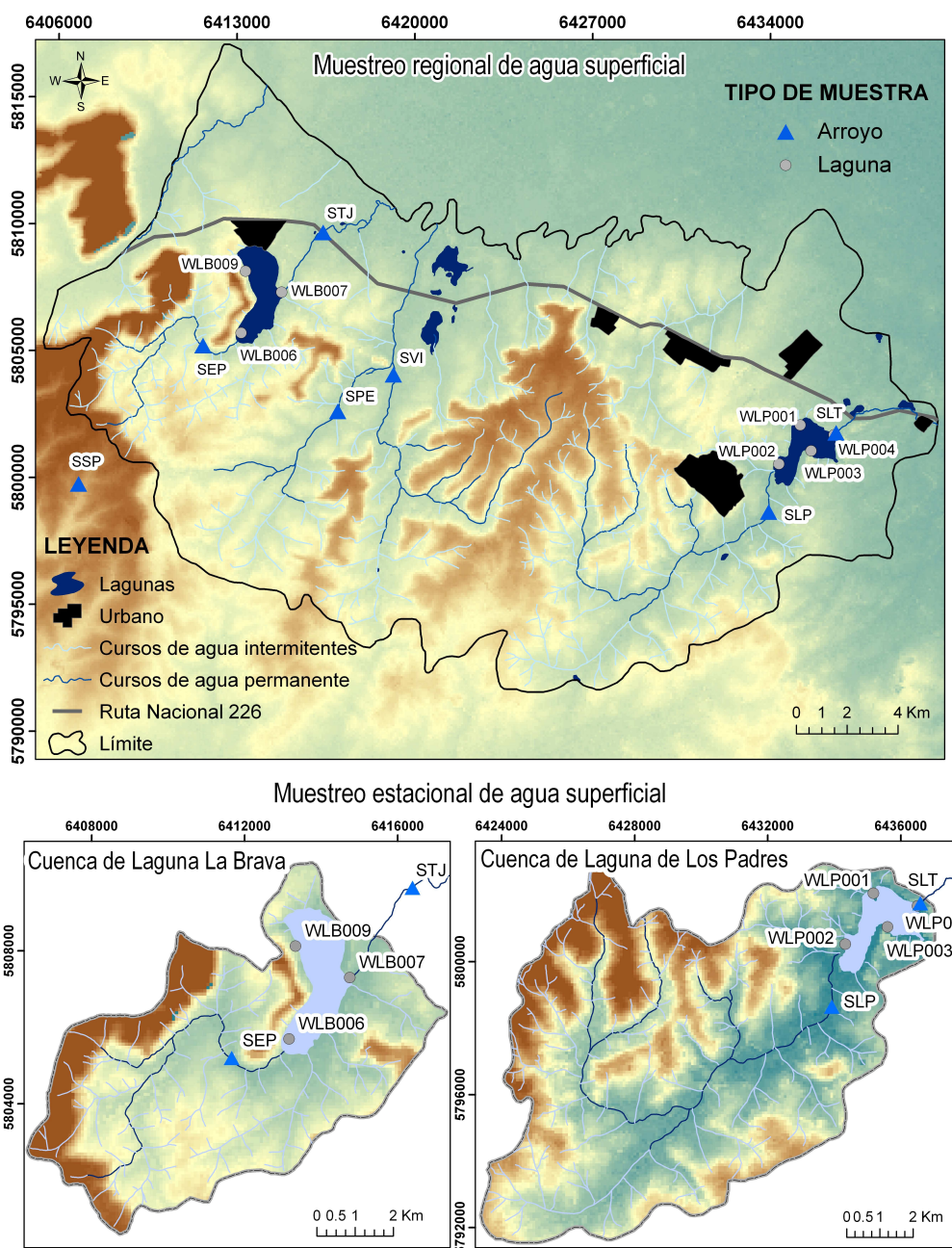


Figura 5.9 . Sitios de muestreo de aguas superficiales.

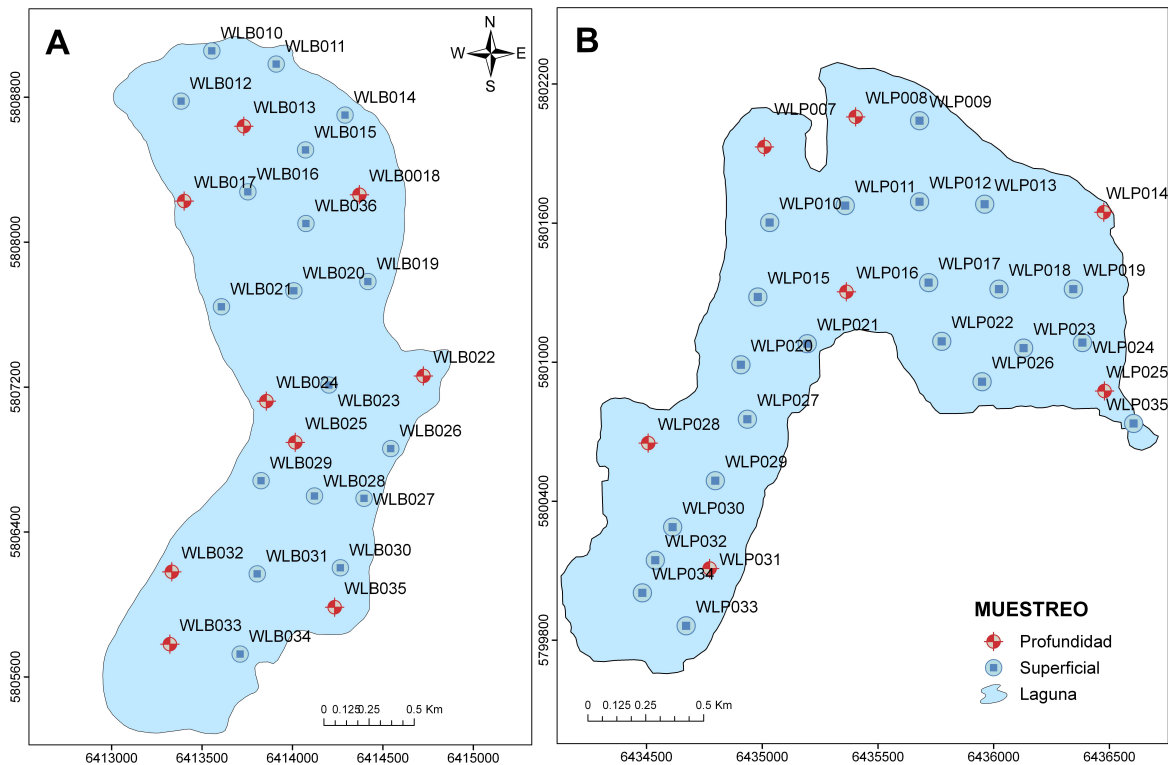


Figura 5.10 . Muestreo de agua en superficie y en profundidad en las lagunas A) La Brava y B) de Los Padres.

Los parámetros físico-químicos de cada una de las muestras de agua superficial recolectadas se presentan en el Anexo I. La información físico-química de las muestras de agua colectadas de las lagunas a distintas profundidades se muestra en el Anexo II.

### 5.3.2 Lagunas

#### 5.3.2.1 La Brava

##### 5.3.2.1.1 *Contenido iónico del agua*

###### 5.3.2.1.1.1 Variación estacional

En la Figura 5.11 pueden observarse las variaciones estacionales en el contenido iónico de las muestras de agua de la Laguna La Brava. Aquellas colectadas en otoño fueron de tipo Na-

HCO<sub>3</sub>-Cl, mientras que durante los meses de invierno el agua del humedal fue Na-HCO<sub>3</sub>. En general, en primavera las muestras se volvieron algo más magnésicas y cloruradas siendo aguas de tipo Na-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl. En verano el agua fue principalmente Na-HCO<sub>3</sub>-Cl, aunque se evidenció variación en su composición catiónica con aguas de tipo Na, Na-Ca y en menor medida Na-Mg. La dureza del agua presentó un gradiente creciente desde el otoño hacia el verano variando de 121,2 a 178,8 mg/l.

Como tendencia general se detectó en los meses de verano un incremento en la mayoría de los iones en comparación con el resto de las estaciones (Tabla 5.4), evidenciando una concentración del agua de la laguna como consecuencia de una baja precipitación, con registros anuales por debajo de la media del módulo 1985-2008 (Ver Capítulo 3), y del incremento de la temperatura. También confirma este patrón un aumento en TDS (Figura 5.12) y una disminución en la profundidad de la columna de agua y en la transparencia de la misma (Ver Apartado 5.3.2.1.2).

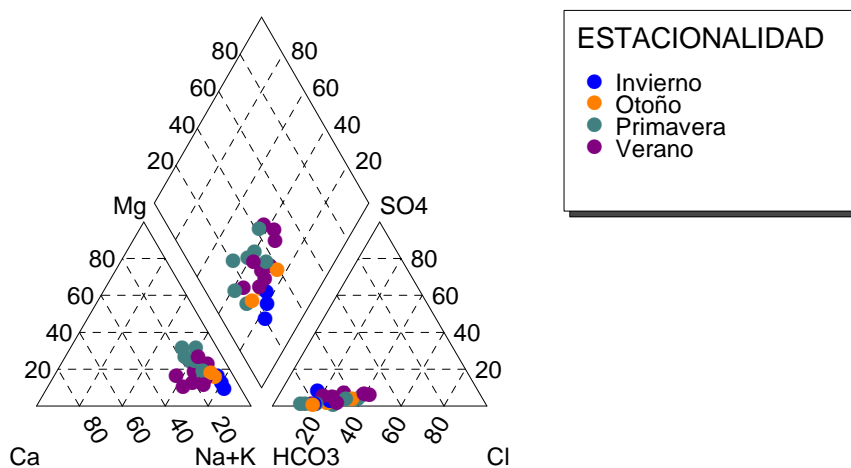


Figura 5.11 . Variación estacional de la composición iónica de la Laguna La Brava.

Tabla 5.4. Parámetros estadísticos del contenido iónico de la Laguna La Brava durante un ciclo anual.

Parámetro	OTOÑO				INVIERNO				PRIMAVERA				VERANO			
	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	18,1	18,1	18,1	0,0	15,3	23,5	19,0	4,2	20,2	30,9	25,5	3,2	19,6	61,0	36,1	13,8
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	18,4	19,6	18,8	0,7	15,7	19,3	17,8	1,9	20,0	38,9	26,1	6,3	8,8	30,3	21,1	6,5
Na <sup>+</sup> (mg/l)	142,7	162,0	149,1	11,1	165,2	265,8	214,0	50,4	82,0	164,0	118,1	29,2	92,0	220,0	155,0	42,7
K <sup>+</sup> (mg/l)	7,0	8,1	7,6	0,6	6,7	7,2	6,9	0,3	5,8	14,8	8,5	3,1	5,1	8,7	7,6	1,2
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	75,4	106,8	90,1	15,8	56,5	59,7	57,6	1,8	42,5	95,9	70,1	18,2	89,7	159,0	112,9	26,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	266,2	575,7	468,5	175,3	282,2	465,5	388,1	94,9	218,3	636,7	392,7	147,2	255,6	808,5	461,7	185,3
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0,0	53,3	17,8	30,7	0,0	63,9	21,3	36,9	63,9	169,8	98,0	37,0	0,0	106,5	54,4	44,4
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	3,0	13,0	9,4	5,6	4,1	41,0	18,1	20,0	2,7	15,3	8,7	4,8	10,2	33,0	24,3	8,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	2,3	1,8	0,7	1,0	9,5	2,4	3,2	0,0	1,0	0,8	0,4

Referencias: Min: mínimo; Max: máximo; DE: desvío estándar; Temp: temperatura.

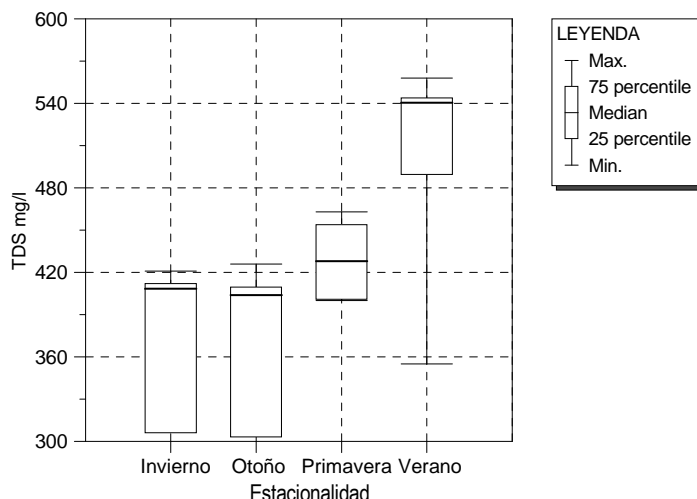


Figura 5.12 . Variación estacional de TDS en la Laguna La Brava.

Las mediciones de OD resultaron muy variables a lo largo del período de muestreo (Figura 5.13), sin detectarse dependencia de este parámetro con la temperatura ni con la salinidad del agua. El rango de fluctuación fue de 4,10 a 14,62 mg/l con un promedio de 7,95 mg/l. Considerando los valores promedio obtenidos en cada estación del año (siempre > 7,00 mg/l), este ambiente acuático presenta una concentración de OD adecuada para la vida de la gran mayoría de los organismos acuáticos. Sólo en otoño se detectó un sitio de muestreo con una condición de hipoxia. La misma podría deberse al momento de la toma de la muestra (10:00 am), ya que durante el día suelen encontrarse concentraciones mayores de OD cuando la fotosíntesis llega a sus mayores niveles luego del mediodía (Wetzel, 2001); o bien por corresponderse con la naciente del Arroyo Tajamar (de baja profundidad). Al igual que para el OD, las mediciones de DBO<sub>5</sub> mostraron gran variación observándose un rango de 5,70 a 29,90 mg/l con un valor medio de 13,30 mg/l.

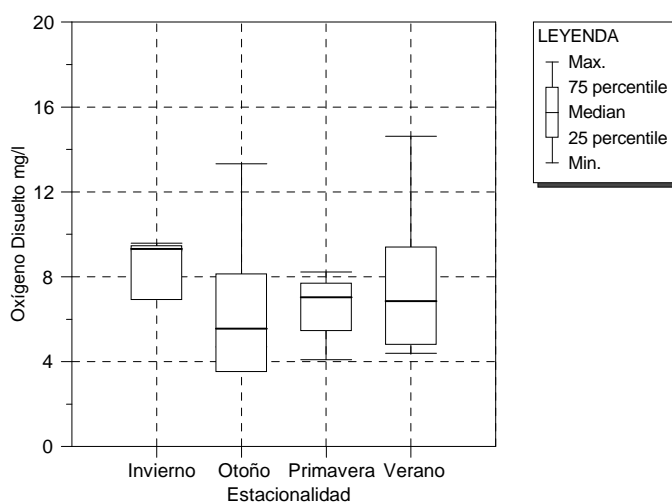


Figura 5.13 . Variación estacional del OD en la Laguna La Brava.

La concentración de PT varió de 39 a 520  $\mu\text{g/l}$  con un valor medio de 134,54  $\mu\text{g/l}$ . Respecto a los nitratos, se evidenció un rango de variación de 1,0 a 9,54  $\text{mg/l}$  con un valor promedio de 1,41  $\text{mg/l}$ . En ambos casos se observaron los mayores valores durante la primavera (Figuras 5.14 y 5.15). Este incremento podría ser consecuencia de la aplicación de fertilizantes y plaguicidas en los cultivos de la zona, ya que de octubre a marzo se produce la mayor aplicación de los mismos (Esquiús, 2009).

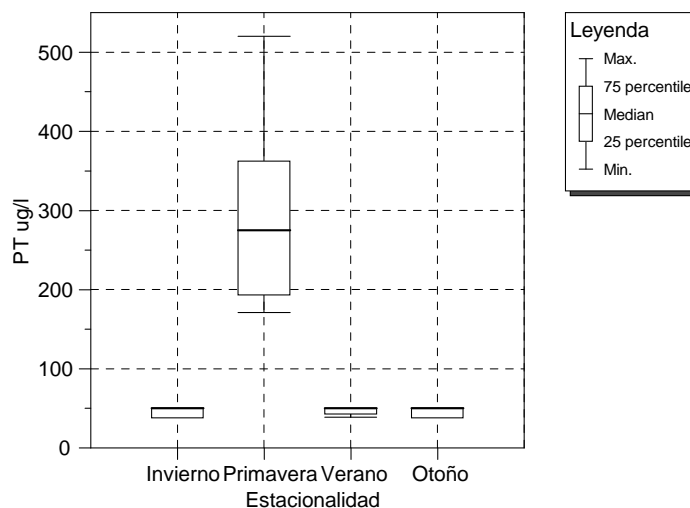


Figura 5.14 .Variación estacional de PT en la Laguna La Brava.

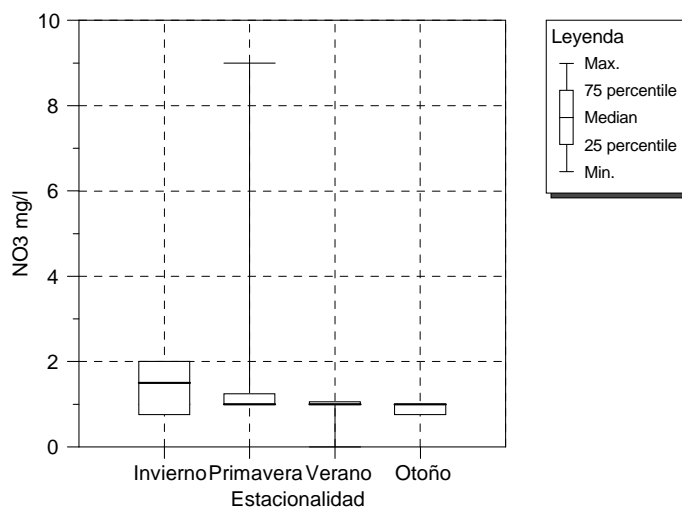


Figura 5.15 . Variación estacional de  $\text{NO}_3$  en la Laguna La Brava.

De acuerdo al criterio de OCDE (1982), considerando la concentración de PT ( $> 100 \mu\text{g/l}$ ) y la lectura del disco de Secchi ( $< 1,5 \text{ m}$ ), la Laguna La Brava presenta un estado hipereutrófico con un valor promedio de 134,5  $\mu\text{g/l}$  y 0,33 m, respectivamente.

### 5.3.2.1.1.2 Variación espacial y en profundidad

La composición química del agua de la laguna es de tipo bicarbonatada sódica, con un fuerte agrupamiento de todas las muestras, presentando gran homogeneidad en profundidad (Figura 5.16). Las muestras se ubican en el extremo sódico del triángulo catiónico del diagrama de Piper, existiendo muestras también ricas en magnesio. En cuanto a lo aniones se observa que si bien predominan en todos los casos los bicarbonatos en varias ocasiones existen muestras en donde los cloruros son significativos (WLB023, WLB029 y WLB032).

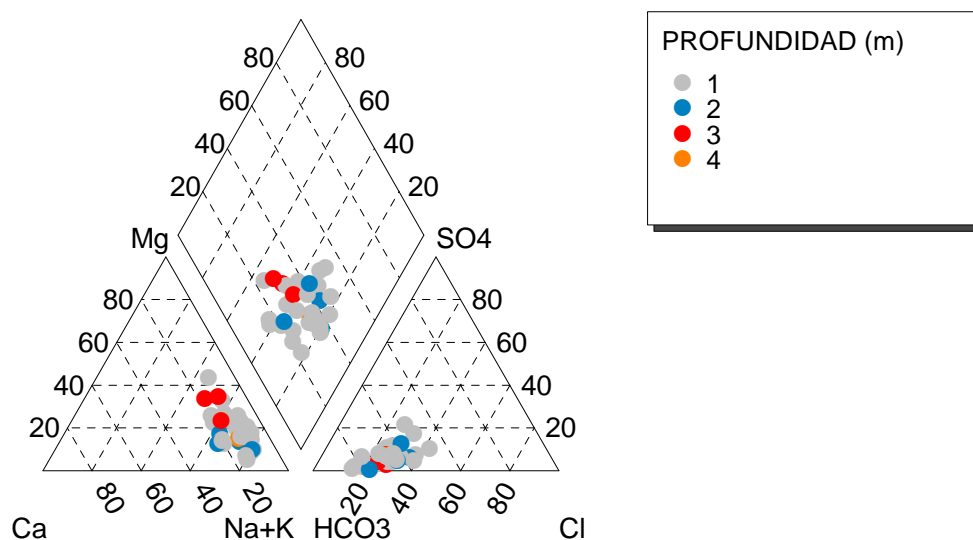


Figura 5.16 . Contenido iónico del agua de la Laguna La Brava a distintas profundidades (1, 2, 3 y 4 metros).

Los valores medios del contenido de iones en el agua del humedal fueron:  $Ca^{+2}$ : 31,85 mg/l,  $Mg^{+2}$ : 29,49 mg/l,  $Na^{+}$ : 194,54 mg/l,  $K^{+}$ : 6,63 mg/l,  $Cl^{-}$ : 89,21 mg/l,  $HCO_3^{-}$ : 418,43 mg/l,  $CO_3^{2-}$ : 84,31 mg/l y  $SO_4^{2-}$ : 26,88 mg/l. Realizando un análisis más detallado de la composición de los iones mayoritarios se detectó una disminución de  $Na^{+}$  y  $K^{+}$  y un aumento de  $Cl^{-}$  en profundidad (Tabla 5.5).

**Tabla 5.5. Parámetros estadísticos de los iones mayoritarios de la Laguna La Brava a distintas profundidades.**

Profundidad	1 m				2 m				3 m			
	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	19,60	52,60	30,69	7,85	30,00	55,70	40,78	12,07	25,80	36,10	30,97	5,15
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	9,00	63,10	30,11	13,30	15,10	29,40	20,58	6,19	27,80	46,70	38,84	9,84
Na <sup>+</sup> (mg/l)	106,45	271,00	202,08	53,24	142,30	265,40	200,43	50,47	112,00	133,00	125,33	11,59
K <sup>+</sup> (mg/l)	2,88	10,86	6,83	1,78	5,15	8,00	6,63	1,19	4,01	6,09	4,70	1,20
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	56,50	119,30	87,26	18,93	84,80	107,00	97,40	9,99	75,40	128,80	101,57	26,72
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	223,60	857,50	423,03	195,55	292,80	563,50	379,35	126,70	341,00	551,20	468,90	112,27
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	42,60	171,05	82,19	38,11	42,60	171,50	80,15	61,11	63,90	171,50	119,30	53,87
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	9,82	77,60	27,46	16,51	2,22	51,00	25,11	20,06	18,00	29,10	23,77	5,56

Referencias: Min: mínimo; Max: máximo; DE: desvío estándar.

La distribución espacial del contenido iónico de la Laguna La Brava se visualiza en la Figura 5.17. En relación a su composición aniónica, se detectó que los menores valores de Cl<sup>-</sup> (< 80 mg/l) se localizan próximos al límite E de la sierra La Brava, coincidiendo espacialmente con el fallamiento regional definido para dicha sierra por Mauriño *et al.* (1981). El sector N de este humedal presentó los menores valores de SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (< 20 mg/l). Las distribuciones erráticas del CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> pueden atribuirse al hecho de que estas son fundamentalmente dependientes de diversos parámetros físico-químicos, como el pH y la presión de CO<sub>2</sub>, los cuales pueden ser afectados por el metabolismo de las comunidades acuáticas. El proceso de fotosíntesis tiende a disminuir el contenido de CO<sub>2</sub> y a aumentar el pH, mientras que la respiración causa un efecto inverso (Wetzel, 2001). Respecto a su composición catiónica se evidenció que los valores de Mg<sup>+2</sup> menores a 20 mg/l se concentraron en el extremo S, mientras que los valores máximos (> 35 mg/l) se localizaron en el sector N de éste. El K<sup>+</sup> presentó la menor variabilidad espacial. El contenido de Na<sup>+</sup> en la laguna alcanzó valores menores a 170 mg/l en los sectores N y O. Este catión fue el de mayor dispersión.

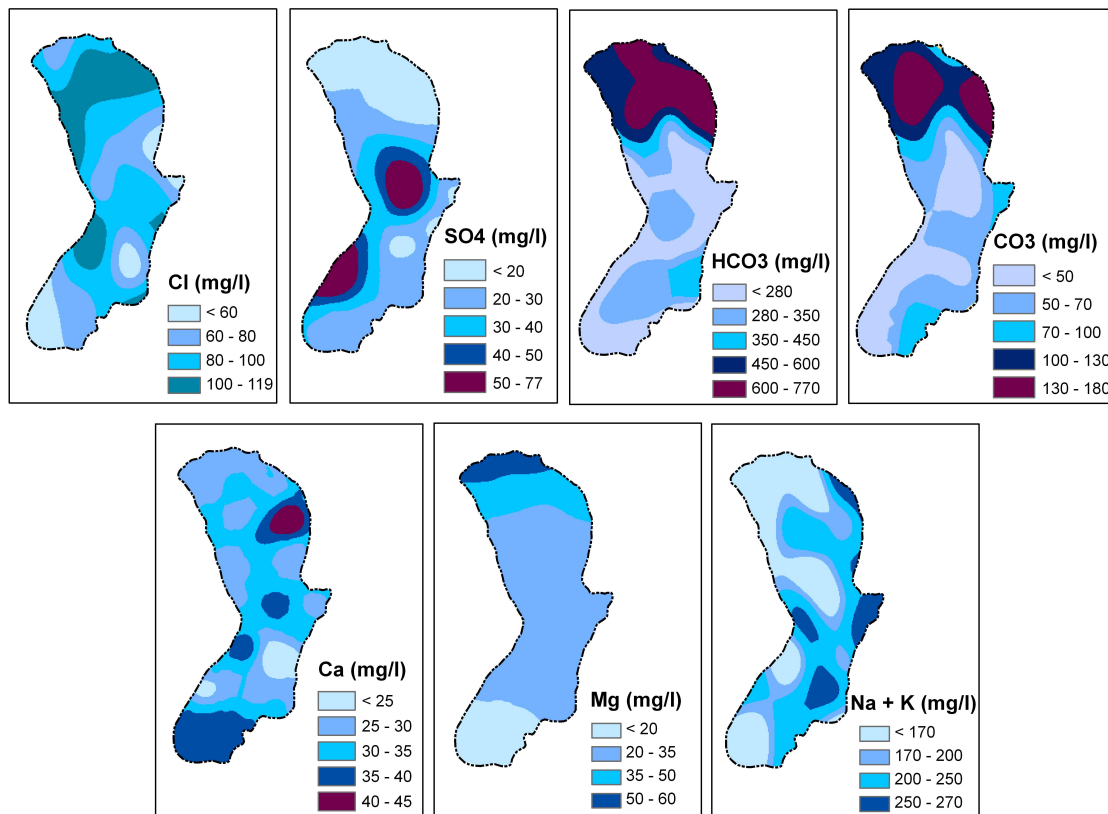


Figura 5.17 Distribución espacial de los iones mayoritarios en la Laguna La Brava.

### 5.3.2.1.2 Parámetros físico químicos

#### 5.3.2.1.2.1 Variación estacional

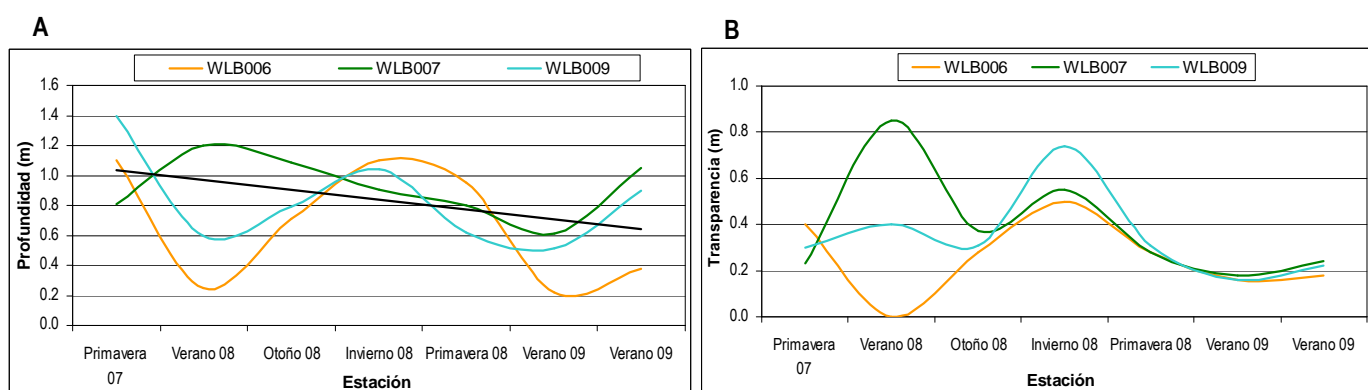
Para el ciclo anual considerado, la CE media fue de 568,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  fluctuando entre 349 y 859  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el pH medio fue de 8,35 con un rango de variación de 8,2 a 9,2. El análisis mostró los mayores valores máximos y medios de CE en verano y en primavera. En la CE se observó un gradiente creciente desde el otoño hacia el verano. El valor de pH fue relativamente constante, con valores máximos en primavera y verano que estarían asociados a un período donde el proceso de fotosíntesis es mayor. La Tabla 5.6 muestra los parámetros estadísticos de las principales variables fisicoquímicas medidas en la laguna durante un ciclo anual. Los cambios estacionales en la CE estuvieron asociados al incremento de los procesos de evapotranspiración del cuerpo de agua y a las bajas precipitaciones registradas en estos meses, con la consecuente disminución de la profundidad de la columna de agua.

**Tabla 5.6. Parámetros estadísticos de las principales variables fisicoquímicas medidas en la Laguna La Brava durante un ciclo anual.**

Parámetro	OTOÑO				INVIERNO				PRIMAVERA				VERANO			
	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE
Temperatura (°C)	17,1	17,7	17,5	0,3	13,0	13,7	13,4	0,4	16,5	21,9	19,9	2,1	20,0	27,0	23,6	2,4
pH	8,3	8,4	8,3	9,0	8,4	8,5	8,4	9,3	8,2	9,2	8,5	8,7	7,6	9,0	8,2	8,1
CE (µS/cm)	349,0	479,0	434,0	73,7	445,0	456,0	448,7	6,4	541,0	713,0	628,1	71,9	573,0	859,0	764,0	115,1

Referencias: Min: mínimo; Max: máximo; DE: desvío estándar.

En líneas generales, se observa una tendencia descendente en la profundidad de la columna de agua desde la primavera de 2007 hasta el verano de 2009, a partir del cual se produce un ascenso (Figura 5.18.A). Este patrón se asocia con la disminución del régimen pluviométrico detectado en la zona para el período de estudio. La transparencia muestra una gran variabilidad espacial y estacional en la laguna (Figura 5.18.B). Los valores de este parámetro están condicionados por la cantidad de sedimentos finos (arcillas y limos) resuspendidos en la columna de agua, y la biomasa del fitoplancton durante la mayor parte del ciclo anual. La prácticamente continua mezcla vertical en las lagunas pampeanas promueve una alta concentración de materia particulada suspendida y baja transparencia (Conzonno y Fernandez Cirelli, 1987; 1988). Existió una correlación positiva entre la transparencia y la profundidad, observándose los máximos valores en invierno. En estos meses se registra en la zona los mayores excedentes de agua que pueden evacuarse superficialmente y/o subterráneamente aportando agua a la laguna (Ver Capítulo 3).



**Figura 5.18 . Variación estacional de A) profundidad y B) transparencia en tres estaciones de muestreo en la Laguna La Brava.**

#### 5.3.2.1.2.2 Variación espacial y en profundidad

El valor de pH en la laguna fluctuó entre 8,50 y 9,39, con un promedio general de 9,17. Se observó una disminución de pH en profundidad, con una variación en los valores medios que van

desde 9,27 a los 0,5m hasta 8,58 a los 4 m. Este ligero descenso en profundidad podría ser consecuencia de una menor actividad fotosintética en dicha zona. Con respecto a la CE se detectó una variación de 565 a 658  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un promedio de 651  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En la Figura 5.19 se visualizan dos valores anómalos en la conductividad a los 2 y 3 metros de profundidad (574 y 565  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente). La temperatura registrada no mostró cambios significativos en la columna de agua, variando entre 18,0 y 20,2  $^{\circ}\text{C}$  con un valor medio de 19,0  $^{\circ}\text{C}$  y siendo muy semejante al valor promedio registrado en el aire (19,6  $^{\circ}\text{C}$ ). La Tabla 5.7 muestra los estadísticos de los principales parámetros físico-químicos medidos *in situ* en el humedal a distintas profundidades.

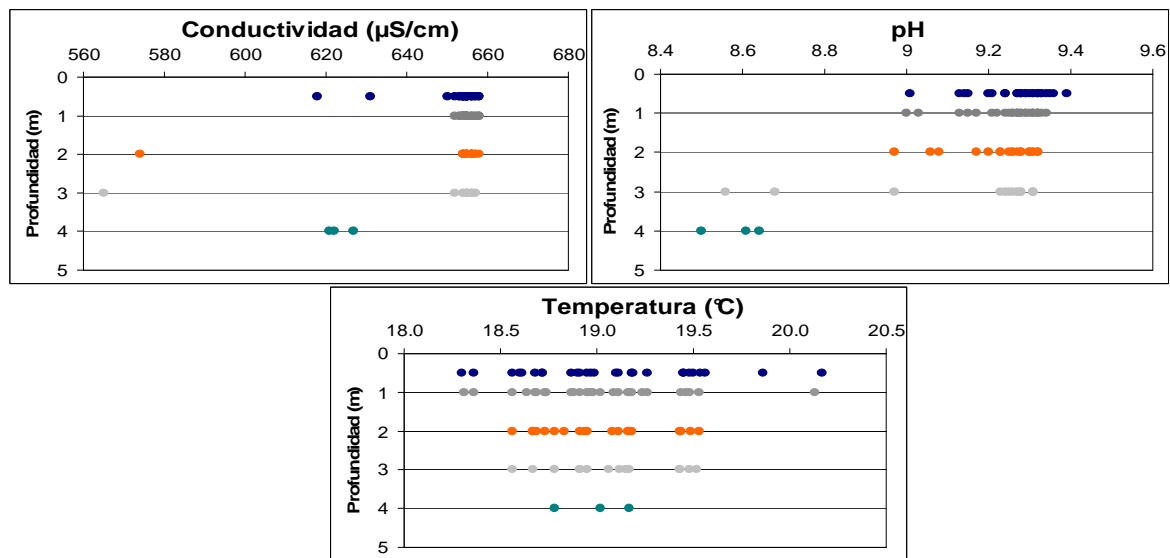


Figura 5.19 . Variación de la conductividad eléctrica, pH y temperatura del agua en función de la profundidad.

Tabla 5.7. Estadísticos de los principales parámetros físico químicos de la laguna a distintas profundidades.

Profundidad (m)	Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	DE
0,5	pH	9,01	9,39	9,27	0,08
	CE	618,0	658,0	652,6	8,46
	Temperatura	18,30	20,17	19,07	0,45
1	pH	9,00	9,34	9,25	0,09
	CE	652,0	658,0	655,0	1,56
	Temperatura	18,31	20,13	19,02	0,39
2	pH	8,97	9,32	9,23	0,10
	CE	574,0	658,0	651,1	18,71
	Temperatura	18,56	19,53	19,02	0,30
3	pH	8,56	9,31	9,16	0,24
	CE	565,0	657,0	648,7	24,13
	Temperatura	18,56	19,52	19,08	0,31
4	pH	8,50	8,64	8,58	0,07
	CE	621,0	627,0	623,3	3,21
	Temperatura	18,78	19,17	18,99	0,20

Referencias: CE: conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), DE: desvío estándar

La distribución espacial de la CE demuestra el predominio de valores superiores a los 655  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 5.20.A). Se puede observar una zona de menor conductividad localizada en el sector O de la laguna en contacto con el faldeo de la Sierra la Brava, que se corresponde con los valores anómalos antes mencionados, y coincide espacialmente con el lineamiento definido por Mauriño *et al.* (1981) para dicha sierra. Puede inferirse, así, una zona de recarga al cuerpo de agua a partir del sistema de fisuras presente en las ortocuarcitas que conforman la sierra (Figura 5.20.B). Con respecto al pH y a la temperatura, los valores medidos resultaron ser muy homogéneos existiendo cierta zonación causada posiblemente por la diferencia horaria en la toma de las mediciones (Figuras 5.20.A y C). En la elaboración de los mapas de distribución espacial de pH, CE y temperatura se consideraron los datos obtenidos a 2 m de profundidad, dado que en ésta se evidencian variaciones no detectadas a otras profundidades.

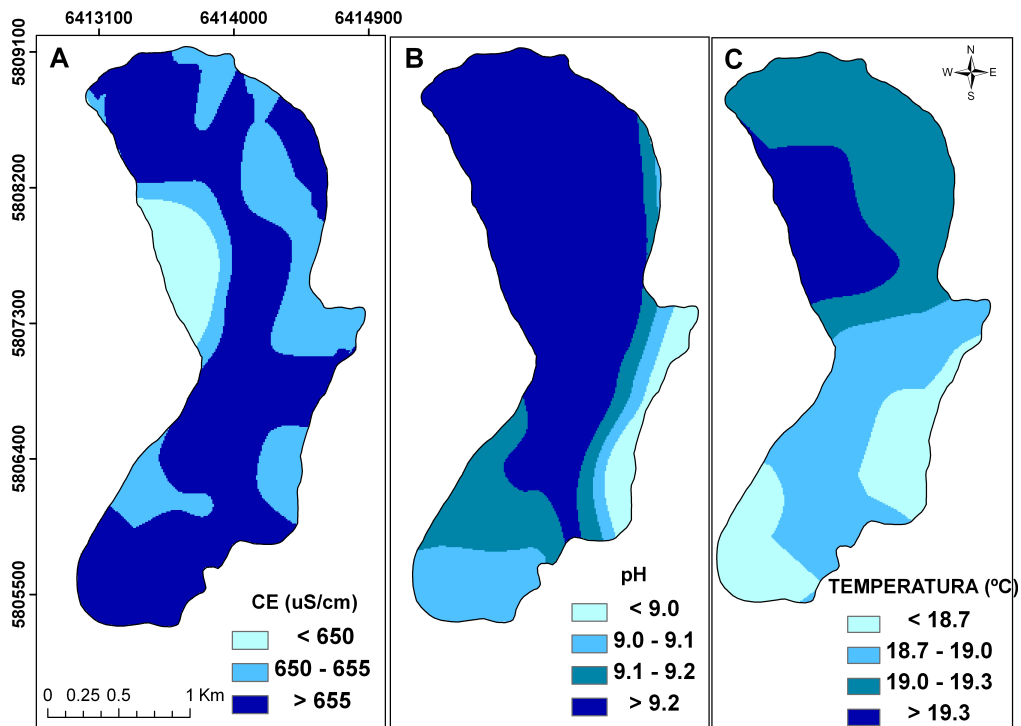


Figura 5.20 . Mapa de distribución de A) conductividad eléctrica, B) pH y C) temperatura del agua de la Laguna La Brava a 2 m de profundidad.

Respecto a los valores de transparencia variaron de 0,30 a 0,50 m, con un promedio de 0,42 m. En los sectores de aguas libres de hidrófitas la transparencia medida fue siempre mayor a 0,45 m, mientras que en la zona coincidente con el juncal de la desembocadura del Arroyo El Peligro el valor de este parámetro fue en promedio de 0,32 m.

### 5.3.2.2 Los Padres

#### 5.3.2.2.1 *Contenido iónico del agua*

##### 5.3.2.2.1.1 Variación estacional

Al realizar un análisis estacional de la composición iónica de la laguna se observó que en el verano el agua es principalmente de tipo Na-Mg-HCO<sub>3</sub>, aunque también se detectaron algunas muestras de tipo Na-Cl-HCO<sub>3</sub>. Durante la primavera las muestras variaron de Na-HCO<sub>3</sub> a Na-Mg-HCO<sub>3</sub>, y en el otoño resultaron principalmente Na-Mg-HCO<sub>3</sub> (Figura 5.21; Tabla 5.8). En invierno las muestras fueron siempre Na-HCO<sub>3</sub>. La dureza del agua varió de 172,8 a 367,2 mg/l con un valor promedio de 238,6 mg/l.

Al igual que en la Laguna La Brava, se evidencia una concentración de sales en la Laguna de Los Padres durante el verano como consecuencia de un mayor proceso de evapotranspiración y un bajo régimen pluviométrico. La misma es corroborada por el aumento de Cl<sup>-</sup>, TDS (Figura 5.22), y la disminución de la transparencia y profundidad de la columna de agua (Ver Apartado 5.3.2.2.2). De esta manera, se confirma la fuerte dependencia de estas lagunas al ciclo hidrológico reflejándose tanto en sus características químicas como físicas.

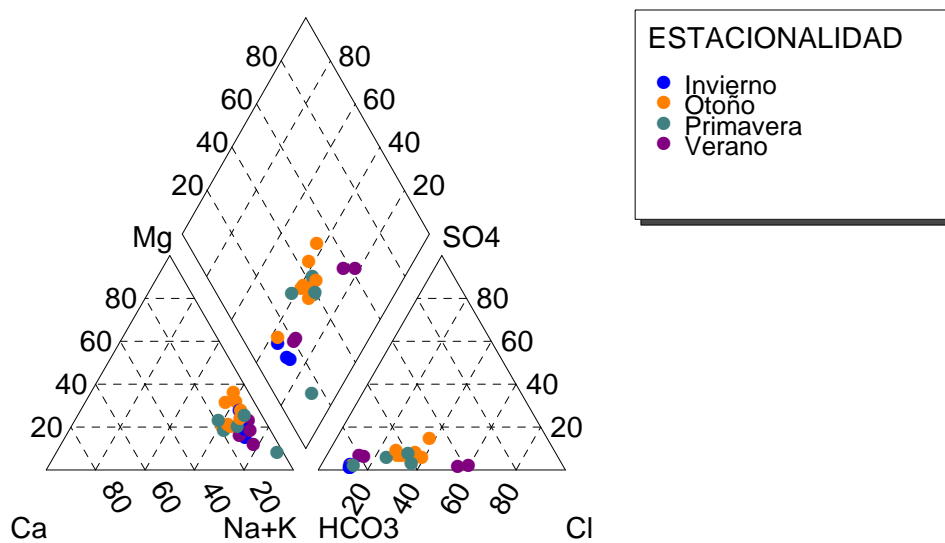
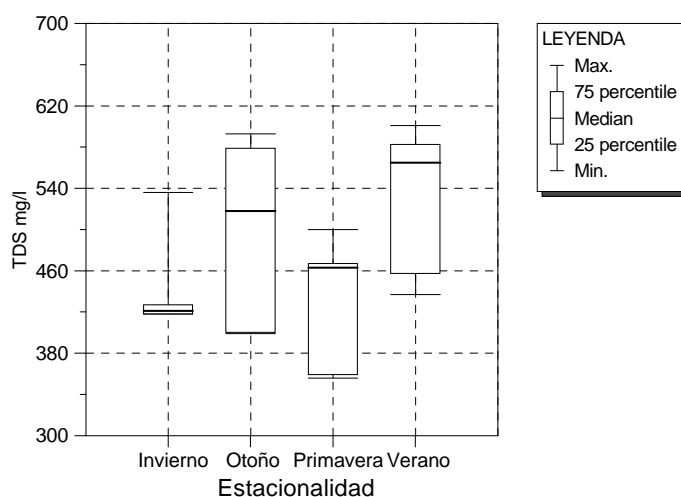


Figura 5.21 . Variación estacional de la composición iónica de la Laguna de Los Padres.

**Tabla 5.8. Parámetros estadísticos del contenido iónico de la Laguna de Los Padres durante un ciclo anual.**

Parámetro	OTOÑO				INVIERNO				PRIMAVERA				VERANO			
	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	17,4	45,8	27,9	10,8	25,3	36,1	29,4	4,7	19,6	42,3	28,9	7,3	21,2	43,5	27,1	7,4
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	24,0	58,7	38,7	11,0	27,1	52,6	35,8	11,6	20,4	91,2	43,3	22,4	21,1	44,6	34,9	7,8
Na <sup>+</sup> (mg/l)	132,4	197,5	163,4	20,1	205,3	239,6	221,0	14,3	125,0	950,0	498,8	373,8	96,0	254,0	185,4	64,6
K <sup>+</sup> (mg/l)	3,5	9,8	6,9	2,0	7,2	8,5	8,1	0,6	4,2	9,3	7,6	1,6	5,5	9,8	8,1	1,6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	53,1	131,4	90,2	28,7	53,4	91,1	70,7	16,3	58,8	130,0	84,4	21,1	32,0	253,2	109,3	72,8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	117,1	869,7	366,3	225,6	698,2	967,0	823,6	113,0	213,0	773,0	490,0	228,0	186,3	992,2	548,1	295,3
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0,0	172,5	80,8	60,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	127,8	42,6	50,6	0,0	127,8	51,9	60,1
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	11,7	47,0	28,0	11,9	8,6	28,8	16,2	9,1	9,7	33,0	18,8	9,0	8,5	72,0	24,4	21,6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1,0	8,2	1,9	2,5	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	3,3	1,2	0,9	0,0	74,8	19,2	33,9

Referencias: Min: mínimo; Max: máximo; DE: desvío estándar; Temp: temperatura.



**Figura 5.22 . Variación estacional de TDS en la Laguna de Los Padres.**

Las concentraciones de OD en la Laguna de Los Padres fueron siempre mayores en comparación con la Laguna La Brava. Este patrón posiblemente se deba a que en el primer cuerpo de agua existe un mayor porcentaje de vegetación palustre y flotante libre (Ver Apartado 5.4), que implicaría una mayor producción de oxígeno, y también una mayor circulación de la columna de agua dado su menor espesor, permitiendo un mayor intercambio con la atmósfera por difusión. El contenido de OD varió de 5,44 a 15,01 mg/l con un valor promedio de 8,86 mg/l observándose en el invierno los menores valores (Figura 5.23), posiblemente como consecuencia de la merma de biomasa fitoplanctónica. La DBO fluctuó de 7,35 a 18,65 mg/l con un valor medio de 12,33 mg/l. Respecto a este último parámetro, tanto la Laguna de Los Padres como la Laguna La Brava

mostraron valores bastante similares a los encontrados en otras lagunas pampeanas, como las localizadas al SO la Cuenca Superior del Río Salado (Iriondo y Kröhling, 2007).

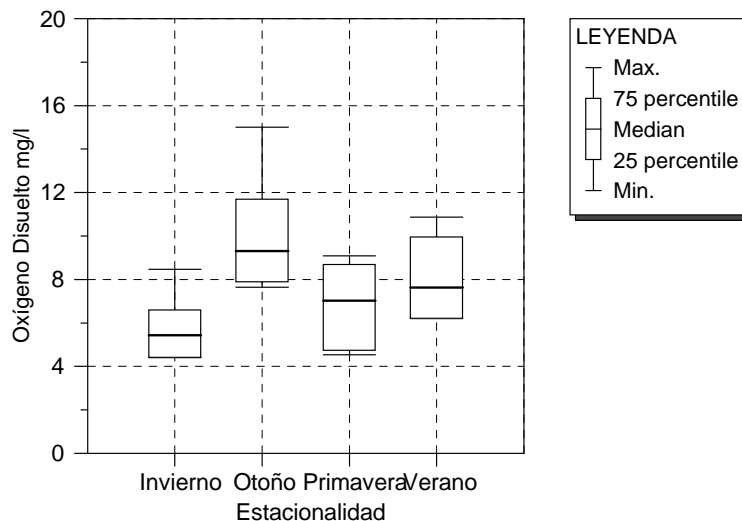


Figura 5.23 . Variación estacional de OD en la Laguna de Los Padres.

La concentración de PT en la Laguna de Los Padres varió de 17 a 670  $\mu\text{g/l}$  con un valor medio de 184,21  $\mu\text{g/l}$ , siendo más elevada en primavera y verano (Figura 5.24). Respecto a los nitratos, el rango de variación fue de 1,0 a 74,8 mg/l con un valor promedio de 6,43 mg/l (Figura 5.25). Los mayores valores de ambos parámetros se detectaron en el delta del Arroyo de Los Padres. Este incremento podría ser consecuencia de la aplicación de fertilizantes y plaguicidas aguas arriba, dado que el mismo en su recorrido atraviesa cultivos agrícolas y hortícolas.

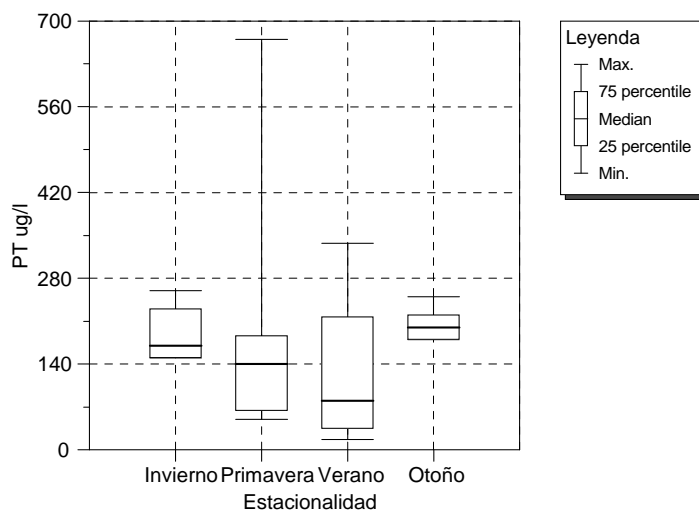


Figura 5.24 . Variación estacional de PT en la Laguna de Los Padres.

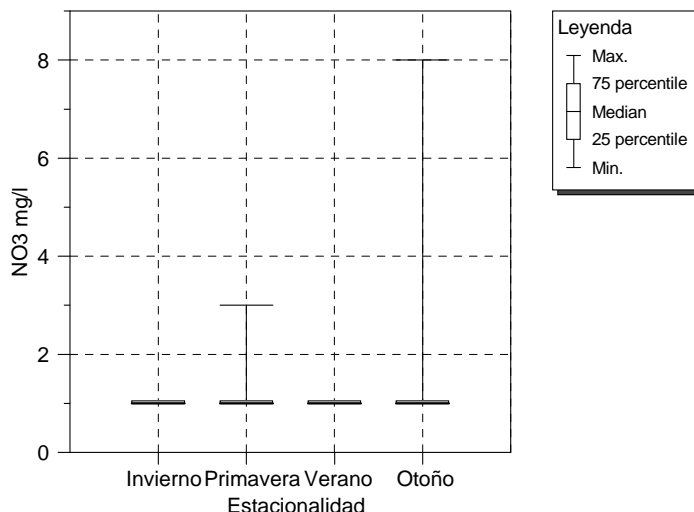


Figura 5.25 . Variación estacional de NO<sub>3</sub> en la Laguna de Los Padres.

Al igual que para la Laguna La Brava, la concentración de PT y la lectura del disco de Secchi indicaron que la Laguna de Los Padres presenta un estado hipereutrófico de acuerdo a los criterios de OCDE (1982), con un valor promedio de 184,2 µg/l y 0,27 m, respectivamente.

### 5.3.2.2.1.2 Variación espacial y en profundidad

El agua de la Laguna de Los Padres presenta gran homogeneidad en su composición química en profundidad, siendo aguas de tipo bicarbonatadas sódicas. Las muestras colectadas a distintas profundidades mostraron un agrupamiento en el extremo sódico del diagrama de Piper, con un desplazamiento de algunas muestras hacia el vértice del magnesio (Figura 5.26).

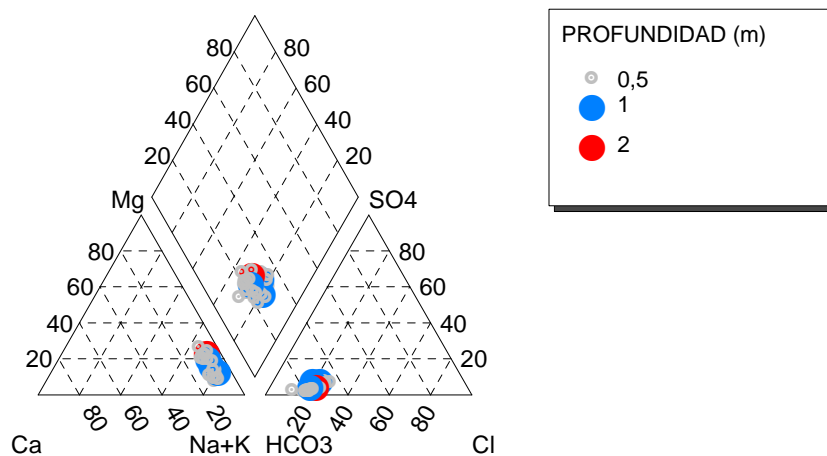


Figura 5.26 . Contenido iónico del agua de la Laguna de Los Padres a distintas profundidades (0,5, 1 y 2 metros).

Los valores medios del contenido iónico del agua de la Laguna de Los Padres, a partir de las mediciones tomadas a tres profundidades, fueron:  $\text{Ca}^{+2}$ : 27,93 mg/l,  $\text{Mg}^{+2}$ : 32,64 mg/l,  $\text{Na}^{+}$ : 276,95 mg/l,  $\text{K}^{+}$ : 8,78 mg/l,  $\text{Cl}^{-}$ : 87,97 mg/l,  $\text{HCO}_3^{-}$ : 555,30 mg/l,  $\text{CO}_3^{-2}$ : 112,62 mg/l y  $\text{SO}_4^{-2}$ : 24,33 mg/l. La Tabla 5.9 muestra el contenido iónico del agua de la Laguna de Los Padres a dos profundidades diferentes, 0, 5 y 1 m. Existió una mayor dispersión en las muestras subsuperficiales (0,5 m) en comparación con aquéllas en profundidad. No se incluyó en la tabla la profundidad de 2 m ya que sólo se colectó una muestra a esta profundidad.

**Tabla 5.9. Parámetros estadísticos de los iones mayoritarios de la laguna de Los Padres a distintas profundidades.**

Profundidad	0,5 m				1 m			
	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE
$\text{Ca}^{+2}$ (mg/l)	18,90	50,40	28,30	6,90	25,20	28,50	26,30	1,91
$\text{Mg}^{+2}$ (mg/l)	19,00	47,40	32,54	8,04	26,90	35,10	30,83	4,11
$\text{Na}^{+}$ (mg/l)	203,63	399,95	276,58	52,13	250,70	336,29	291,84	42,89
$\text{K}^{+}$ (mg/l)	1,00	16,40	7,57	3,64	5,00	7,00	10,00	2,31
$\text{Cl}^{-}$ (mg/l)	48,08	128,20	88,07	12,30	83,30	89,70	86,50	3,20
$\text{HCO}_3^{-}$ (mg/l)	396,00	841,40	558,99	96,34	477,50	576,40	535,77	51,75
$\text{CO}_3^{-2}$ (mg/l)	0,00	364,00	111,43	77,88	75,80	151,60	126,33	43,76
$\text{SO}_4^{-2}$ (mg/l)	13,00	38,00	23,66	7,70	20,00	41,00	32,33	10,97

Referencias: Min: mínimo; Max: máximo; DE: desvío estándar.

La distribución espacial de la concentración iónica de cada elemento químico analizado en la Laguna de Los Padres se presenta en la Figura 5.27. Los valores más bajos del anión  $\text{Cl}^{-}$  (< 80 mg/l) se localizan en el sector SO, coincidiendo con la descarga del arroyo afluente. Esta variación sugiere un área de recarga a la laguna. Se evidencia un aumento de  $\text{Cl}^{-}$  en dirección NE. También se observó una disminución en el contenido de sulfatos en el extremo SO de la laguna, sugiriendo una dilución del agua debido a la mezcla con agua de lluvia o con agua con menor concentración de sulfatos proveniente del Arroyo de Los Padres. El sector N presenta los mayores valores de este anión. Los carbonatos y bicarbonatos presentaron la mayor variación espacial en su concentración, probablemente debido a los mismos factores mencionados para la Laguna La Brava. Concentraciones de  $\text{Ca}^{+2}$  superiores a los 30 mg/l se observaron en la zona N del cuerpo de agua. Esta concentración puede ser atribuida a la disolución de calcita presente en el sedimento de las

barrancas ubicadas en ese sector de la costa. El contenido del catión  $K^+$  en esta laguna es escaso. El contenido de  $Na^+$  en la misma alcanzó valores mayores a 300 mg/l en los sectores N y O.

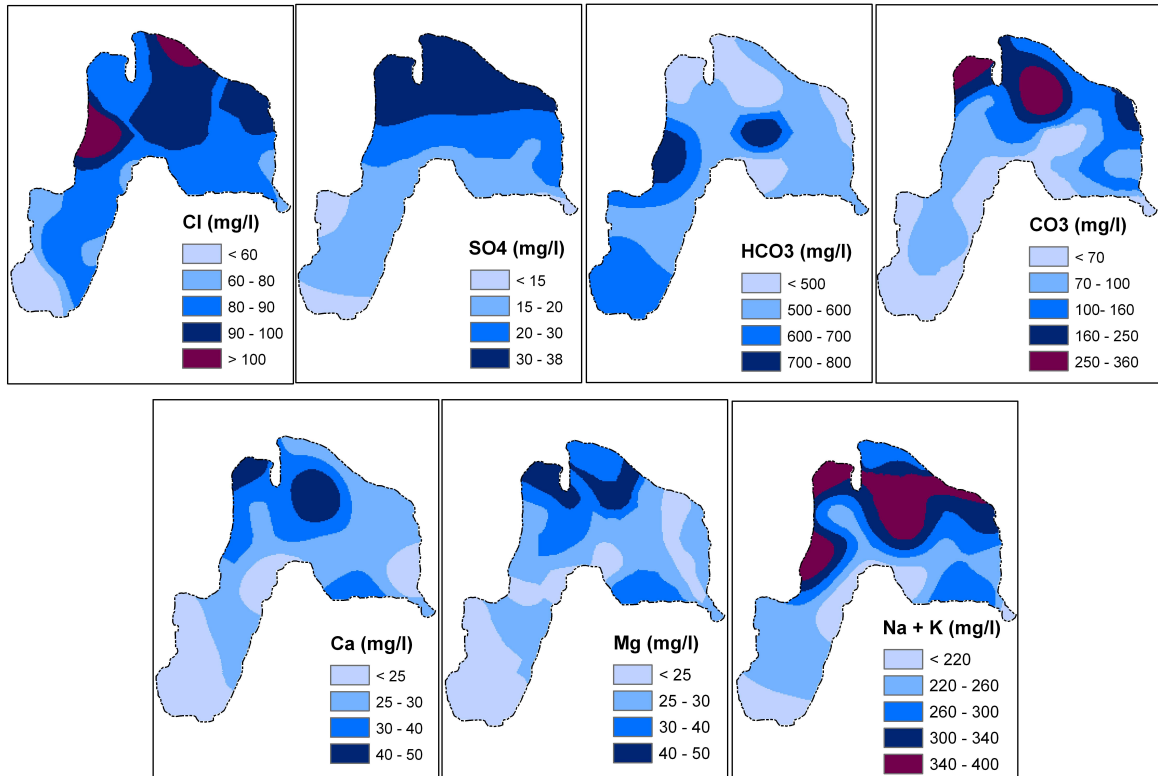


Figura 5.27 . Distribución espacial de los iones mayoritarios en la Laguna de Los Padres.

#### 5.3.2.2.2 Parámetros físico químicos

##### 5.3.2.2.2.1 Variación estacional

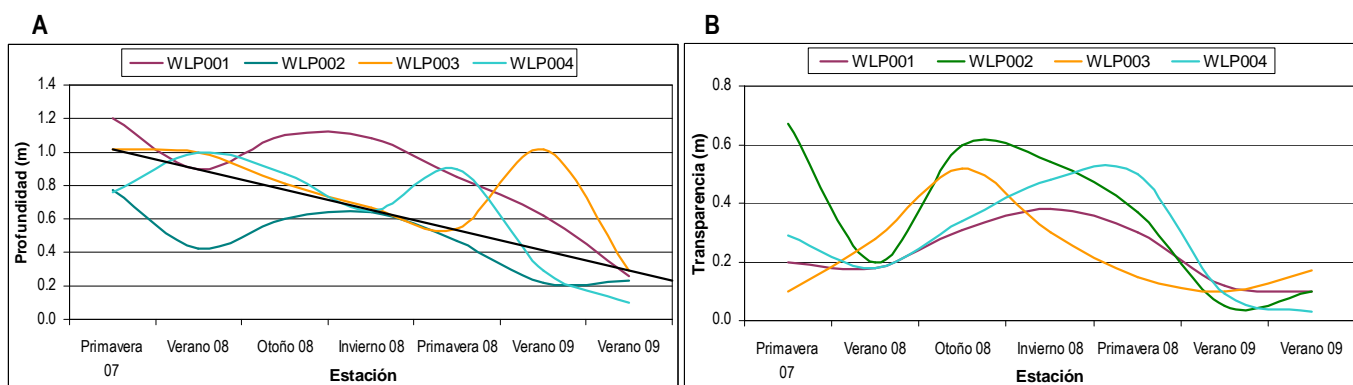
En cuanto a los parámetros físico-químicos para el ciclo anual considerado, se detectó que la CE media fue de 670,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  fluctuando entre 461 y 913  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el pH promedio fue de 8,08 con un rango de variación de 7,6 a 9,1. El análisis mostró los mayores valores máximos y medios de CE en verano y en otoño (Tabla 5.10). El valor de pH fue relativamente constante, con valores máximos en primavera y verano que estarían asociados al período donde el proceso de fotosíntesis es mayor. El aumento de los procesos de evapotranspiración del agua de la laguna, como consecuencia del incremento de la temperatura durante los meses más cálidos, podría explicar el aumento de CE registrado en verano.

**Tabla 5.10 . Parámetros estadísticos de las principales variables fisicoquímicas medidas en la Laguna de Los Padres durante un ciclo anual.**

Parámetro	OTOÑO				INVIERNO				PRIMAVERA				VERANO			
	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE
Temperatura (°C)	12,1	21,3	16,9	3,6	12,8	14,1	13,4	1,0	19,7	24,1	22,5	1,5	22,8	34,0	26,7	3,6
pH	7,6	8,9	8,0	8,1	7,9	8,1	8,0	8,7	7,8	8,9	8,1	8,2	7,6	9,1	8,2	8,1
CE (µS/cm)	530,0	913,0	739,3	168,8	461,0	542,0	486,3	37,7	524,0	761,0	640,9	93,4	533,0	878,0	722,9	141,5

Referencias: Min: mínimo; Max: máximo; DE: desvío estándar.

Como tendencia general se observó una disminución en la profundidad de la columna de agua, la cual alcanzó su menor valor en marzo de 2009 (en promedio 0,22 m), debido esencialmente a la disminución de precipitaciones observadas durante 2008-2009 (Figura 5.28.A). En promedio este parámetro descendió 0,72 m al finalizar con los muestreos. La profundidad en el sitio de muestreo WLP002, correspondiente a la desembocadura del Arroyo de Los Padres, fue el sector con las menores profundidades, mientras que en la zona de la Isla (WLP001) se midieron los mayores valores. Los máximos valores de transparencia se evidenciaron durante los meses de otoño, invierno y primavera. Por el contrario, en el verano este parámetro fue menor registrándose los mínimos valores en febrero y marzo de 2009 (en promedio 0,10 m), coincidiendo con el máximo descenso registrado en la profundidad de la laguna (Figura 5.28.B).



**Figura 5.28 . Variación estacional de A) profundidad y B) transparencia en cuatro estaciones de muestreo dentro de la Laguna de Los Padres.**

#### 5.3.2.2.2 Variación espacial y en profundidad

El agua de la laguna es levemente alcalina con valores de pH que oscilaron entre 7,64 y 9,02, y un promedio de 8,53. Se observó una disminución de este parámetro a los 2 m de

profundidad, con un valor medio de 7,72, posiblemente debido a la misma razón dada para el caso de la Laguna La Brava. El valor de CE media fue de 854  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un rango de variación entre 805 y 895  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Al analizar la temperatura a lo largo de la columna de agua se observó que varía de 20,38 a 25,49  $^{\circ}\text{C}$ , con un promedio de 21,66  $^{\circ}\text{C}$ , evidenciando una mayor dispersión de los datos subsuperficiales. La temperatura del agua fue similar a la del ambiente, siendo esta última en promedio de 21,7  $^{\circ}\text{C}$ . La Tabla 5.11 muestra los estadísticos de los principales parámetros fisicoquímicos medidos *in situ* en la laguna a tres profundidades diferentes. En la Figura 5.29 se visualiza la variación de pH, conductividad eléctrica y temperatura en función de la profundidad a partir de los datos registrados en el cuerpo de agua.

El análisis de distribución espacial de los datos fisicoquímicos subsuperficiales en esta laguna mostró el predominio de valores de CE en el rango 850-875  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 5.30), con los menores valores en el extremo SE, coincidiendo con la desembocadura del Arroyo de Los Padres al humedal. La poca profundidad de la laguna en este sector puede hacer muy significativo el aporte de dicho arroyo. Para el pH se observaron principalmente valores dentro del rango 8,50-8,75, mientras que el sector del delta del arroyo antes mencionado presentó valores menores a 8,25. Esto podría deberse al aporte de este curso afluente a la laguna, con menor pH (en promedio 8,0; Ver Apartado 5.3.3). Por último, la mayor parte del cuerpo de agua presentó temperaturas entre 20 y 22 $^{\circ}\text{C}$ . Los máximos valores ( $> 24^{\circ}\text{C}$ ) fueron coincidentes con las zonas de menor profundidad. Los valores medidos resultaron ser muy homogéneos existiendo cierta zonación causada posiblemente por la diferencia horaria en la toma de las mediciones. Si bien puede observarse que existen diferencias en la distribución espacial de los parámetros analizados, la laguna presenta relativa homogeneidad debido posiblemente a su poca profundidad.

**Tabla 5.11 . Estadísticos de los principales parámetros físico químicos de la laguna a distintas profundidades.**

Profundidad (m)	Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.
0,5	pH	8,00	9,02	8,61	8,81
	CE	818,0	895,0	854,9	10,9
	TEMP	20,43	25,49	22,05	1,60
1	pH	8,55	8,81	8,68	9,53
	CE	842,0	894,0	856,7	9,5
	TEMP	20,38	22,03	21,15	0,45
2	pH	7,64	7,83	7,72	8,24
	CE	805,0	829,0	817,0	17,0
	TEMP	21,07	21,78	21,43	0,50

Referencias: CE: conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), TEMP: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

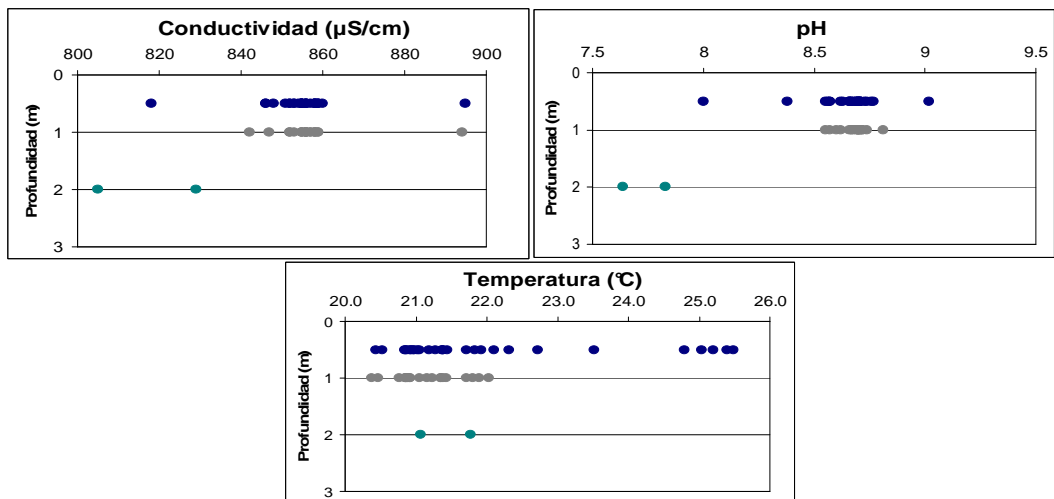


Figura 5.29 .Variación de la conductividad eléctrica, pH y temperatura del agua en función de la profundidad.

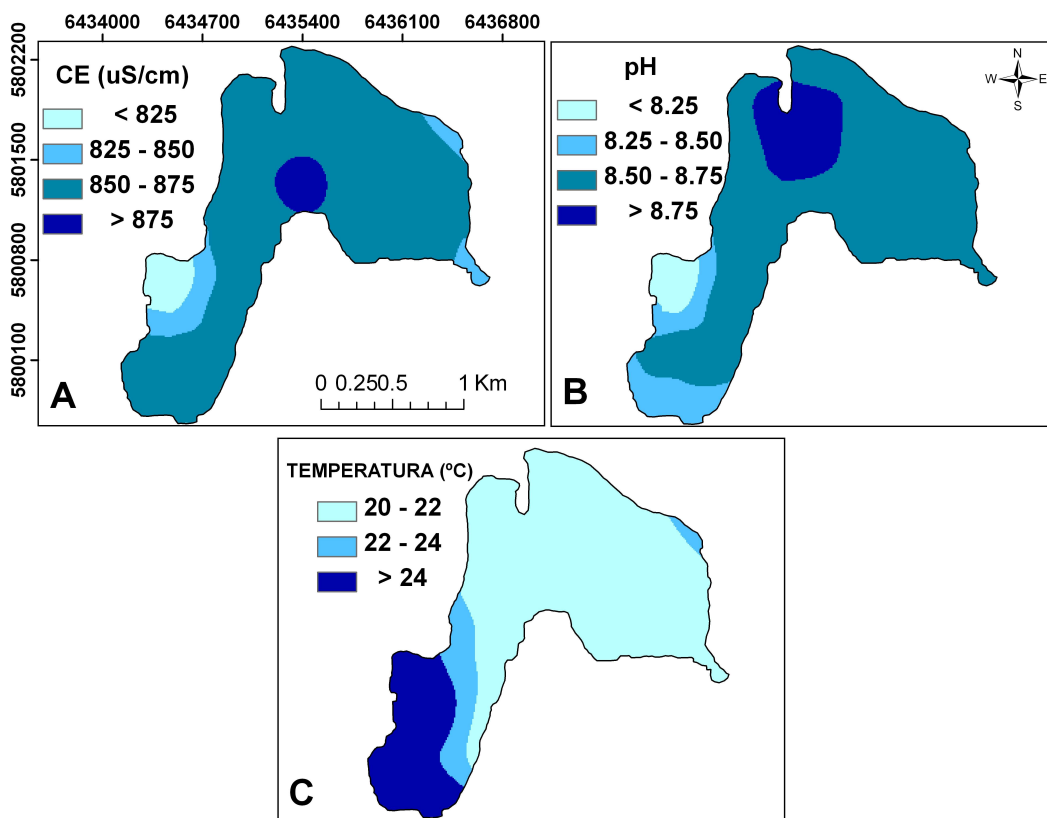


Figura 5.30 . Mapa de distribución de A) Conductividad eléctrica, B) pH y C) Temperatura del agua de la Laguna de Los Padres a 0,5 m de profundidad.

Los registros de transparencia variaron de 0,12 a 0,30 m, con un valor medio de 0,27 m. En las aguas libres de hidrófitas la transparencia fue superior a 0,26 m, correspondiéndose también con

las zonas de mayor profundidad. Por el contrario, en el sector del delta del Arroyo de Los Padres se midieron los menores valores de transparencia en aguas con una profundidad inferior a los 0,5 m.

### 5.3.3 Arroyos

#### 5.3.3.1 Contenido iónico del agua

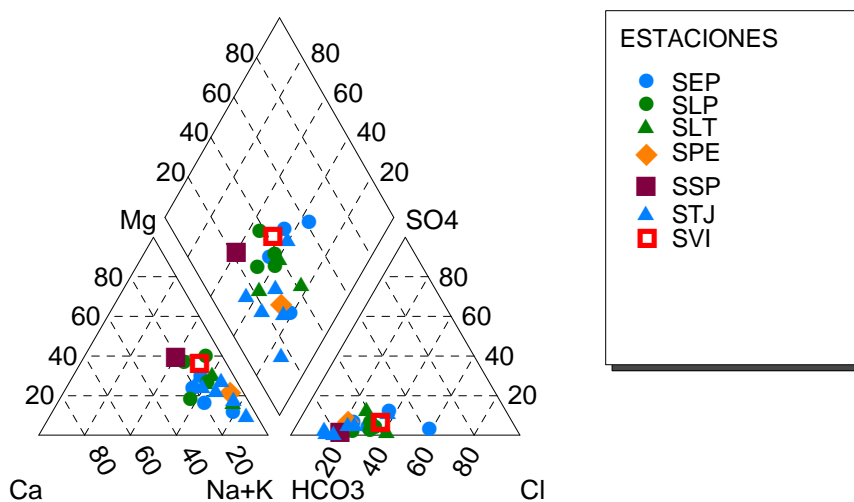
El contenido iónico de las muestras de los cursos de agua fue ploteado en un diagrama de Piper (Figura 5.31), el cual clasificó al agua superficial del área como de tipo bicarbonatada sódica. Los cationes en orden de abundancia para el agua de los arroyos fue  $\text{Na}^+$  (160,43 mg/l),  $\text{Mg}^{+2}$  (33,62 mg/l),  $\text{Ca}^{+2}$  (28,25) y  $\text{K}^+$  (7,33), en lo que respecta a los aniones se observó el siguiente orden  $\text{HCO}_3^-$  (439,79 mg/l),  $\text{Cl}^-$  (102,67mg/l),  $\text{SO}_4^{-2}$  (25,56 mg/l) y  $\text{CO}_3^{-2}$  (24,35 mg/l). El contenido medio de nitratos fue de 8,25 mg/l. Los valores de potasio se encontraron siempre por debajo de los 10 mg/l en todas las muestras.

En forma general, los arroyos afluentes a las lagunas presentaron un buen agrupamiento en los cationes siendo siempre aguas de tipo sódicas con mayor contenido de calcio y magnesio en comparación con los cursos efluentes. En cuanto a lo aniones se observó mayor dispersión en SEP, siendo en algún caso de tipo clorurada bicarbonatada. Para SLP los bicarbonatos fueron predominantes. SLP presentó una mayor concentración de calcio y magnesio que SLT. Los carbonatos nunca se detectaron en SEP debido a que su pH fue siempre menor a 8,3, por el contrario, el mayor contenido de este anión se midió en SLT (67,5 mg/l), presentando un valor medio de pH de 8,7. Los arroyos efluentes, por su parte, presentaron una composición química de tipo bicarbonatada sódica. Los parámetros estadísticos del contenido iónico de estos cursos de agua se muestran en la Tabla 5.12.

**Tabla 5.12 . Parámetros estadísticos de las variables fisicoquímicas de los arroyos afluentes y efluentes a las lagunas.**

Parámetro	CUENCA DE LAGUNA LA BRAVA								CUENCA DE LAGUNA DE LOS PADRES							
	SEP				STJ				SLP				SLT			
	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	28,8	52,2	40,1	10,0	13,5	39,0	21,4	10,2	20,6	49,5	34,9	11,9	20,0	23,7	21,8	1,9
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	21,4	43,7	30,3	9,5	20,0	37,8	27,4	6,5	21,6	67,3	43,3	18,9	28,3	42,3	34,3	7,2
Na <sup>+</sup> (mg/l)	126,4	266,4	183,6	61,3	111,0	306,0	170,0	73,4	98,6	162,4	136,4	31,0	112,0	273,0	178,3	84,2
K <sup>+</sup> (mg/l)	3,2	4,9	4,1	0,7	7,7	9,7	8,9	0,9	5,2	9,6	7,3	1,8	5,7	8,9	7,6	1,6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	62,8	250,0	141,0	79,6	56,5	173,0	89,3	42,8	89,7	122,0	107,6	15,1	47,1	153,9	93,7	54,7
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	282,2	388,7	334,3	44,8	320,0	1041,2	559,0	263,1	308,6	596,4	403,5	135,6	314,1	372,7	335,6	32,3
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,9	10,7	26,1	0,0	64,0	24,0	30,6	53,3	85,2	67,5	16,3
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	17,8	66,4	31,9	23,2	4,9	76,8	27,9	25,9	12,1	25,0	16,5	5,8	10,9	54,0	25,4	24,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1,0	31,3	9,6	14,6	1,0	52,2	9,5	20,9	1,0	7,2	2,6	3,1	1,0	43,8	16,1	24,0
Temp (°C)	15,3	22,1	19,1	3,3	16,1	26,1	20,1	3,6	9,4	24,8	17,3	6,5	10,1	26,4	18,9	8,2
pH	7,3	8,1	7,6	7,7	7,5	9,0	7,8	7,9	7,9	8,3	8,0	8,4	8,5	9,0	8,7	9,0
CE (µS/cm)	640,0	684,0	658,5	18,9	457,0	801,0	629,0	131,7	770,0	827,0	808,5	26,1	768,0	920,0	822,7	84,5
Dureza (mg/l)	161,2	283,8	239,6	55,2	117,0	232,0	167,7	42,0	214,1	332,0	267,6	50,6	178,0	226,3	197,8	25,3

Referencias: SEP: A° El Peligro; STJ: A° Tajamar; SLP: A° de Los Padres; SLT; A° de la Tapera; CE: conductividad eléctrica, Temp: temperatura; Min: mínimo; Max: máximo; DE: desvío estándar.



**Figura 5.31 . Composición iónica de los principales arroyos de la zona.**

### 5.3.3.2 Parámetros físico químicos

Los arroyos de la zona de estudio presentaron valores medios de CE de 732,86 µS/cm y un rango de variación de 457,0 a 1080,0 µS/cm. El pH varió de 7,30 a 8,98 con un promedio de 7,92. La temperatura media fue de 18,78 °C con un rango 9,4-26,4 °C.

En general, SLT y STJ mostraron los menores valores promedio de CE, oscilando entre 457 y 920  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un valor medio de 699  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que los valores medidos en SLP y SEP variaron entre 640 y 827  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un valor medio de 733  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La CE promedio del agua en SEP es de 658  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras en SLP el valor medio es de 808  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En el caso de los arroyos efluentes, las CE medias son de 646 (STJ) y de 822  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (SLT). El valor de pH en los cursos de agua superficial fluctuó entre 7,3 y 9,0, con un promedio general de 7,92. Los valores más altos se observan en los arroyos efluentes, con un rango de variación de 7,47 a 8,98 y un promedio de 7,98, mientras que en los cursos afluentes este parámetro varía de 7,3 a 8,3 con un valor medio de 7,77. Los arroyos de la Cuenca de la Laguna La Brava mostraron los mayores valores promedio de pH y CE en comparación con los cursos de agua de la Cuenca de la Laguna de Los Padres (Tabla 5.12).

La temperatura del agua registrada en los arroyos respondió a la variación estacional. Es importante destacar que los arroyos efluentes de ambas lagunas se secaron como consecuencia del período de sequía registrado en gran parte de la región Pampeana durante 2008-2009. SLT tuvo caudal nulo durante los meses de febrero y marzo de 2009 y STJ en el mes de abril de 2009. Además de la baja precipitación, en el primer caso, posiblemente la compuerta colocada en la naciente de este arroyo permaneció cerrada durante este período de manera de mantener el nivel hidrométrico de la laguna, mientras que en el segundo caso, la presencia de un denso juncal pudo haber interferido en el drenaje.

#### 5.4 MACRÓFITAS ACUÁTICAS

El término macrófitas hace referencia a un grupo heterogéneo de plantas acuáticas pluricelulares con versatilidad biológica y ecológica debida a su historia evolutiva y plasticidad morfológica, dentro del cual se incluye a las macroalgas, hepáticas, pteridófitas, gimnospermas y angiospermas. De acuerdo a su morfología y fisiología, las macrófitas pueden clasificarse según su forma de fijación en: macrófitas fijas al sustrato (emergentes, flotantes y sumergidas) o macrófitas flotantes libres (Wetzel, 1981).

Las macrófitas tienen un papel muy importante en la estructura y funcionamiento de los lagos someros, y constituyen, por tanto, un elemento clave en el diseño de estrategias de conservación y rehabilitación de estos ambientes. El rol múltiple de este grupo de plantas acuáticas en la ecología de los lagos está íntimamente ligado a su distribución y biomasa, lo cual es una

sinergia de varios factores ambientales (Nurminen, 2003). Condicionan las propiedades físico-químicas del agua y la estructura de otras comunidades bióticas (Ej. zooplancton y peces), mediante la regulación de los intercambios entre los ecosistemas terrestres y acuáticos (Meerhoff y Mazzeo, 2004). Además, intervienen en el ciclado de nutrientes, la productividad primaria y la transferencia trófica de sustancias (Takamura *et al.*, 2003; Shilla *et al.*, 2006; Baldy *et al.*, 2007).

En la mayoría de las lagunas pampeanas, existe un cordón de macrófitas que se disponen en su contorno, a veces en el interior o sólo en las orillas, siendo *Schoenoplectus californicus* ("junco") la especie dominante. Esta vegetación ribereña cumple una función clave ya que actúa a modo de barrera entre el sistema terrestre y el agua. Las macrófitas reducen el ingreso de diferentes elementos tales como nutrientes, sedimento, contaminantes, y además proveen micrositios para la diferenciación de sectores ecológicos dentro del propio ambiente (van de Haterd y Ter Heerdt, 2007; Grosman, 2008). También se conoce que las plantas sumergidas y emergentes son capaces de retener contaminantes presentes en las aguas superficiales (Wetzel, 2001). Hay antecedentes que indican que estas plantas se utilizan en sistemas de fitorremediación (en la absorción, bioconcentración y movimiento de nutrientes relacionados con la eutrofización, así como también de contaminantes organoclorados) en humedales y riberas, siendo las especies adaptadas al hábitat natural las principales candidatas (Miglioranza *et al.*, 2002; Gómez *et al.*, 2004a, b).

Son bien conocidos los factores que influyen en la distribución y biomasa de macrófitas sumergidas (Duarte *et al.*, 1990; Sheffer, 2004), no así en las emergentes. A continuación se propone estimar la biomasa de la población de *Schoenoplectus californicus* ("junco") en las lagunas La Brava y de Los Padres, y evaluar tanto su variación estacional como su relación con distintos factores ambientales.

#### **5.4.1 Metodología**

Se realizó el muestreo de vegetación palustre en cuatro estaciones seleccionadas a partir de un trabajo antecedente en Laguna La Brava (Romanelli, 2006) y de un reconocimiento previo en el caso de la Laguna de Los Padres, empleando una embarcación con la cual se bordeó todo el perímetro de los cuerpos de agua (Figura 5.32). En cada una de las estaciones se tomaron 10 puntos de muestreo, aplicando el muestreo sistemático o regular simple que consiste en ubicar los puntos de muestreo a intervalos regulares a lo largo de una transecta paralela a la orilla. La

distancia entre los puntos de muestreo fue constante a lo largo de la transecta, excepto que en la franja vegetada existieran diferentes sectores o estratos distinguibles, por ejemplo, por la densidad de la vegetación (Dadon y Vécari, 1995). En cada punto se midió la profundidad de la columna de agua, determinó el porcentaje de cobertura de juncos presentes en un área delimitada por un cuadrado de madera de 0,5 m x 0,5 m y se colectaron 10 juncos. A fin de determinar el número de muestras a extraer se realizó un muestreo preliminar en el que se tomaron 10 muestras al azar, se pesaron y se obtuvo el N según la fórmula de Milner y Hughes (1970).

El muestreo de helófitas se realizó durante un ciclo anual (verano, otoño, invierno y primavera de 2008), un muestreo previo a este período (primavera de 2007) y dos muestreos posteriores al mismo (al inicio y finalización del verano de 2009). En total fueron siete muestreos por laguna. Para la estimación de la biomasa (peso húmedo) se cortaron los ejemplares de junco colectados en la transecta a ras del agua (Figuras 5.33 y 5.34). Dado que esta especie se encuentra fuertemente arraigada al fondo, resulta difícil arrancarla de raíz, más aún cuando se trabaja desde una embarcación. Conociendo la profundidad del lugar y el peso promedio de una sección de planta de 1 cm de altura, pudo estimarse la biomasa de las partes sumergidas (Tur y Rossi, 1976). Se midió la altura de los ejemplares cosechados y se promediaron los valores obtenidos dentro de una misma muestra. Los ejemplares recolectados se guardaron en cámara de frío hasta su procesamiento.

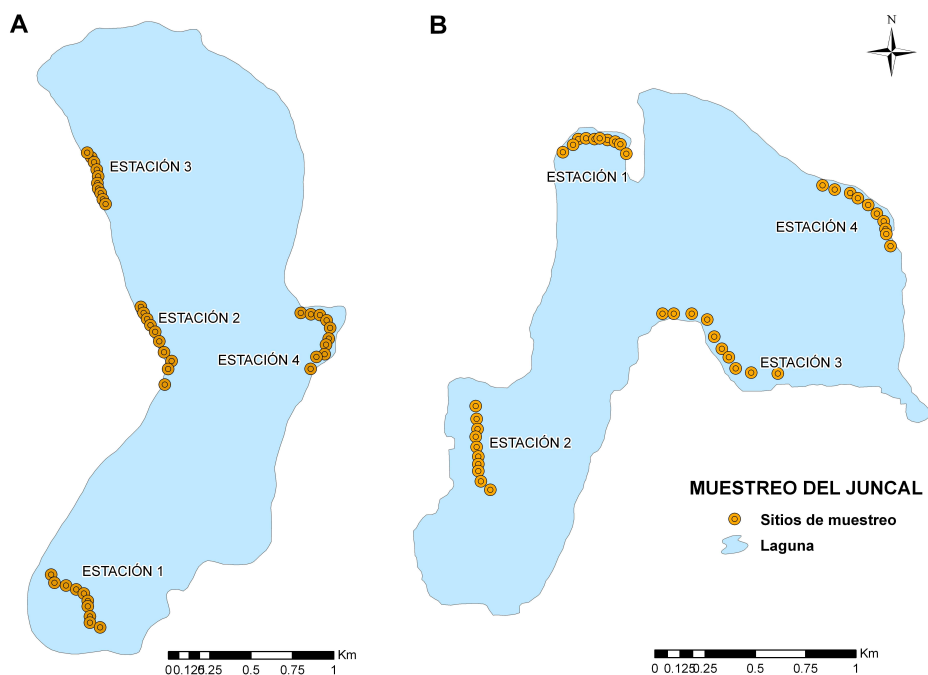


Figura 5.32 . Estaciones de muestreo del juncal en las lagunas A) La Brava y B) de Los Padres.

Para conocer el tipo de relación existente entre algunas variables físico – químicas (profundidad, temperatura (T), transparencia, turbidez, conductividad eléctrica (CE), pH, dureza total, iones principales, fósforo total (PT) y  $\text{NO}_3^-$ ) y las biomazas aérea y sumergida de *Schoenoplectus californicus*, se realizaron análisis de correlación de Spearman utilizando para ello el programa SIGMA STAT (Zar, 1984). En forma adicional se realizaron ordenaciones multivariadas utilizando el programa Canoco 4.0 para Windows (Ter Braak y Šmilauer, 1998). Para estas ordenaciones se incluyeron sólo las variables que presentaron una correlación significativa con los atributos bióticos. Así, los valores de profundidad, temperatura del agua, turbidez y CE de la columna de agua fueron utilizados (previa transformación con función raíz cuadrada) para la creación de la matriz abiótica. Para la biótica, se incluyeron los valores de biomasa vegetal aérea y sumergida, los cuales fueron debidamente transformados utilizando la función logarítmica en base diez.

En primera instancia, se realizó un DCA (Detrended Correspondence Analysis) para determinar si correspondía describir la relación existente entre la biomasa de *S. californicus* y ciertas variables ambientales por técnicas unimodales o lineales. Dado que los datos presentaron una longitud de gradiente menor que dos unidades de desviación estándar, se procedió a la utilización del método de ordenamiento lineal PCA (Principal Component Analysis) para modelar dicha relación.

Se construyó el mapa de distribución espacial de *S. californicus* en las dos lagunas en estudio a partir de una imagen satelital Landsat 5 TM de noviembre de 2008 y censos de vegetación utilizando un GPS Garmin eTrex Vista. Las bandas utilizadas fueron: 1 (azul), 2 (verde), 3 (roja), 4 (infrarrojo cercano), 5 (infrarrojo medio) y 7 (infrarrojo lejano). Las imágenes completas de cada banda fueron georreferenciadas a coordenadas planas del sistema Gauss-Krüger (Campo Inchauspe, Faja 6). Posteriormente se procedió a realizar distintos tratamientos para la identificación de la vegetación acuática y su distribución en cada una de las lagunas. El análisis digital consistió en:

Imagen falso color compuesto (345): se combinaron las bandas 3, 4 y 5 para obtener una imagen compuesta RGB. Se eligió esta combinación de bandas por permitir una mayor discriminación del agua y la cobertura vegetal.

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (Chuvieco Salinero, 2002; Meijerink, 2007): Mediante el módulo Spatial Analyst del software ArcGis 9.2 se obtuvo una imagen con formato raster, en la cual el valor de cada píxel es resultado de la siguiente ecuación:

$$NDVI (i) = (\rho_{i,IRC} - \rho_{i,R}) / (\rho_{i,IRC} + \rho_{i,R})$$

Donde  $\rho_{i,IRC}$  y  $\rho_{i,R}$  indican las reflectividades del píxel  $i$  en la banda del infrarrojo cercano y del rojo, respectivamente.



Figura 5.33 . Muestreo de *Schoenoplectus californicus*.



Figura 5.34 . Procesamiento en el laboratorio de los ejemplares de junco colectados.

#### 5.4.2 Determinación de la biomasa y variación estacional de *Schoenoplectus californicus* y su relación con variables ambientales

La biomasa total de la helófito *Schoenoplectus californicus* muestra una variación estacional opuesta en ambas lagunas estudiadas. Los picos máximos y mínimos de biomasa vegetal no fueron coincidentes en la población de *S. californicus* de las dos lagunas en estudio (Figura 5.35). En la Laguna de Los Padres se detectan los máximos valores de biomasa total en otoño de 2008 y a finales de verano de 2009. En el caso de La Brava, los mayores valores de biomasa total fueron en verano y primavera de 2008. En general se observa que, antes del inicio del período de sequía en primavera de 2008, cuando la profundidad de la columna de agua es mayor, la biomasa vegetal es mínima.

Es evidente el desfase en la variación estacional que existe a lo largo del período de muestreo en la biomasa total de *S. californicus* y en la profundidad de la columna de agua en ambas lagunas. En la Laguna La Brava este patrón se ve más atenuado y gradual que en la Laguna de Los Padres. Una posible explicación es que, como se mencionó en el Apartado 5.22, la morfometría del primer cuerpo de agua es más constante en el tiempo. Por el contrario, la Laguna de Los Padres es más dinámica y sus parámetros morfométricos son más dependientes del régimen de precipitaciones.

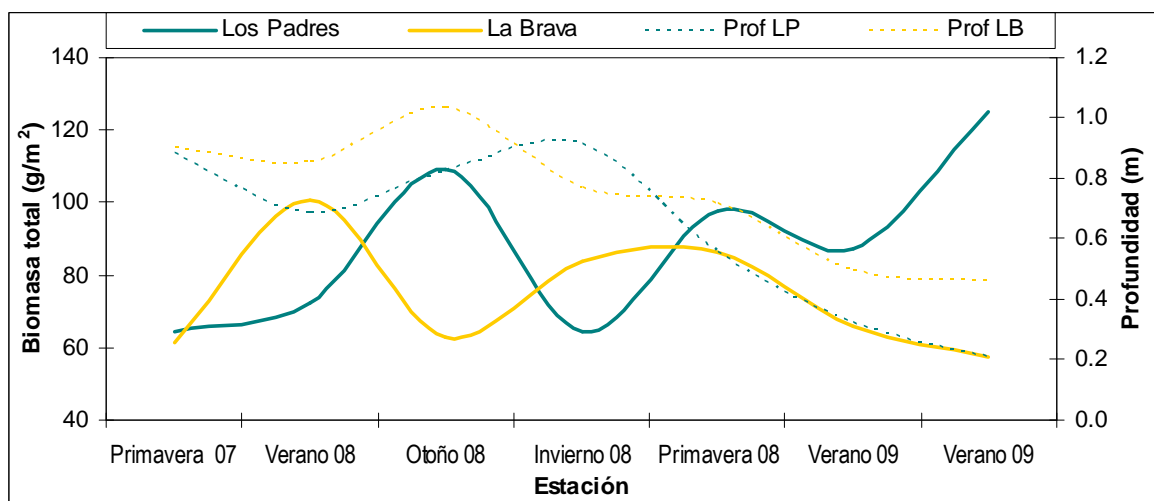


Figura 5.35 . Variación estacional de la biomasa total de *S. californicus* y de la profundidad de la columna de agua en las lagunas La Brava y de Los Padres.

En ambas lagunas las macrófitas se distribuyeron en forma de anillo periférico rodeando un espejo de agua central (Figura 5.36). El porcentaje del área cubierta por vegetación emergente resultó mayor para la Laguna de Los Padres que para la Laguna La Brava, siendo del 24,44 % y del 11,13 % del de la superficie total de las lagunas, respectivamente. El área de juncal fue de 0,678 km<sup>2</sup> en el primer humedal y de 0,439 km<sup>2</sup> en el segundo.

La distribución de la vegetación acuática en un ambiente léntico está determinada principalmente por la topografía lacustre, variaciones en los niveles del agua y la profundidad (Takamura *et al.*, 2003). Las diferencias existentes en el porcentaje de cobertura de vegetación emergente en las dos lagunas pueden explicarse si se consideran también los parámetros morfométricos de ambas, principalmente la profundidad máxima y la relación volumen/superficie. Una menor profundidad de la columna de agua y pendientes menos abruptas en la zona litoral, sumado a una menor relación volumen/superficie, estaría favoreciendo una mayor colonización y biomasa de *S. californicus* en la Laguna de Los Padres.

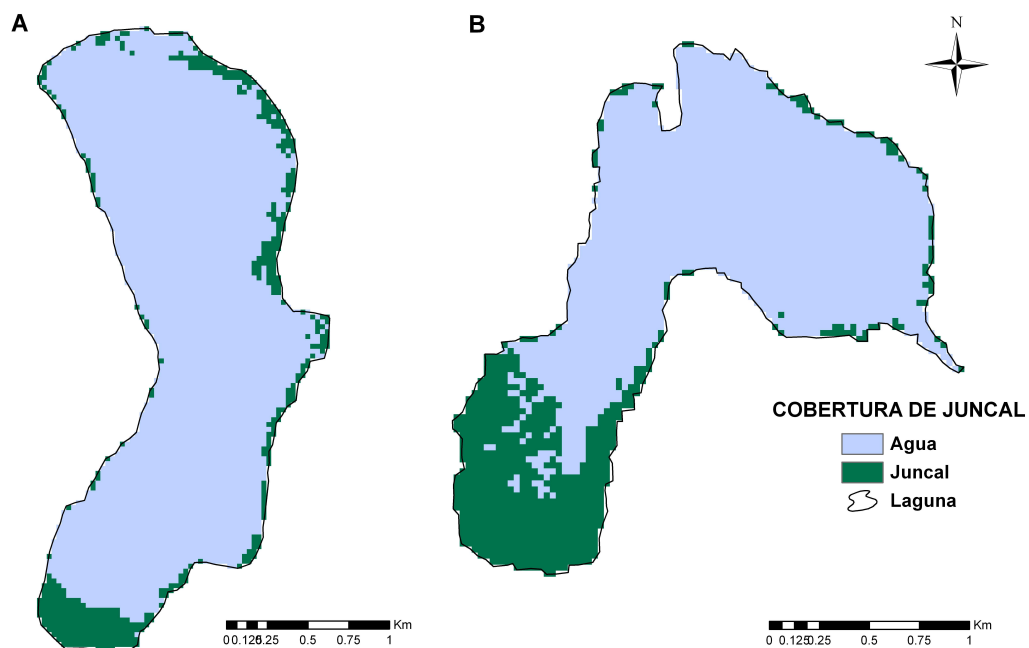


Figura 5.36 . Mapa de distribución espacial de *S. californicus* en las lagunas A) La Brava y B) de Los Padres.

El aporte que hacen los juncos en cuanto a biomasa total y, por tanto, a la productividad primaria de la Laguna La Brava fue de 333,83 g peso fresco/m<sup>2</sup>/año y de 343,52 g peso fresco /m<sup>2</sup>/año para la Laguna de Los Padres. Expresado este término en función del área cubierta por juncal en cada

laguna, se obtuvo un valor de biomasa total de 146551,37 y 232906,56 Kg/año para La Brava y de Los Padres, respectivamente.

Al igual que ocurre en la gran mayoría de las lagunas pampásicas, *S. californicus* fue la macrófita dominante en la zona litoral de ambas lagunas en estudio. La mayor concentración de juncal se produce principalmente en la zona de ingreso y egreso de agua. En la Laguna de Los Padres también se observó la macrófita flotante *Ricciocarpus natans* desde la primavera de 2007 hasta el otoño de 2008. En la Laguna La Brava también fue posible encontrar carpeta vegetal flotante de *Ricciocarpus natans* durante la primavera de 2007 y el verano de 2008, y un sector con *Typha latifolia* ("tatora") a partir de la primavera de 2008. Desde el invierno de 2008 también pudo hallarse *Ceratophyllum demersum* ("cola de zorro" sumergida) y *Potamogeton pectinatus* ("pasto de agua") en otoño de 2008.

No existía hasta el momento un relevamiento en detalle de la distribución de la vegetación litoral en la Laguna de Los Padres. En la Laguna La Brava, por el contrario, Cordini (1942) y Romanelli (2006) han realizado un mapeo de cobertura de juncal (Figura 5.37). El área cubierta por *S. californicus* fue de 0,715 y 0,685 km<sup>2</sup> en 1942 y 2006, respectivamente.

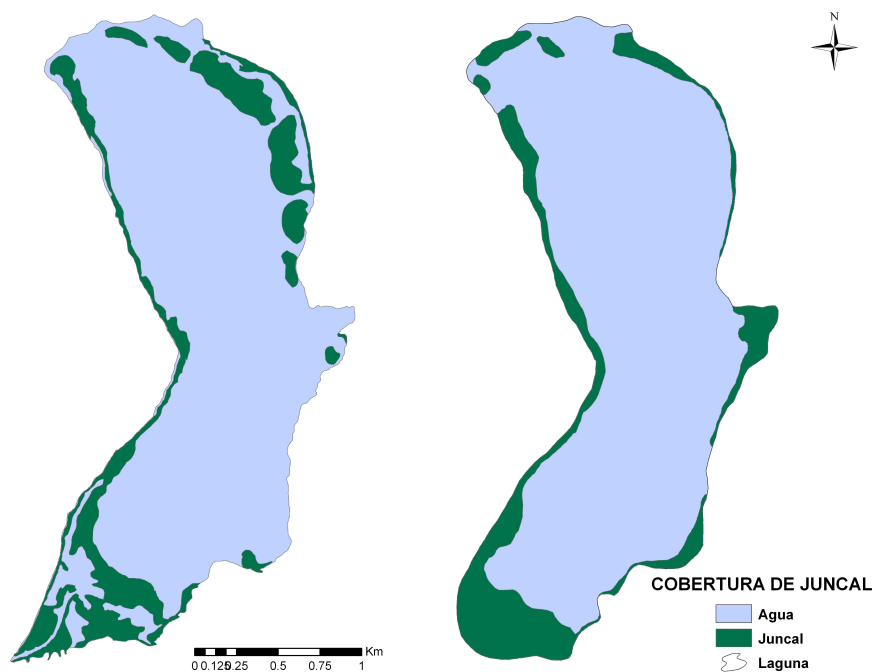


Figura 5.37 . Mapas de distribución espacial de *S. californicus* en la laguna La Brava por A) Cordini (1942) y B) Romanelli (2006).

El análisis de correlación realizado entre las variables bióticas (biomasa aérea y sumergida de *S. californicus*) y ambientales evidenció relaciones significativas entre algunas de ellas. Así, la biomasa aérea se correlacionó negativamente con la profundidad de la columna de agua y positivamente con la temperatura y la CE (Figura 5.38.A). Por el contrario, la biomasa sumergida mostró una correlación positiva con la profundidad y negativa con la CE y la turbidez (Figura 5.38.B). Ninguno de los atributos bióticos mencionados presentó correlaciones con la transparencia, pH, dureza total, iones principales y contenido de  $\text{NO}_3^-$  y PT.

A partir del análisis de PCA se analizó la relación existente entre las principales variables ambientales y la población de *S. californicus* de las dos lagunas en estudio (Figura 5.39). El primer eje contrastó muestras principalmente de invierno y primavera, caracterizadas por altos valores de biomasa vegetal palustre (tanto aérea como sumergida) y de turbidez de la columna de agua (a la derecha del gráfico), con aquellas muestras principalmente tomadas en otoño y verano (a la izquierda del gráfico). El resto de las variables ambientales incluidas en el presente análisis mostraron una mayor relación con el eje 2 y permitieron agrupar muestras procedentes de la Laguna de Los Padres, con mayores valores de CE y temperatura del agua y biomasa aérea vegetal (cuadrante positivo), con aquéllas principalmente de la Laguna La Brava, asociadas a una mayor profundidad de la columna de agua y alta biomasa vegetal sumergida (cuadrante negativo).

Los resultados del análisis de componentes principales fueron congruentes con los valores de las variables ambientales y bióticas obtenidos en cada uno de los muestreos realizados. En la Laguna de Los Padres se detectaron los mayores valores de CE, temperatura, turbidez y biomasa aérea de *S. californicus*, en promedio 670,43  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 21,72 °C, 98,90 m y 62,70  $\text{g}/\text{m}^2$ , respectivamente; mientras que en la Laguna La Brava los mismos fueron de 634,81  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 19,73 °C, 48,03 UNT y 45,88  $\text{g}/\text{m}^2$ . Por el otro lado, este humedal mostró una mayor profundidad de la columna de agua y biomasa vegetal sumergida, en promedio 0,74 UNT y 28,17  $\text{g}_{\text{peso fresco}}/\text{m}^2$ , respectivamente. Por el contrario, en la Laguna de Los Padres estos valores fueron de 0,63 m y 62,70  $\text{g}_{\text{peso fresco}}/\text{m}^2$ , respectivamente.

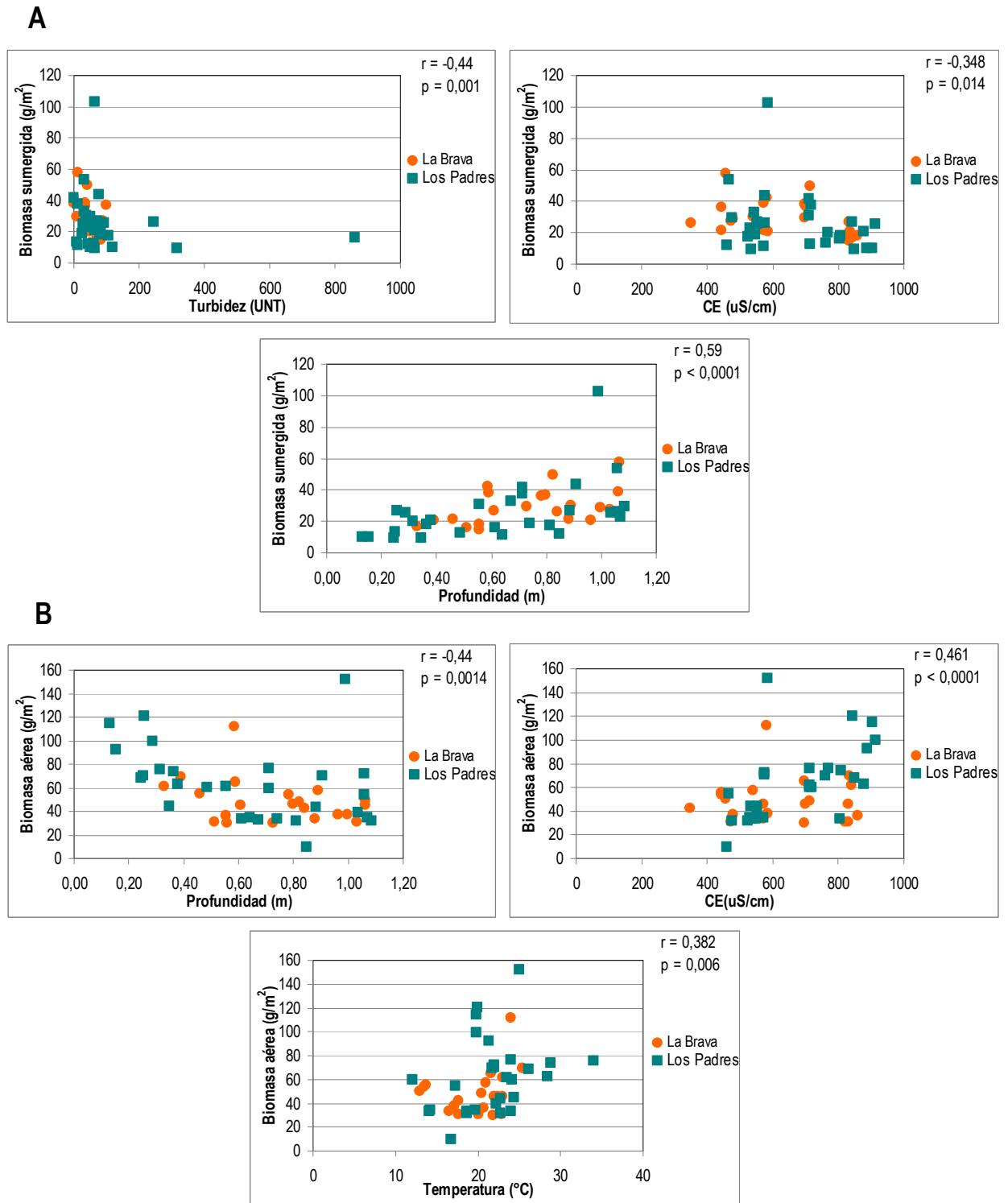


Figura 5.38 . Correlaciones significativas entre las variables bióticas, A) Biomasa sumergida y B) Biomasa aérea de *S. californicus*, y ambientales analizadas.

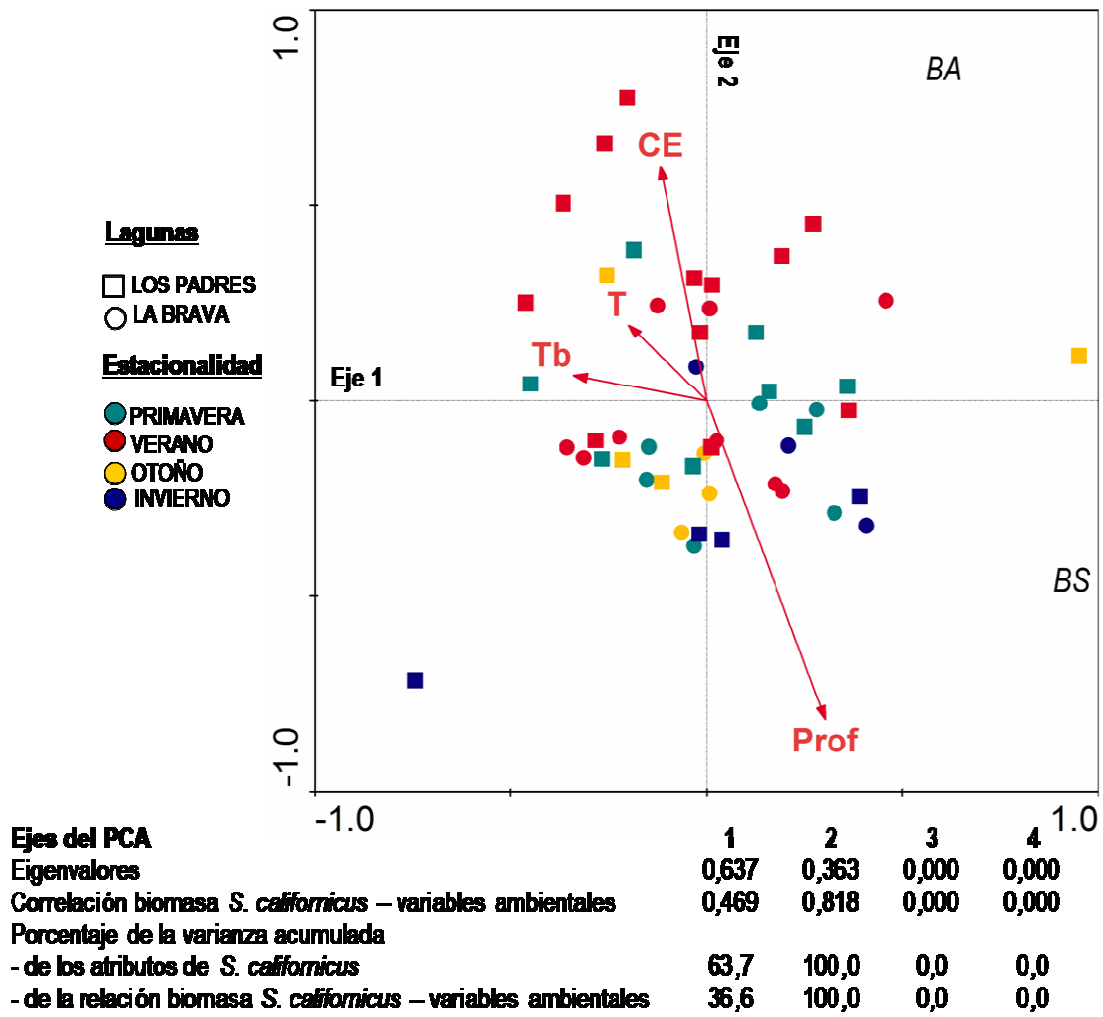


Figura 5.39 . Análisis de componentes principales (PCA). Relación de las variables ambientales con la población de *S. californicus* en las lagunas La Brava y de Los Padres.

## CAPÍTULO 6. AGUAS SUBTERRÁNEAS

### 6.1 INTRODUCCIÓN

La interacción agua superficial-agua subterránea juega un rol importante en el ciclo hidrológico, por lo tanto, tiene gran impacto en la sustentabilidad y calidad del recurso hídrico subterráneo (Gao *et al.*, 2010). Elaborar modelos conceptuales que expliquen adecuadamente el funcionamiento y relación de los diferentes cuerpos de agua en una zona determinada, resulta esencial a la hora de ajustar y/o generar políticas de gestión que permitan el adecuado aprovechamiento del recurso hídrico tanto superficial como subterráneo y que garanticen la sustentabilidad del mismo en el tiempo. Existe una importante limitación en este sentido, que es el hecho que la información necesaria para determinar las relaciones hidrodinámicas de los humedales con otros cuerpos de agua es escasa y difícil de obtener (Romanelli *et al.*, 2010). No obstante, a partir de herramientas convencionales en Hidrogeología, como son la hidrodinámica, la hidroquímica y la hidrología isotópica, es posible acceder al modelo básico de funcionamiento hidrológico del sistema.

### 6.2 CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA

La geología es un factor condicionante del funcionamiento de los acuíferos, en cuanto a la distribución de los materiales con diferente conductividad hidráulica, y a la presencia de fallas, fracturas, etc. Además, el medio geológico en el cual circula el agua no es una roca homogénea, sino que presenta discontinuidades debidas a los procesos de formación y de alteración de la roca o de ambos a la vez. Así, las condiciones geológicas de la zona influirán en el comportamiento de la circulación del agua (Escuder *et al.*, 2009).

Aunque se suele asumir que las áreas topográficamente elevadas son zonas de recarga de aguas subterráneas, mientras las áreas topográficamente más bajas lo son de descarga, esto es cierto básicamente para los sistemas de flujo regional. Al superponer los sistemas de flujo local asociados a los cuerpos de agua superficial, a las condiciones regionales, resultan interacciones

complejas, y esto ocurre independientemente de su posición topográfica. Para comprender la relación del agua superficial con el agua subterránea es importante considerar la posición del cuerpo superficial con respecto al sistema de flujo de agua subterránea, sumado a las características geológicas del terreno y las condiciones climáticas (Winter, 1999).

### **6.2.1 Metodología**

Se realizó un censo de perforaciones a escala local para determinar la profundidad de la capa freática en este sector del Corredor Mar del Plata-Balcarce, utilizando una sonda eléctrica bipolar con señal sonora graduada al centímetro y posicionamiento del punto mediante GPS Garmin eTrex Vista (Figura 6.1). La profundidad del nivel freático fue medida en pozos de abastecimiento domiciliario, molinos y pozos de riego. Se contó con 61 puntos de medición en el área de estudio para completar el esquema hidrodinámico regional. La densidad de muestreo, entonces, resultó de 1 punto cada 8,3 km<sup>2</sup>. La cantidad de puntos a censar dependió de la posibilidad de acceso a las propiedades privadas que conforman la zona. El censo hidrogeológico de pozos se desarrolló desde mayo de 2008 a septiembre de 2009.

Los niveles piezométricos se obtuvieron por diferencia entre la profundidad del nivel freático medida en campo y la cota de superficie obtenida para cada punto de medición, utilizando para ello el modelo digital del terreno (MDT). Con los valores de niveles piezométricos calculados se trazaron las curvas isopiezas mediante interpolación manual con el software SIG ArcGIS 9.2 (ESRI, 2007).

En base a los datos obtenidos se construyeron los mapas de espesor de zona no saturada y piezométrico, este último a partir de las curvas isopiezas trazadas mediante interpolación manual. Las flechas que indican el sentido del flujo del agua se trazaron desde las líneas de mayor a menor cota piezométrica, en la dirección de la máxima pendiente (perpendiculares a las mismas). Todos los mapas con formato raster y una resolución espacial de 20 m se realizaron utilizando la herramienta SIG antes mencionada.

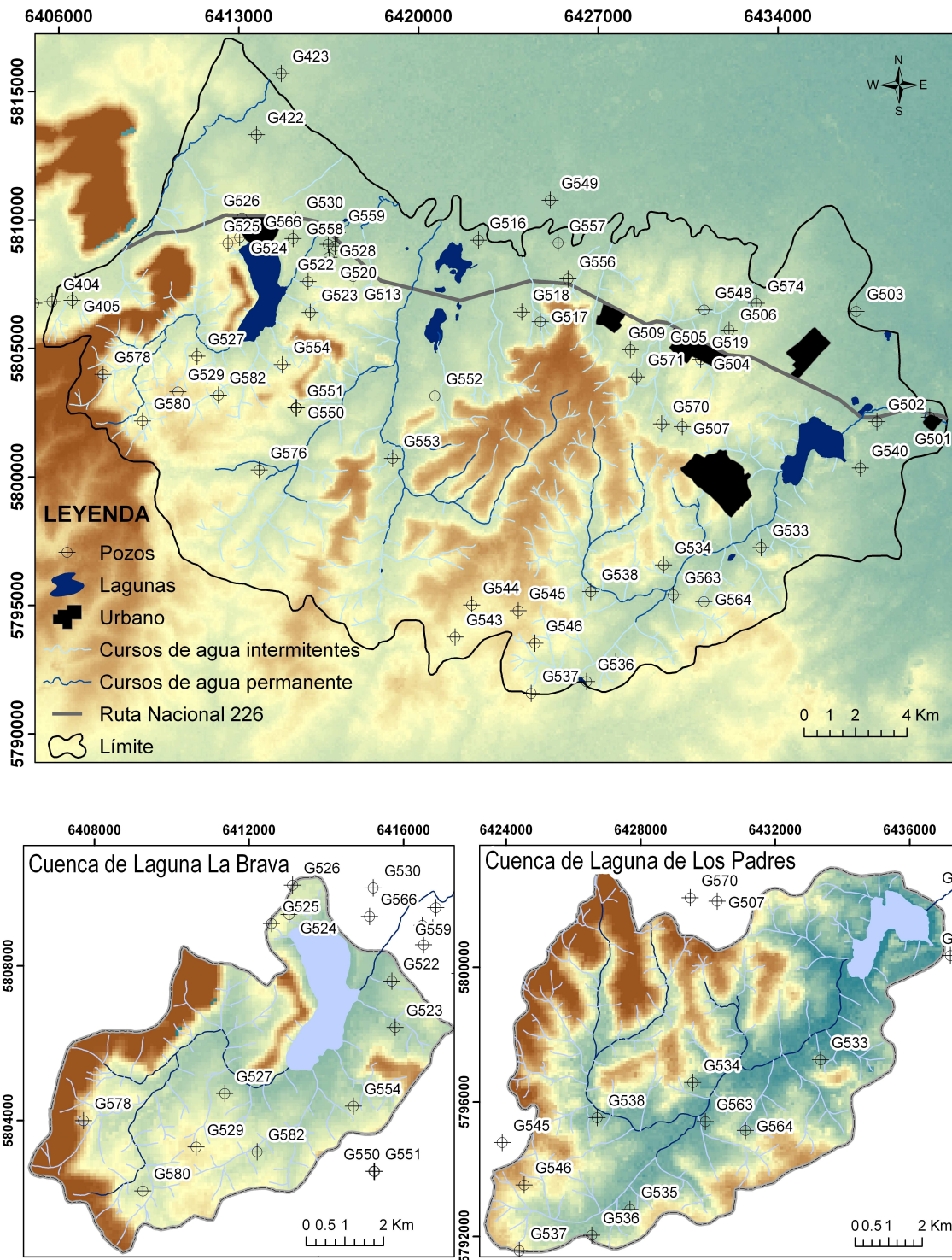


Figura 6.1. Mapa de localización de los pozos utilizados en el análisis piezométrico.

## 6.2.2 Espesor de la zona no saturada

La zona no saturada (ZNS) merece especial atención ya que ella representa la primera y más importante defensa natural contra la contaminación de las aguas subterráneas. Esto no se debe solamente a su posición estratégica entre la superficie y la capa freática sino también porque su ambiente es generalmente más favorable para la atenuación y eliminación de los contaminantes (Foster e Hirata, 1991; Foster *et al.*, 1992). Por esta razón, el espesor de la zona no saturada resulta un elemento clave a la hora de evaluar la vulnerabilidad del acuífero ante potenciales eventos contaminantes (Aller *et al.*, 1985; Foster e Hirata, 1988; Vrba y Adams, 2008).

El flujo de agua y el transporte de contaminantes desde la superficie del suelo al nivel freático, tienden a ser un proceso lento. Esto significa que puede tomar muchos años, aún décadas, antes que se detecten los efectos de un episodio de contaminación por un contaminante persistente en los pozos de explotación. La preocupación por la contaminación de las aguas subterráneas se relaciona principalmente a los acuíferos no confinados o freáticos, especialmente donde su ZNS es delgada y el nivel freático es poco profundo (Foster e Hirata, 1991; Foster *et al.*, 1992; Foster *et al.*, 2002).

De acuerdo a lo anteriormente mencionado el mapa de espesor de la zona no saturada de un área resulta una herramienta indispensable a la hora de planificar usos del territorio y/o evaluar posibles impactos de actividades humanas sobre el agua subterránea. Una de las aplicaciones más extendidas es su utilización como variable para la elaboración de mapas de vulnerabilidad de acuíferos (Aller *et al.*, 1987; Foster e Hirata, 1987; Vrba y Zaporozec, 1994; Auge, 2004b).

En la zona de estudio el espesor de la ZNS varía entre 1,2 y 60 mbnt (metros bajo el nivel del terreno), con un valor promedio de 19,9 mbnt y un desvío estándar de 14,3. Los mayores espesores (25 a 60 mbnt) se encuentran en la cuenca alta de laguna La Brava cercano a los bloques serranos y al norte de la cuenca de laguna de Los Padres, y mientras que los de menor espesor (menor a 10 mbnt) se ubican al oeste y este del área, coincidentes con las zonas periurbanas-rurales de las ciudades de Mar del Plata y Balcarce. En el sector norte de la Sierra la Brava se detectaron los máximos espesores (Figura 6.2). El 34,9% del total del área corresponde a espesores de ZNS menores a 10 mbnt, el 15,8% con espesores entre 10 - 25 mbnt, y el 28,7% posee espesores en el rango 25 - 45 mbnt, mientras que tan sólo el 0,45% son espesores mayores a 45 mbnt.

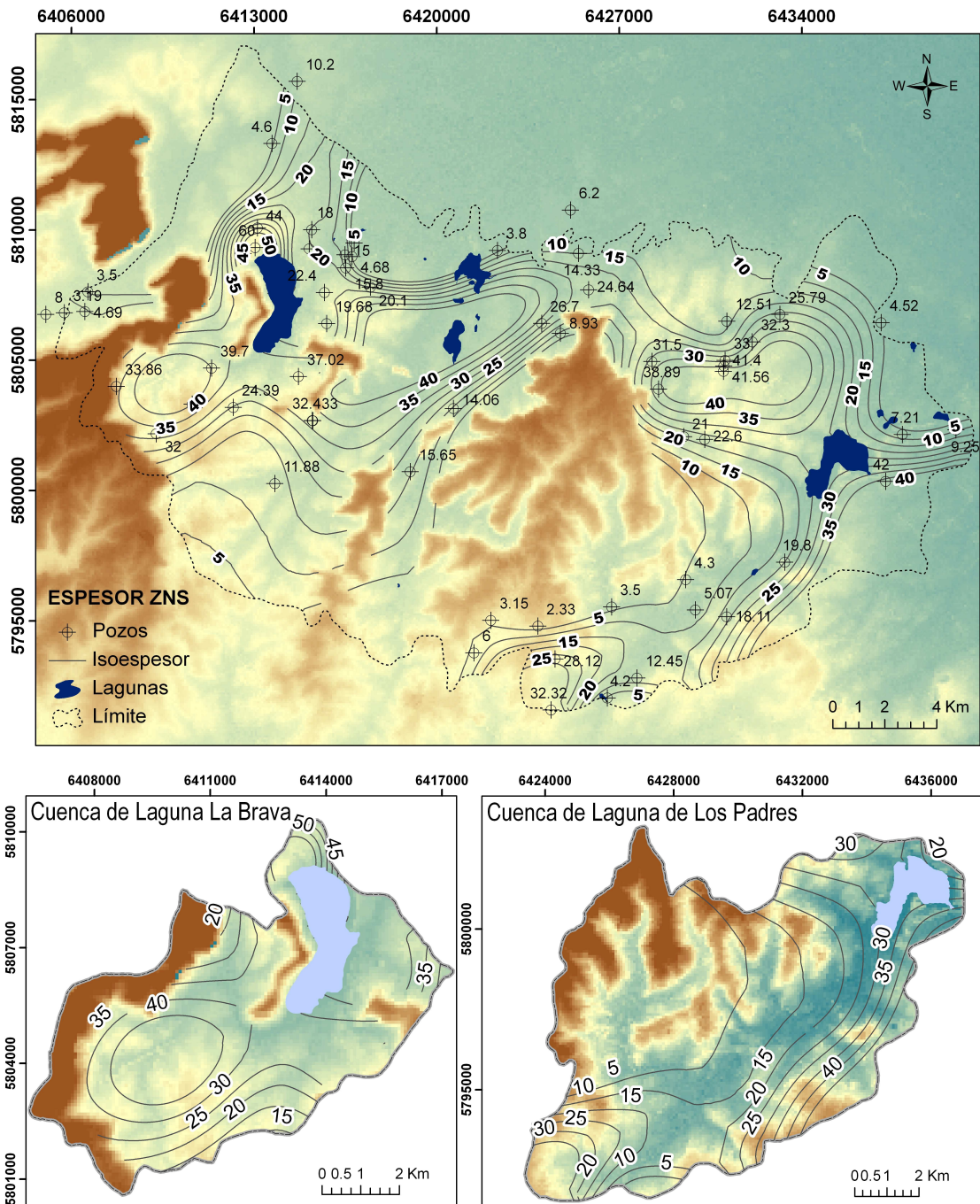


Figura 6.2. Mapa de isoespesor de ZNS.

### 6.2.3 Piezometría

La distribución de las isopiezas (Figura 6.3) obtenidas mediante interpolación manual determinó la existencia de un flujo subterráneo regional con dirección SO-NE que se origina en el sector serrano. El rango de cotas obtenido osciló entre 35 y 105 msnm. Se definió también la zona

principal de recarga al sistema en el sector de lomadas, y el área de descarga natural hacia la llanura fluvio-eólica (Ver Capítulo 4). Esta dirección de flujo refleja la importancia del área donde se localizan estos humedales siendo la zona de recarga del sistema acuífero que abastece a la ciudad de Mar del Plata. La equidistancia de las isopiezas refleja la reducción en el gradiente hidráulico desde las lomadas hacia la llanura.

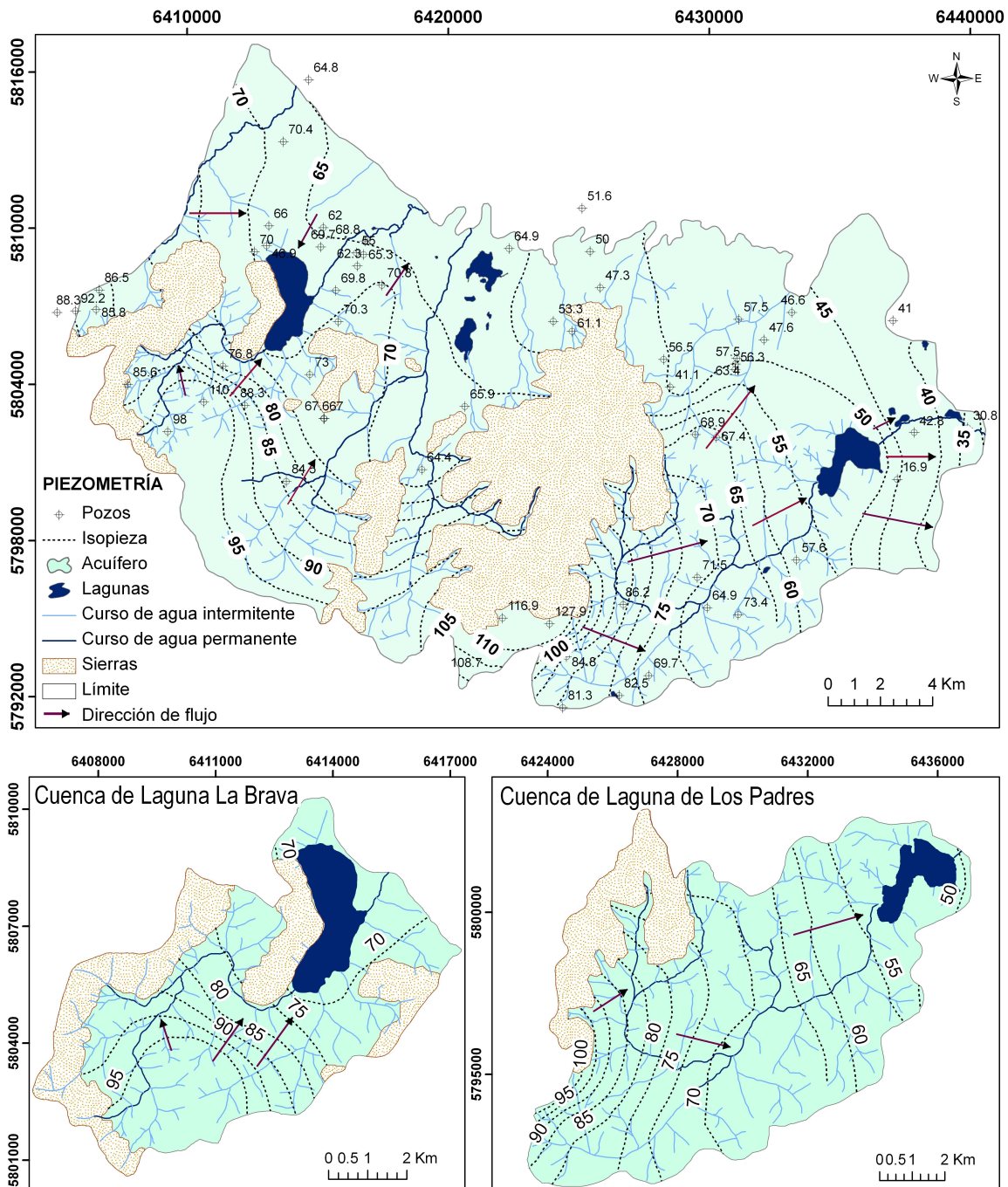


Figura 6.3. Mapa piezométrico del área de estudio.

A partir de la piezometría, además, se pudo definir el comportamiento efluente-influente de las lagunas La Brava y de Los Padres con el acuífero. De igual manera, se corrobora que tanto el agua subterránea como los arroyos afluentes constituyen las principales fuentes de recarga a estos humedales, mientras que las descargas se producen a través de sus arroyos efluentes y del acuífero.

Dada la relación lagunas-agua subterránea, estos humedales deben ser considerados como áreas de recarga al sistema. Esto resulta de suma importancia ya que estas lagunas no sólo alimentan al sistema acuífero sino que también contribuyen con el mantenimiento de los niveles freáticos de su zona de influencia.

En el caso de la Cuenca de Laguna La Brava, se da una situación particular, donde la divisoria de aguas superficial no es coincidente con la divisoria de aguas subterráneas en el sector oriental de la cuenca. Las divisorias, por su parte, son muy claras en el límite norte, oeste y suroeste ya que allí coincide con los bloques serranos; en el sector noreste, este y sureste la divisoria está conformada por lomadas suaves.

En forma general, la variación del gradiente hidráulico en la zona es suave y constante, similar a la topografía. Los mayores valores se ubican cerca del sector de sierras y van disminuyendo a medida que se acercan a la zona de llanura (Figura 6.4). Los valores encontrados variaron entre 0 y 0,0298, con un promedio general de 0,0032 y una desviación estándar de 0,0029. El 78,3 % de la superficie piezométrica presenta un gradiente menor a los 0,0051. Los valores más comunes se encuentran dentro del rango 0 a 0,0023.

Dado que el gradiente hidráulico se relaciona con el flujo subterráneo, los valores más altos de este parámetro pueden vincularse a la presencia de mayor caudal subterráneo (actuando como zona de recarga) o bien a la menor transmisividad de la roca presente. En la Cuenca de la Laguna La Brava las zonas de mayor gradiente (S) coinciden con un uso netamente agrícola con lo cual existe mayor potencialidad de contaminación del agua subterránea y también de la laguna dado su carácter efluente en este sector. En el caso de la Cuenca de la Laguna de Los Padres, se evidencia en el sector urbano (O) y parte de la zona hortícola (SO) un mayor gradiente hidráulico, lo que también podría reflejarse en una zona de mayor vulnerabilidad de contaminación al acuífero.

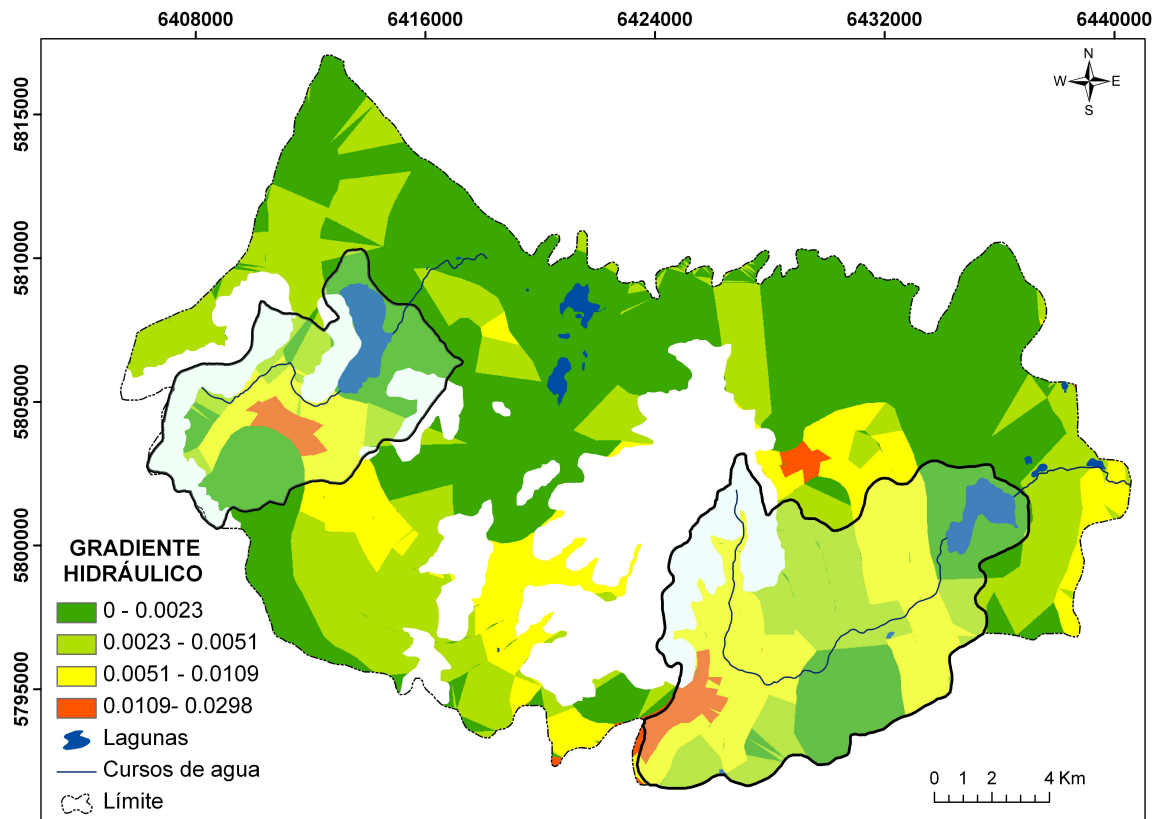


Figura 6.4. Mapa de variación del gradiente hidráulico.

### 6.3 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Las características químicas del agua subterránea son el resultado combinado de la composición del agua que ingresa al acuífero y su reacción con los minerales presentes en la roca. Una adecuada comprensión de los procesos que ocurren en el acuífero es necesaria para poder predecir los efectos de la actual actividad humana en el tiempo (Appelo y Postma, 1993).

El aumento en el uso de los recursos hídricos subterráneos ha conducido a la necesidad de una mayor comprensión de la calidad regional del agua subterránea y su adecuación para diversos usos (Edmunds *et al.*, 2003). Esta comprensión de la calidad del agua subterránea a nivel regional puede basarse en la cartografía regional de los distintos parámetros hasta los modelos basados en los procesos que describen la evolución química de las aguas subterráneas (Wanty *et al.*, 2009).

### 6.3.1 Metodología

Se realizó un muestreo de agua subterránea (N = 68) a escala regional a partir de pozos de riego, de abastecimiento domiciliario y molinos que captan el acuífero Pampeano (Figura 6.5). La toma de muestras de agua subterránea se efectuó desde mayo de 2008 a septiembre de 2009. En cada punto se recolectó por bombeo directo 1 litro de muestra en envase plástico el cual fue llenado con la precaución de no dejar burbujas de aire.

Todas las muestras de agua recolectadas se llevaron al laboratorio para obtener: alcalinidad total, nitratos, fósforo total (PT), iones conservativos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Cl}^-$ ) y dinámicos ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{-2}$ ), dureza total y residuos sólidos. Las mediciones de los parámetros químicos se hicieron en el Laboratorio de Hidroquímica del Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, siguiendo la metodología detallada en APHA (1992). Los métodos utilizados para los análisis químicos de aguas fueron: cloruros por el método de Mohr, sulfatos por turbidimetría, calcio y magnesio por titulación complejométrica con EDTA, sodio y potasio por espectrometría de llama, carbonatos y bicarbonatos por titulación potenciométrica, sílice por el método de silicomolibdato, flúor mediante el método de circonil cloruro y nitratos por el método de la brucina.

Se obtuvieron *in situ* mediciones de temperatura del agua utilizando un termómetro de mercurio, pH mediante peachímetro de campo Luftman P300 y conductividad eléctrica con conductímetro de campo Luftman C400.

La información hidroquímica fue analizada mediante una caracterización estadística general y diagramas convencionales de Piper (Hem, 1992), utilizando el paquete de computación AQUACHEM 4.0 (Calmbach y Waterloo Hydrogeologic Inc., 2003). Además, se elaboraron mapas de isovalores usando ArcGIS 9.2. Todas las estaciones de muestreo se localizaron por medio de un GPS Garmin eTrex Vista.

Por último, para estimar el peligro de sodificación que presenta el agua subterránea utilizada para la irrigación, se calculó la relación de adsorción de sodio (RAS) mediante la siguiente ecuación (Richards, 1954):

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})/2]^{1/2}$$

donde la concentración de los iones se expresa en mequivalentes/l.

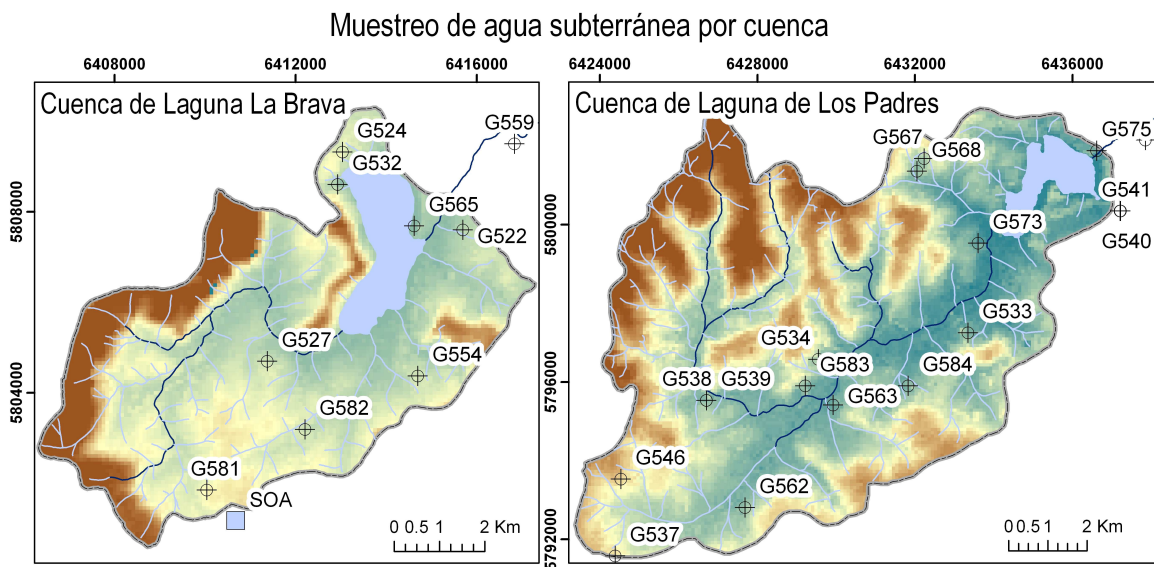
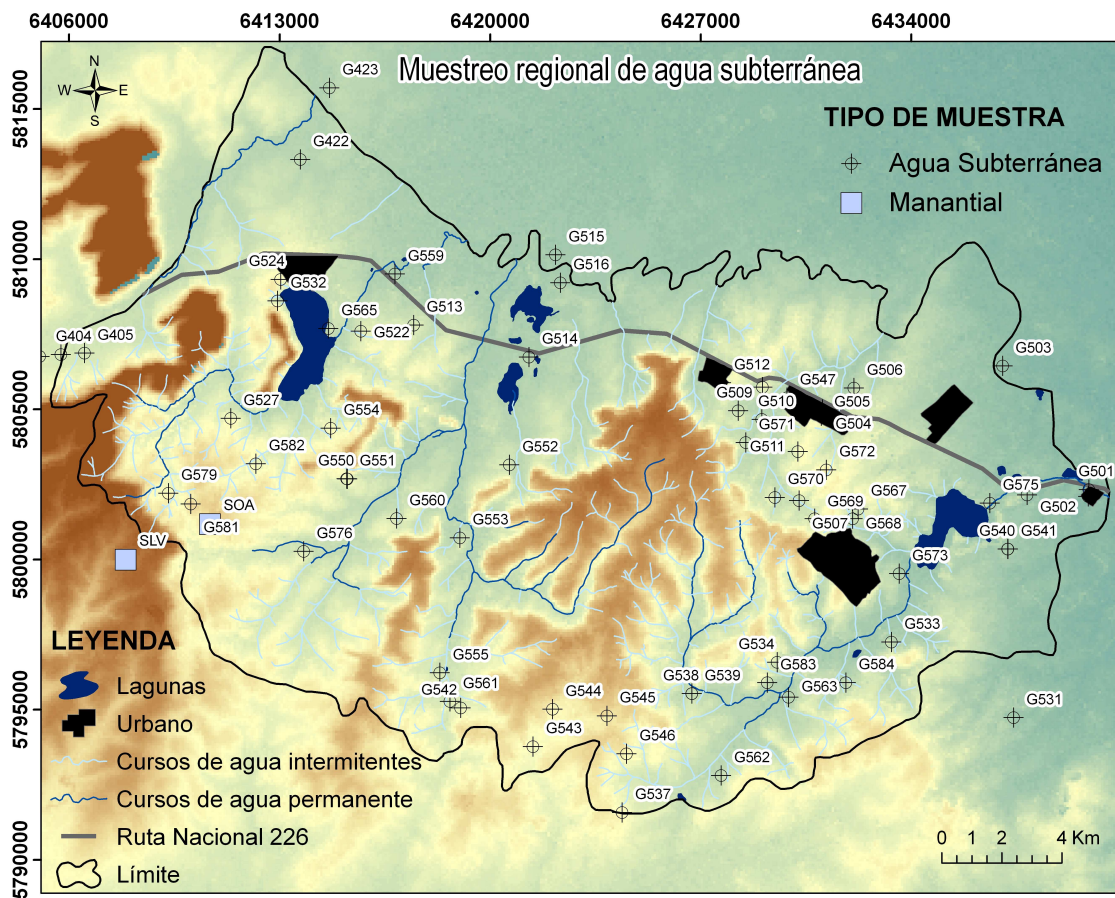


Figura 6.5. Sitios de muestreo de aguas en el Corredor Los Padres-La Brava.

### 6.3.2 Contenido iónico del agua y parámetros físico químicos

En la zona de estudio se observaron dos grupos principales de aguas subterráneas, uno de tipo bicarbonatado sódico y otro bicarbonatado magnésico. Las aguas del primer tipo (57,3%) son las más comunes y se distribuyen a lo largo de toda la zonas con una CE promedio de 739,64  $\mu\text{S/cm}$ , alcanzando valores de hasta 1484,00  $\mu\text{S/cm}$ . Presentan un pH promedio de 7,93 y un rango de variación de 7,07 a 8,77, con una dureza media de 188,87 mg/l fluctuando entre 37,02 y 721,00 mg/l, y una alcalinidad promedio de 569,64 mg/l variando entre 287,50 y 967,70 mg/l. Por el otro lado, las aguas de tipo bicarbonatadas magnésicas representan un 39,7% y poseen en general valores de CE inferiores a 850,00  $\mu\text{S/cm}$  con un promedio de 714,25  $\mu\text{S/cm}$ . Se caracterizan por poseer un pH medio de 7,14 variando entre 6,76 y 8,15, con una dureza promedio de 515,95 mg/l con valores de 58,00 a 952,60 mg/l, y una alcalinidad promedio de 503,55 mg/l con un rango de variación de 234,30 a 967,70 mg/l. La Figura 6.6 muestra la distribución espacial de los tipos de agua subterránea en el área de estudio. Los parámetros físico-químicos de cada una de las muestras de agua subterránea colectadas se presentan en el Anexo III.

El sodio y el magnesio son los cationes predominantes con valores que oscilan entre 18,00 - 398,00 mg/l y 3,02 - 207,00 mg/l respectivamente. El valor promedio de sodio es 154,50 mg/l, mientras que para el magnesio es de 62,30 mg/l. En el caso de los aniones, los bicarbonatos (234,30 - 967,70 mg/l) y los cloruros (28,20 - 185,90 mg/l) son dominantes, con valores medios de 509,14 y 87,78 mg/l, respectivamente. Los cationes menos abundantes en el agua subterránea son el calcio (4,54 - 96,00 mg/l) y el potasio (2,20 - 14,80 mg/l), con valores medios de 30,99 y 6,34 mg/l. Considerando los aniones, los sulfatos y carbonatos son los aniones menos frecuentes con un rango de variación de 1,00 a 75,50 mg/l y de 0,00 a 202,30 mg/l, respectivamente. El contenido medio de sulfatos es 21,03 mg/l, mientras que el de los carbonatos es 16,38 mg/l.

Respecto al origen y fuentes de iones en el agua subterránea del área, el  $\text{Na}^{+2}$  y el  $\text{Mg}^{+2}$  se atribuyen a la hidrólisis del feldespato y del vidrio volcánico presentes en el sedimento loésico, respectivamente (Logan *et al.*, 1999). La concentración de bicarbonatos en el agua subterránea es controlada por la disolución de calcita presente en los sedimentos que constituyen el acuífero en forma diseminada y estratiforme (tosca). Para el caso de los cloruros, en diversos trabajos realizados sobre el acuífero Pampeano se identifica que su concentración es producto de la evaporación e incorporación a la capa freática por medio de la infiltración del agua de lluvia (Bonorino *et al.*, 2001; Mariño y Bonorino, 2005). La principal fuente de calcio en el agua

subterránea es la hidrólisis de carbonato de calcio en forma de tosca o diseminada. La escasez en el contenido de potasio se debe a que es fijado casi irreversiblemente sobre los materiales arcillosos y a su participación en la formación de minerales secundarios (Matthess, 1982). La disolución de yeso diseminado presente en los horizontes más superficiales del suelo, sumado a la evaporación y concentración de los excedentes de agua meteórica en la zona, son la principal fuente de sulfatos presentes en el agua subterránea para el acuífero pampeano (Rossi, 1996; Logan *et al.*, 1999).

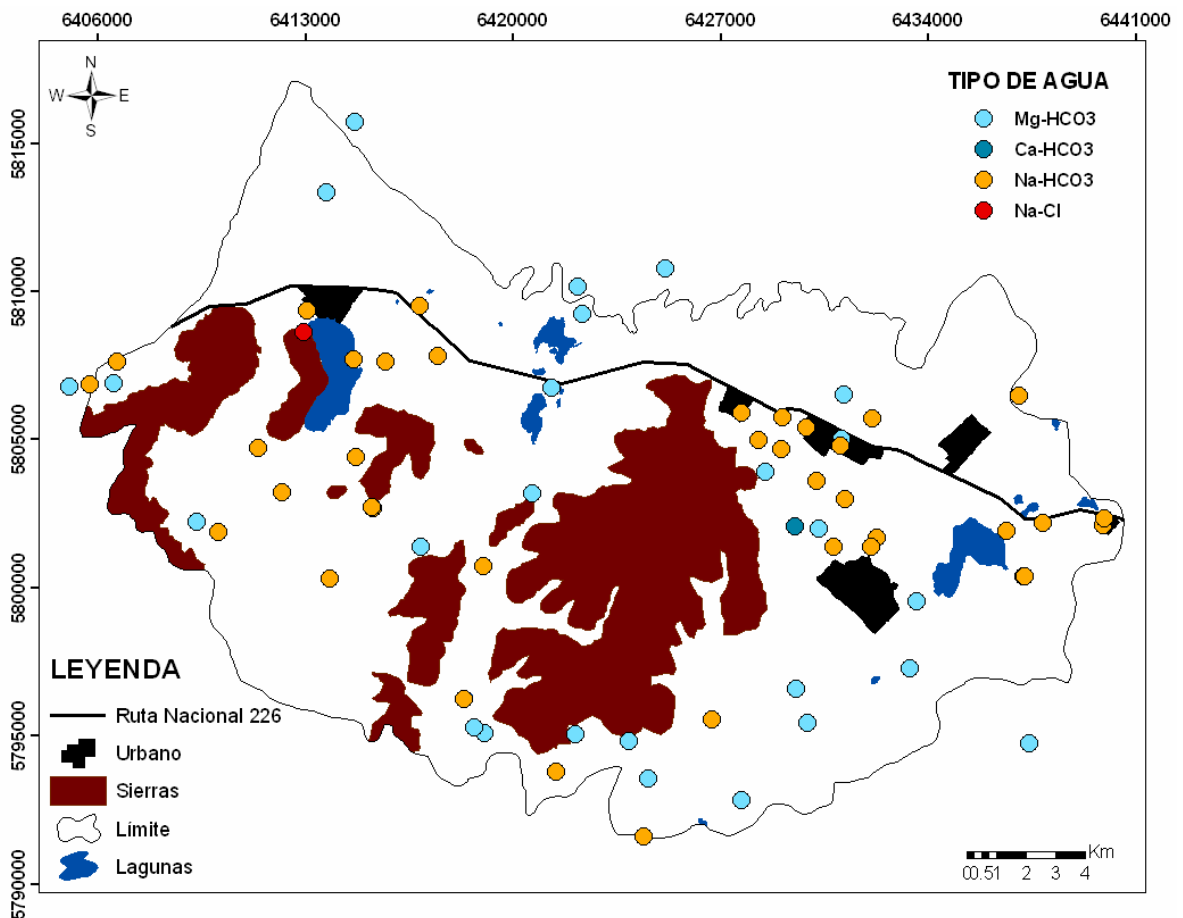


Figura 6.6. Tipo de agua subterránea en el área de estudio.

La distribución espacial de las facies químicas representadas por los diagramas de Stiff (Figura 6.7) indica un aumento progresivo en la mineralización del agua desde las sierras hacia la llanura fluvio-eólica, coincidiendo con la dirección del flujo subterráneo regional. Pueden identificarse sectores con muestras con mayor contenido de calcio y magnesio, pudiendo interpretarse que se debe a que estos sectores son zonas de recarga.

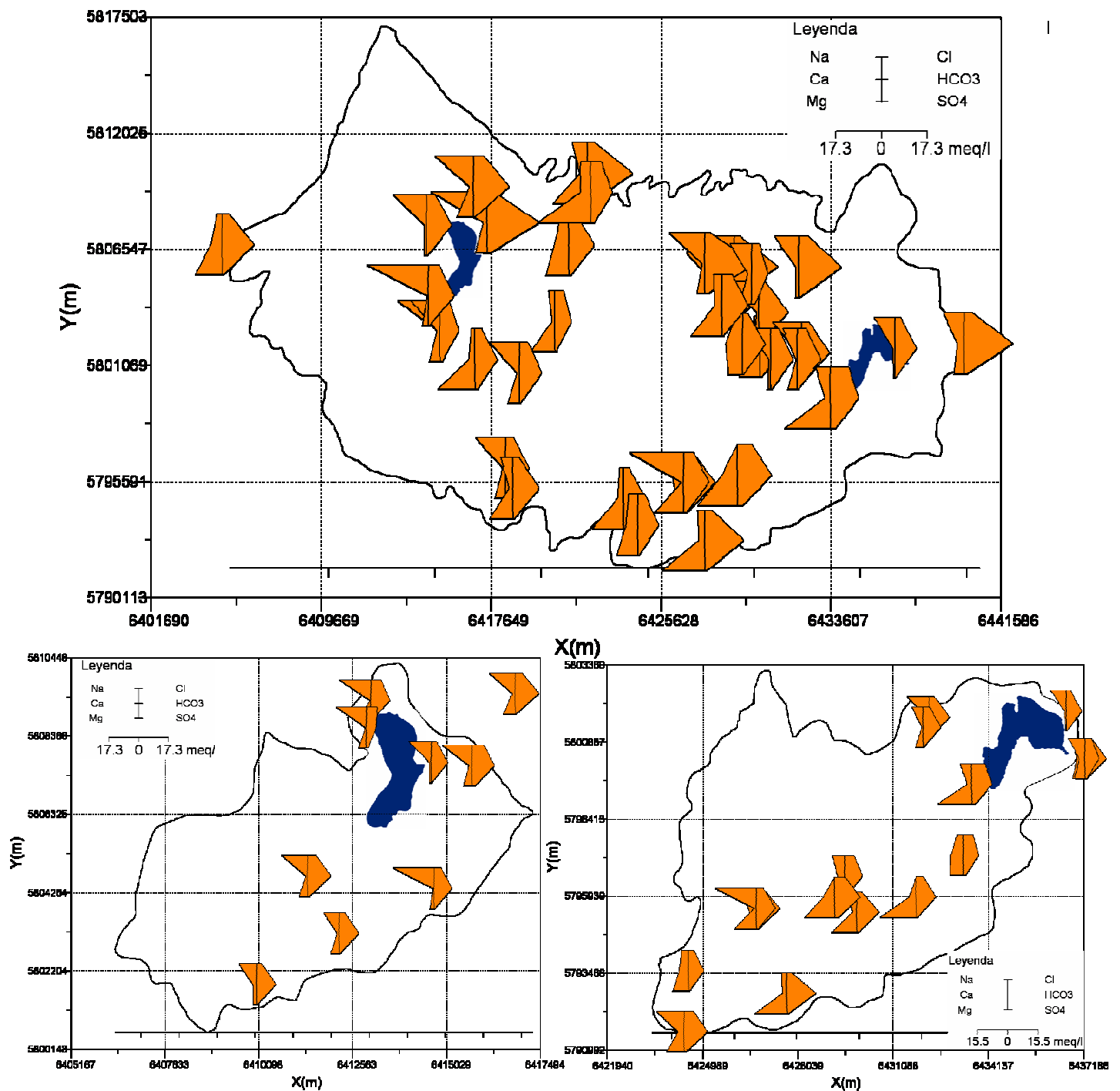


Figura 6.7. Mapa de distribución de los diagramas de Stiff a escala regional y por cuencas.

La variación de facies hidroquímicas en cada una de las cuencas estudiadas fue analizada mediante diagramas triangulares de Piper (Figura 6.8). La Tabla 6.1 muestra los principales parámetros estadísticos del contenido iónico de los distintos tipos de aguas (lagunas, arroyos y agua subterránea) en las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres, para su comparación.

Para la Cuenca de Laguna La Brava se observó que el agua subterránea es de tipo bicarbonatada sódica. La misma presenta gran homogeneidad en su composición catiónica, mientras que si bien su composición aniónica es en general bicarbonatada, se detectaron aguas más ricas en cloruro (140 mg/l a 173 mg/l) en la zona norte de la cuenca del humedal (Figura 6.8.A). En la Cuenca de Laguna de Los Padres el agua subterránea es de tipo bicarbonatada magnésico cálcica a bicarbonatada sódica (Figura 6.8.B).

En lo que respecta a los parámetros físicos químicos medidos en el agua de la Cuenca de Laguna la Brava, se detectaron valores de CE 503,0 a 1110,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un valor medio de 829,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El pH osciló entre 7,29 y 8,77 con un valor medio de 7,87. La temperatura registrada varió de 14,5 a 19,8  $^{\circ}\text{C}$  con un valor promedio de 16,6  $^{\circ}\text{C}$ . Son aguas levemente alcalinas y de baja salinidad. El agua subterránea en la Cuenca de Laguna de Los Padres es levemente la alcalina con valores de pH que oscilan entre 7,04 y 8,25, con un valor promedio de 7,48. La CE varió de 460,0 a 1440,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con una CE media de 785,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La temperatura tuvo un rango de variación de 14,4 - 18,2  $^{\circ}\text{C}$ , con un promedio de 16,0  $^{\circ}\text{C}$ .

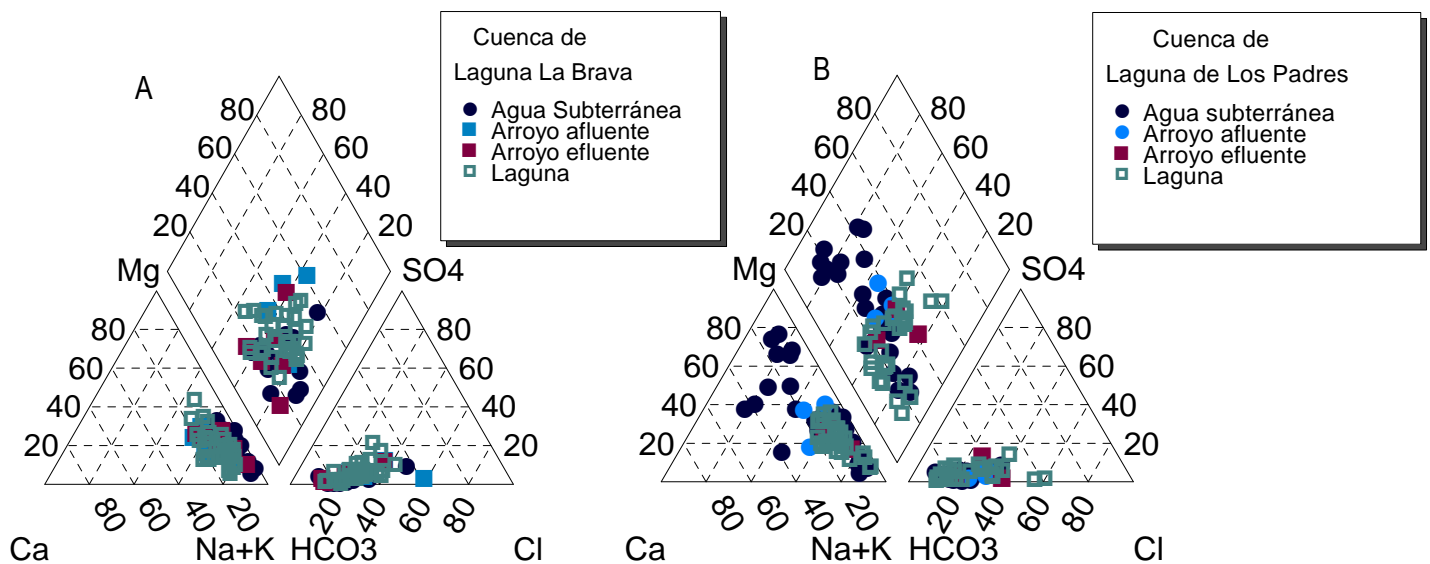


Figura 6.8. Contenido iónico de las aguas de las cuencas de drenaje de las lagunas A) La Brava y B) de los Padres.

**Tabla 6.1 . Parámetros estadísticos de la composición química del agua en las cuencas de las lagunas A) La Brava y B) de Los Padres.**

A)

Parámetro	AGUA SUBTERRÁNEA				ARROYOS				LAGUNA			
	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	5,2	34,3	15,9	8,4	28,8	52,2	39,3	8,9	19,6	55,7	31,8	8,5
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	7,2	64,4	35,5	16,3	21,4	92,0	42,7	28,8	9,0	63,1	29,5	12,8
Na <sup>+</sup> (mg/l)	105,0	398,0	249,6	84,3	126,4	266,4	192,7	56,9	106,5	271,0	194,5	53,6
K <sup>+</sup> (mg/l)	2,2	11,0	4,9	2,7	3,2	5,7	4,4	0,9	2,9	10,9	6,6	1,7
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	48,1	173,0	99,1	37,3	62,8	250,0	140,0	69,0	56,5	128,8	89,2	18,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	240,0	894,2	484,2	164,4	282,2	388,7	341,9	42,4	223,6	857,5	418,4	179,6
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0,0	53,3	32,8	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	171,5	84,3	41,9
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	1,0	48,3	17,4	15,1	17,8	73,6	40,2	27,4	2,2	77,6	26,9	15,7
Dureza	58,6	303,1	187,9	69,9	117,0	283,8	196,4	58,1	118,6	322,5	185,9	49,9

B)

Parámetro	AGUA SUBTERRÁNEA				ARROYOS				LAGUNA			
	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	9,2	96,0	40,8	24,7	20,0	49,5	29,3	11,0	13,0	56,4	29,2	9,3
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	3,8	167,0	73,6	51,5	21,6	67,3	39,4	14,8	2,7	718,0	41,7	68,6
Na <sup>+</sup> (mg/l)	46,8	357,6	138,9	86,9	98,6	273,0	154,4	57,8	7,1	950,0	198,0	145,6
K <sup>+</sup> (mg/l)	3,1	14,8	6,9	2,7	5,2	9,6	7,4	1,6	3,5	145,0	8,4	14,7
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	57,7	185,9	99,6	33,2	47,1	153,9	101,6	34,1	11,8	253,2	84,6	36,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	330,0	833,0	513,9	149,0	308,6	596,4	374,4	104,2	117,1	1114,7	489,1	198,7
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0,0	53,2	5,6	16,8	0,0	85,2	42,6	33,1	0,0	197,0	54,3	59,1
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	3,2	65,0	23,3	17,4	10,9	54,0	20,3	15,6	0,7	65,8	16,8	12,8
Dureza	37,0	825,0	391,2	252,5	178,0	332,0	237,6	53,7	43,7	452,0	220,2	64,2

Referencias: DE: desvío estándar.

Los valores altos de pH encontrados en el agua de las lagunas, los cuales exceden en todos los casos a los medidos en el acuífero, pueden vincularse a la disminución de la presión parcial de CO<sub>2</sub> en el momento en que el agua subterránea descarga en los humedales y en la evaporación. Esto ocasiona el aumento del pH y la precipitación de CaCO<sub>3</sub>. Este último proceso es observado sobre la línea de costa, coincidiendo especialmente en los sectores de menor CE en las lagunas. Un proceso similar se evidencia en los arroyos afluentes, comprobando el régimen ganador de los mismos.

En forma general, la interpretación obtenida a partir de los datos hidroquímicos es confirmada por la composición iónica de las diferentes fuentes de agua analizadas. Para el caso de la Laguna de Los Padres el agua tiene la misma composición que las facies hidroquímicas más evolucionadas del agua subterránea en su cuenca (Na-HCO<sub>3</sub>), con un aumento en la concentración de cloruros en su arroyo efluente, lo que sugiere un proceso de evaporación. En la Cuenca de la

Laguna La Brava en cambio, el agua subterránea y la laguna presentan una composición similar a pesar que los valores isotópicos demuestran un proceso de evaporación (Ver Capítulo 7). La relación  $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$  presenta un valor similar (0,36 y 0,29 respectivamente), lo que sugiere el ingreso de agua bicarbonatada de menor contenido iónico que diluye la concentración del agua subterránea evaporada.

El modelo de evolución hidroquímica planteado en forma general para el acuífero pampeano en la zona, y que toma como punto de partida el agua lluvia, explica la evolución en el contenido iónico en el agua teniendo en cuenta un equilibrio con calcita en un sistema abierto y procesos de intercambio catiónico (Bonorino *et al.*, 2001; Martínez y Bocanegra, 2002; Quiroz Londoño, 2009). La presencia de calcita en diferentes formas (concreciones, estratos o diseminada) en toda la zona, tiene un impacto significativo en la calidad química del agua. Como puede inferirse desde una tendencia evolutiva común en aguas subterráneas (Chevotarev, 1955), el agua evoluciona desde tipo  $\text{Mg-Ca-HCO}_3$  en la zona de recarga hasta  $\text{Na-HCO}_3$  en la zona de descarga. La presencia de este tipo de humedales puede producir cambios significativos en las características químicas del acuífero al ser fuente de recarga de aguas con pH altos y conductividades distintas a las del agua subterránea.

La composición química y las características biológicas del agua determinan su utilidad para usos específicos por parte del ser humano o del ambiente (Davis y de Wiest, 1971) Por lo tanto, la calidad del agua es importante no sólo desde el punto de vista de la población, como agua para consumo humano, sino también como agua de riego para alcanzar una adecuada producción de cultivos (Manzano, 2005).

El Corredor Mar del Plata-Balcarce es una zona de producción agrícola eficiente, que trata de alcanzar los máximos rendimientos y la óptima calidad de los productos implementado como prácticas de manejo la aplicación de fertilizantes (orgánicos u inorgánicos), en forma continua durante varios años. Esta práctica si bien mejora las propiedades químicas y físicas del suelo, puede también causar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Otra práctica sumamente importante, llevada a cabo para asegurar los máximos rendimientos, es el riego. En este sector de la Región Pampeana, es factible el riego suplementario, con aguas de distinto grado de sodicidad y salinidad. Un gran porcentaje de ellas no son aptas para riego, sin embargo, se puede flexibilizar la utilización de las mismas con la condición de monitorear la concentración de sales en ellas (Baccaro *et al.*, 2006). A continuación se evalúa la presencia y distribución de

distintos constituyentes químicos del agua subterránea (nitratos, flúor y sodio), así como también, la influencia de éstos sobre los diferentes posibles usos del agua.

Aunque las rocas ígneas contienen cantidades de nitrato soluble, o de amoníaco, la mayor parte del ion nitrato presente en las aguas naturales tiene un origen orgánico o procede de elementos químicos de origen agrícola o industrial (Davis y de Wiest, 1971). La fuente original de nitratos para este acuífero es atribuida a fuentes de contaminación de tipo puntual y difusa presentes en el área: fosas sépticas y fertilizantes orgánicos e inorgánicos. El contenido de nitratos en la zona varió entre 0,0 y 153,0 mg/l, con un promedio de 27,2 mg/l, y una desviación estándar de 36,7. El 51 % de la zona presenta valores inferiores a los 15 mg/l, el 25% presenta valores superiores a los 45 mg/l, un 17% posee entre 15 - 25 mg/l y el resto del área posee valores entre 25 - 45 mg/l (Figura 6.9).

El límite máximo admisible para aguas de bebidas para consumo humano sugerido por el Código Alimentario Argentino actualizado (CAA, 1990) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 45 mg/l. Las zonas que superan el límite admisible de nitratos ( $> 45$  mg/l) son áreas periurbanas y de uso agrícola, por lo cual la fuente de contaminación del agua subterránea podría deberse a que los pozos de extracción no reúnen los requisitos en cuanto a profundidad y distancia de las cámaras sépticas, o por la aplicación extensiva de fertilizantes o abonos, siendo ésta última una práctica de manejo agrícola muy habitual en la región.

El flujo de agua y el transporte de contaminantes desde la superficie del suelo al nivel freático, tiende a ser un proceso lento en muchos acuíferos. Esto significa que puede tomar muchos años, aún décadas, antes que se detecten los efectos de un episodio de contaminación por un contaminante persistente en los pozos de explotación. La preocupación por la contaminación de las aguas subterráneas se relaciona principalmente a los acuíferos no confinados o freáticos, tal es el caso de este acuífero, especialmente donde su ZNS es delgada y el nivel freático es poco profundo (Foster e Hirata, 1991; Foster *et al.*, 1992; Foster *et al.*, 2002).

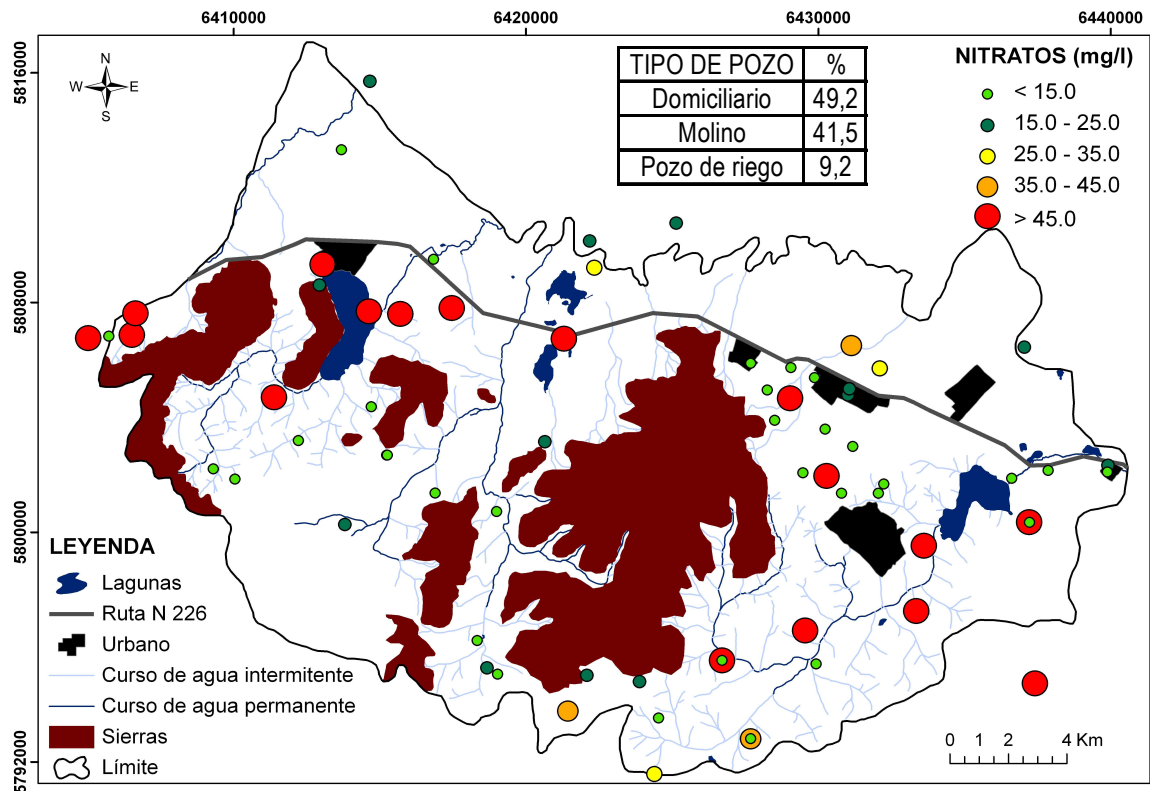


Figura 6.9. Mapa de distribución de Nitratos.

La meteorización de vidrio volcánico presente en los sedimentos del acuífero, se asume como la principal fuente generadora del ión F<sup>-</sup> en el agua subterránea de la zona de estudio (Nicolli *et al.*, 1989; Rossi, 1996). El contenido de flúor disuelto en el agua subterránea varió de 0,0 a 5,8 mg/l, Para el agua potable de uso domiciliario la cantidad máxima de fluoruros se da en función de la temperatura promedio de la zona, de acuerdo al Código Alimentario Argentino actualizado (CAA, 1990). Según este criterio el contenido límite recomendado de flúor es de 1,3 mg/l para una temperatura media del año de 14,1 °C. El 55,7 % del área posee un contenido de flúor mayor al límite admitido, el 58,8 % corresponde a pozos domiciliarios mientras que el 41,2 % a molinos. El 31,1 % de las muestras tomadas mostraron más de 2,0 mg/l de flúor. Un 15,4 % de los pozos de la zona superaron los límites admisibles para nitratos y flúor. La distribución espacial del flúor se presenta en la Figura 6.10.

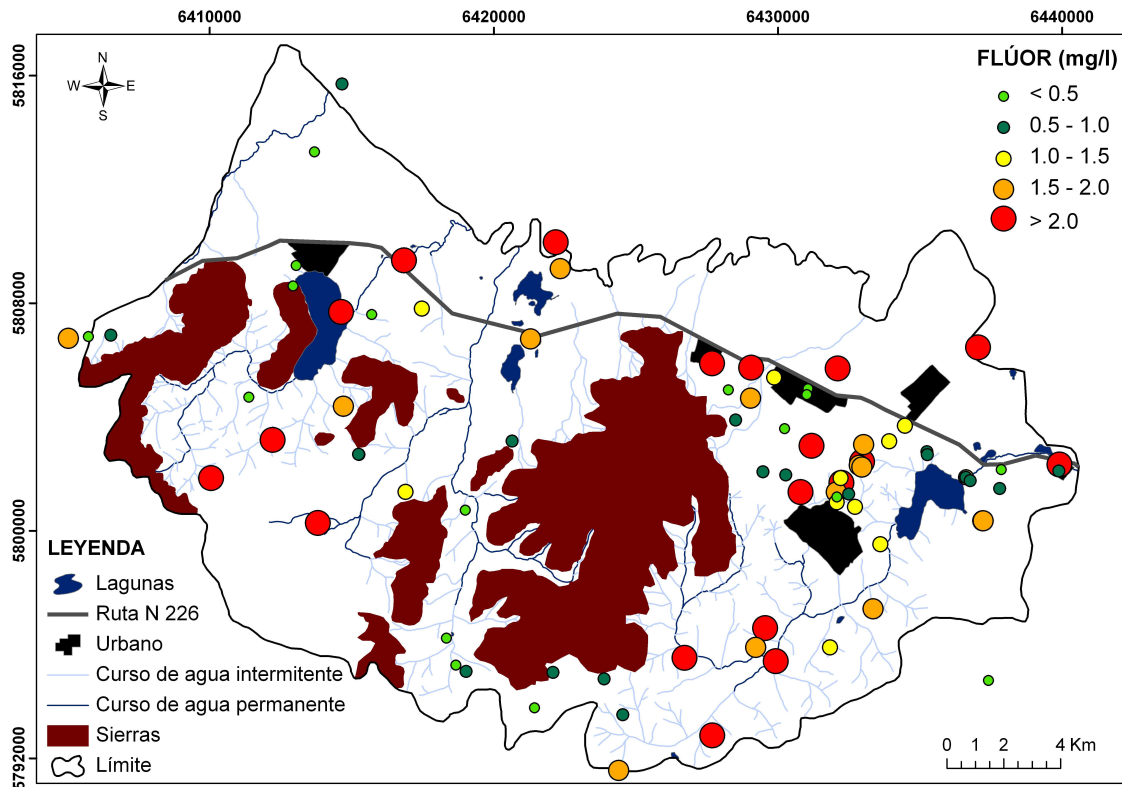


Figura 6.10. Mapa de distribución de Flúor.

El sodio en el agua de irrigación puede incrementar la presión osmótica en la solución del suelo y afectar a los cultivos agrícolas. Genera problemas en la estructura del suelo y altera la tasa de infiltración. Cuando la cantidad de sodio adsorbido excede a 10-15 % del total de cationes en el complejo de intercambio del suelo, la arcilla se dispersa y disminuye la permeabilidad (Levy, 2000). Por lo tanto, conocer la aptitud del agua para riego resulta fundamental. En la zona de estudio se clasificó la calidad del agua subterránea para riego de acuerdo al diagrama de Richards (1954), el cual considera la conductividad eléctrica (factor "C") y el RAS (factor "S" (Figura 6.11). A partir de las clases obtenidas se realizó una reclasificación en: "buena" (clase C2-S1), "moderada" (clases C2-S2, C2-S3, C3-S1 y C3-S2) y "mala" (clases C3-S3 y C3-S4) (Figura 6.12). Como resultado se obtuvo que dominan las aguas de calidad moderada (54,4%) y buena (41,2%) para el riego. Las primeras son aguas de media a alta salinidad y de contenido bajo a medio de sodio, mientras que en las segundas, el agua posee una salinidad media y bajo contenido de sodio. Las aguas de calidad mala (4,4%) se localizan sólo cercanas a la Cuenca de la Laguna La Brava, con alta salinidad y altos a muy altos niveles de sodio.

Al relacionar los tipos de agua presentes en la zona con la aptitud de agua para riego, se observó que el tipo de agua más común ( $\text{Na-HCO}_3$ ) corresponde a aguas principalmente de calidad moderada y buena, 69,2 y el 23,1%, respectivamente, y un 7,7% fueron aguas de mala calidad para el riego. Para el caso de las aguas de tipo  $\text{Mg-HCO}_3$ , el 66,6 y 33,3 % fueron aguas de calidad buena y moderada, respectivamente, no existiendo aguas de mala calidad.

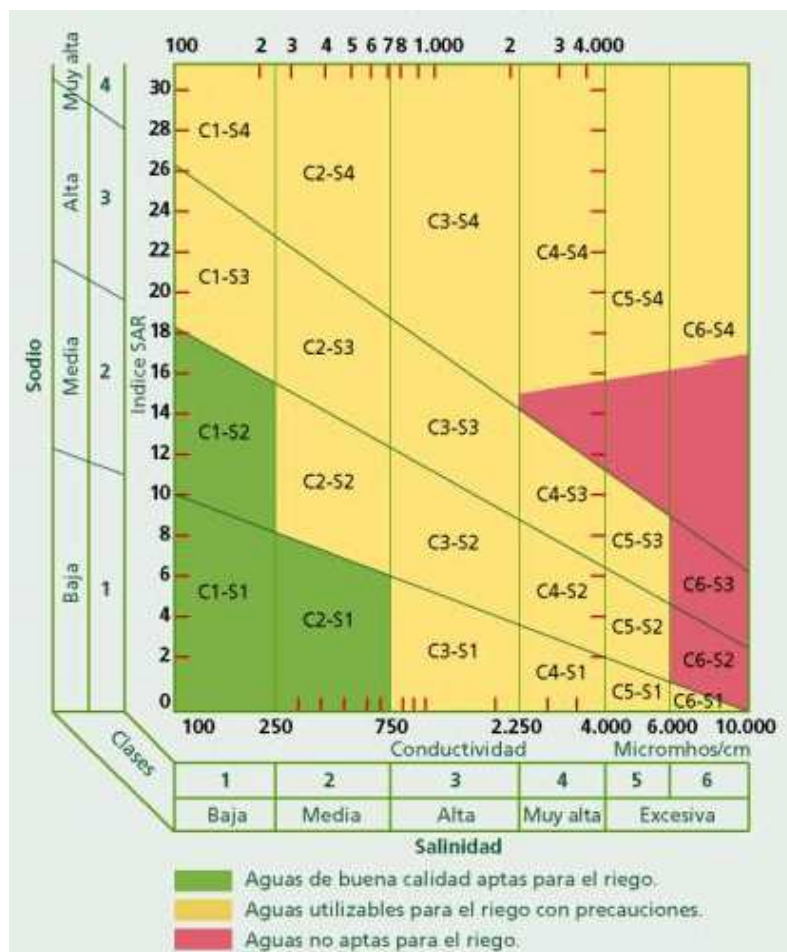


Figura 6.11. Clasificación del agua para riego a partir de la conductividad eléctrica y el RAS (Richards, 1954)

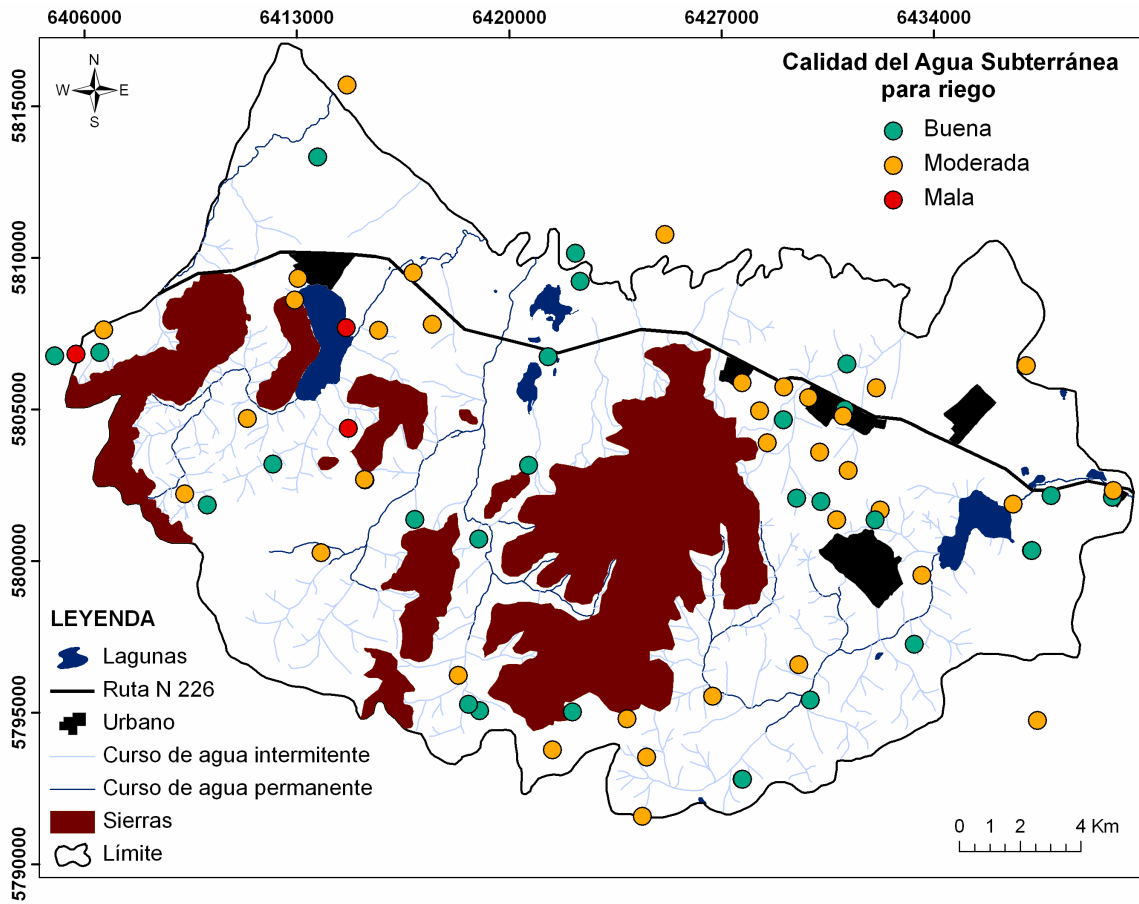


Figura 6.12. Clasificación de calidad de agua subterránea para riego en el Corredor Los Padres-La Brava.

## CAPÍTULO 7. MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO

### 7.1 INTRODUCCIÓN

Los lagos, junto con otros cuerpos de agua superficiales como humedales y reservorios artificiales, constituyen un componente importante del ciclo hidrológico regional y mundial. Son sistemas dinámicos conectados al ciclo del agua a través de entradas y salidas, tanto superficiales como subterráneas, así como también por flujos de precipitación/evaporación (Mook, 2002; Burkert *et al.*, 2004; Froehlich *et al.*, 2005). Las relaciones agua subterránea-agua superficial son complejas, y para entenderlas en relación a factores geomorfológicos, geológicos, entre otros, se necesita un marco hidrogeológico robusto (Sophocleous, 2002).

Un aspecto importante de la interacción agua subterránea-agua superficial es que el agua de arroyos, lagos y demás humedales continuamente interactúa con el acuífero, incrementando el tiempo de contacto entre el agua y los materiales geológicos químicamente reactivos (Sophocleous, 2002). En general, la composición química del agua de los humedales es el resultado de una combinación de factores litológicos, climáticos, biológicos o antrópicos y de los procesos geoquímicos que son consecuencia de su interacción con el acuífero y las aguas superficiales de su cuenca de drenaje (Fernández Aláez *et al.*, 2006).

Una herramienta importante aplicada al estudio de estos sistemas hidrológicos es la interpretación hidrogeoquímica, la cual permite determinar distintos tipos de agua, interacción y mezcla entre ellos y posibles procesos modificadores a lo largo de líneas de flujo mediante el análisis del contenido y variación de las especies iónicas (Négre y Lachassagne, 2000; Martínez *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2006). De igual manera, la aplicación de técnicas isotópicas en los estudios hidrogeológicos ha demostrado ser otra importante herramienta en la validación y ajuste de modelos conceptuales (Fontes, 1980; Clark y Fritz, 1997; Mazor, 1999). La contribución en el estudio de lagos y humedales utilizando isótopos ambientales incluye el balance hidrológico, su dinámica (Ej. procesos de mezcla verticales y horizontales), la interacción entre cuerpos lacustres y el agua subterránea, procesos de sedimentación y problemas paleohidrológicos y paleoclimáticos (Froehlich *et al.*, 2005).

Mejorar el conocimiento de las relaciones entre los humedales, el acuífero y los arroyos de la zona de estudio, estableciendo sus interacciones y características, es una actividad clave para ajustar y/o generar políticas de gestión que ayuden a preservar el recurso hídrico de manera integral. Junto con la hidrodinámica y la hidroquímica se ha intentado avanzar con el uso de isótopos estables del agua para definir los modelos conceptuales de funcionamiento hidrológico para cada laguna. A partir de los antecedentes y la información obtenida en esta tesis se pretende elaborar estos modelos conceptuales.

## 7.2 METODOLOGÍA

Para determinar el contenido isotópico ( $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$ ) del agua de la zona se tomaron y analizaron 25 muestras de agua subterránea, 4 muestras de los arroyos afluentes y efluentes a las lagunas, 1 muestra de manantial, 18 muestras (9 superficiales y 9 en profundidad) en la laguna La Brava y 12 muestras (8 superficiales y 4 en profundidad) en la laguna de Los Padres (Figura 7.1). En cada laguna se seleccionaron puntos en los cuales se colectaron muestras en superficie y a la máxima profundidad para su análisis químico e isotópico, utilizando para el muestreo en profundidad una botella de tipo Van Dorn. Además, se muestrearon las captaciones de agua subterránea por bombeo directo, incluyendo pozos de riego, de abastecimiento domiciliario y molinos que captan el acuífero pampeano. Dado que no se disponía de información del contenido isotópico del agua de lluvia para la zona, se utilizaron los datos disponibles para la localidad más cercana correspondientes a San Manuel (localizada 50 km al oeste de las lagunas) (Quiroz Londoño *et al.*, 2008). Todas las estaciones y puntos de muestreo se localizaron por medio de un GPS Garmin eTrex Vista. Las actividades de campo fueron llevadas a cabo desde noviembre de 2008 hasta noviembre de 2009.



Además, se realizó un estudio de mezcla de aguas a partir del ión cloruro para cuantificar la importancia relativa de las principales fuentes de recarga a los humedales (Custodio y Llamas, 1976). Se utilizó este ión por sus características conservativas y la ausencia de fuentes externas del mismo en la cuenca. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$[Cl]_r = [Cl]_1 * X + [Cl]_2 * (1 - X)$$

Siendo:

$$([Cl]_1 < [Cl]_r < [Cl]_2)$$

$[Cl]_r$  = concentración de Cl de la mezcla de agua;  $[Cl]_1$  = concentración de Cl de la fuente de recarga 1;  $[Cl]_2$  = concentración de Cl de la fuente de recarga 2; X= porcentaje de agua de la fuente de recarga 1.

### 7.3 ISÓTOPOS ESTABLES DEL AGUA

El contenido de  $\delta^{18}O$  y  $\delta^2H$  de las muestras de agua de las lagunas, arroyos, manantial y agua subterránea se muestra en el Anexo IV. Todos los resultados de los análisis isotópicos fueron graficados en un diagrama convencional  $\delta^2H$  vs.  $\delta^{18}O$  junto con la línea meteórica mundial (LMM) (Figura 7.2). El 81% de las muestras de agua subterránea muestran una composición isotópica constante, con un agrupamiento alrededor de un valor medio de -5,44 en  $\delta^{18}O$  y de -29,37  $\delta^2H$ . Esto sugiere un sistema bien mezclado a partir del agua de lluvia y confirma el origen de la recarga al acuífero a partir de la precipitación. El 19% restante, indica la acción de procesos de evaporación que afectan la composición isotópica del agua subterránea. Tales procesos pueden obedecer también a procesos de mezcla con el agua procedente de las lagunas. Estas muestras poseen un valor medio de -2,57 en  $\delta^{18}O$  y de -13,72  $\delta^2H$ .

Cuatro muestras de agua subterránea aparecen con una composición isotópica más enriquecida. La muestra G565 localizada cerca de la Laguna La Brava presenta una marca isotópica muy similar a dicho cuerpo de agua, indicando una fuerte influencia de este humedal en la recarga del acuífero. De forma similar, pero en menor proporción, el agua del pozo G575 presenta un contenido isotópico análogo al de la Laguna de Los Padres. Siguiendo el flujo subterráneo desde estas dos lagunas encontramos los pozos G559 y G540 para las lagunas La Brava y de Los Padres

respectivamente, en los cuales, la composición isotópica indicaría mezclas de agua provenientes de estas lagunas y el acuífero. Lo anterior confirma el carácter ganador-perdedor de estos cuerpos de agua y resalta el papel de los mismos como zonas de recarga al acuífero.

La composición isotópica de los arroyos afluentes a las lagunas es similar al del agua subterránea, con lo cual se comprueba el predominio de la misma en el caudal de estos cursos de agua. Por otra parte los arroyos efluentes a las lagunas, adquieren su marca isotópica. El arroyo Tajamar (STJ) por ejemplo, muestra valores similares a la Laguna La Brava, con posibles procesos de evaporación 3 km después de su origen.

Las muestras de las lagunas La Brava y de Los Padres indican aguas enriquecidas en isótopos con referencia a las fuentes de agua que las originan (agua subterránea y arroyos afluentes), con un valor promedio de  $\delta^2\text{H}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  de 2,641 ‰ y -0,456 para la Laguna La Brava y de -10,544 ‰ y -1,402 para la Laguna de Los Padres (Tabla 7.1). Finalmente, se calcularon líneas de evaporación para cada una de las lagunas, teniendo como punto de partida el agua subterránea. Estas líneas son definidas por las siguientes ecuaciones:  $\delta^2\text{H} = 6,0427 \delta^{18}\text{O} + 2,9169$  para la Laguna La Brava y  $\delta^2\text{H} = 4,5568 \delta^{18}\text{O} - 4,1522$  para la Laguna de Los Padres.

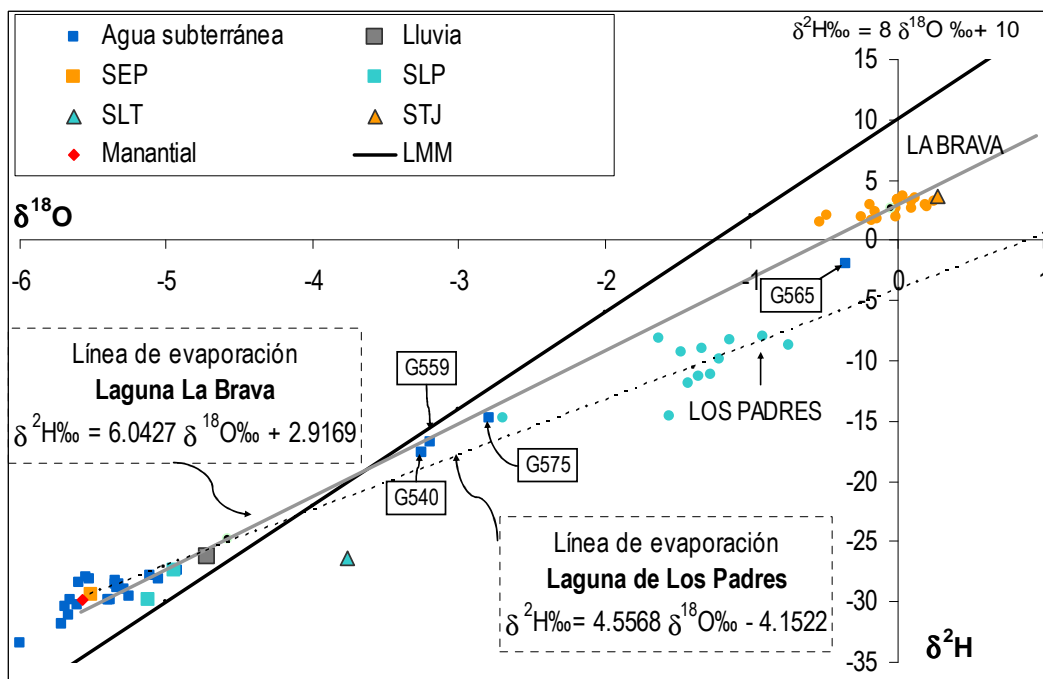


Figura 7.2 . Contenido isotópico ( $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$ ) en el agua subterránea, arroyos, laguna y agua de lluvia en el área de estudio.

Tabla 7.1. Contenido isotópico promedio ( $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$ ) del agua subterránea y lagunas en las cuencas en estudio.

	Cuenca Laguna La Brava		Cuenca Laguna de Los Padres	
	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
Agua subterránea	-4.58	-24.78	-5.03	-27.07
Laguna	-0.05	2.64	-1.40	-10.54

Cada laguna tiene un efecto de evaporación diferente, dando como resultado una marca isotópica propia, lo cual es relevante a la hora de establecer procesos de mezcla en el acuífero aguas abajo. En particular, la Laguna de Los Padres presenta una marca isotópica que refleja menor evaporación que el otro humedal, infiriendo una mayor circulación del agua en la misma. Por el contrario, la Laguna La Brava presenta mayor enriquecimiento isotópico. Las líneas de evaporación de cada laguna interceptan la LMM cerca del valor isotópico promedio del agua subterránea de sus respectivas cuencas, la cual en ambos casos posee similar contenido isotópico.

Al graficar el contenido de  $\text{Cl}^-$  vs.  $\delta^{18}\text{O}$  (Figura 7.3), pueden deducirse procesos de evaporación a partir del agua subterránea en la Laguna de Los Padres, sin embargo, la concentración de  $\text{Cl}^-$  en la Laguna La Brava es menor que el promedio del agua subterránea de su cuenca. El contenido promedio de  $\text{Cl}^-$  en este humedal es de 90,37 mg/l y en el agua subterránea es de 112,28 mg/l. Esto indica que una fuente de menor salinidad y con similar contenido isotópico recarga el humedal, lo que explicaría la disminución de cloruros y su marca isotópica.

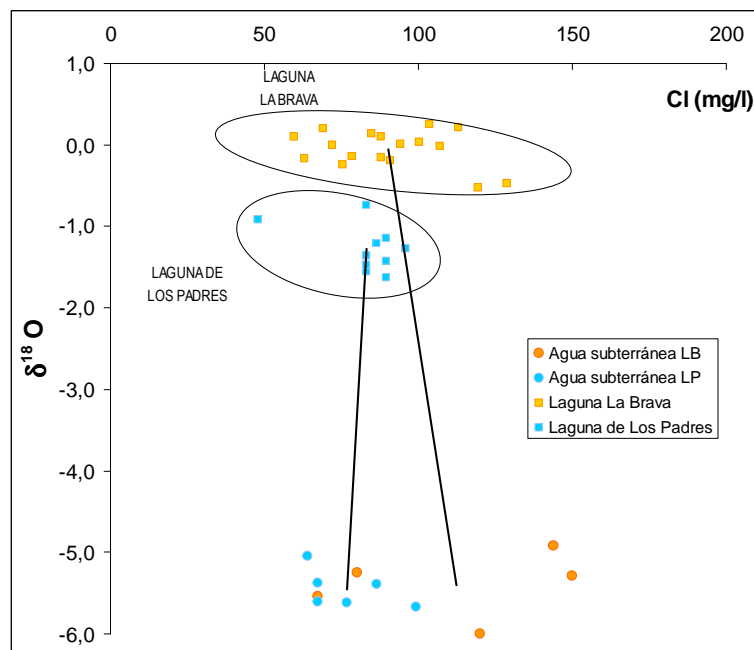
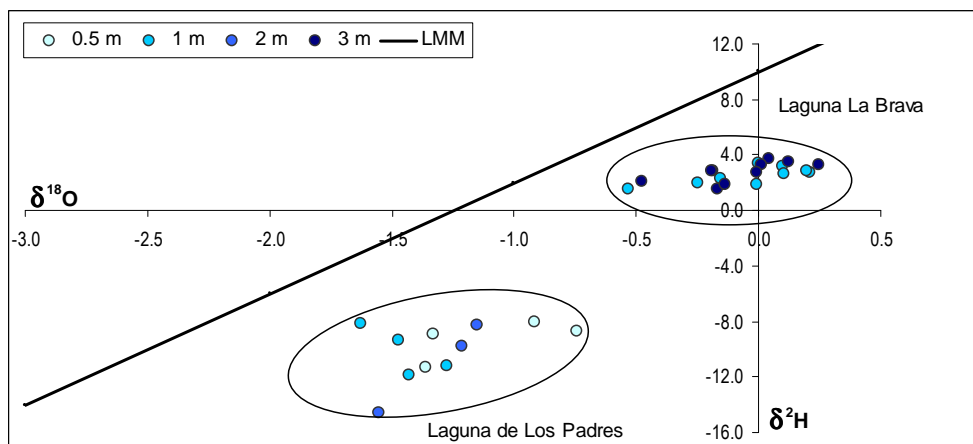


Figura 7.3 . Variación del contenido de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\text{Cl}^-$  en el agua subterránea y lagunas.

El contenido isotópico de estos humedales en profundidad es homogéneo (Figura 7.4). La composición isotópica media del agua de cada laguna a distintas profundidades se muestra en la Tabla 7.2.

**Tabla 7.2. Contenido isotópico promedio ( $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$ ) a diferentes profundidades en las lagunas La Brava y de Los Padres.**

Laguna	La Brava		Los Padres	
Profundidad (m)	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
0,5			-1,09	-9,26
1	-0,04	2,50	-1,45	-10,15
2			-1,31	-10,89
3	-0,07	2,76		



**Figura 7.4 . Contenido isotópico ( $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$ ) a diferentes profundidades en las lagunas La Brava y de Los Padres.**

El análisis de la distribución espacial del contenido isotópico ( $\delta^{18}\text{O}$ ), mostró para la Laguna La Brava valores más empobrecidos en la zona occidental, coincidente con el fallamiento descrito por Mauriño *et al.* (1981). Esto indicaría una zona de descarga preferencial proveniente del sistema de fisuras de la sierra homónima, lo cual es corroborado además por bajas CE y bajo contenidos de  $\text{Cl}^-$  (Figure 7.5.A; Ver Apartado 5.3.2.1). Para el caso de la Laguna de Los Padres se detectaron muestras más enriquecidas en  $\delta^{18}\text{O}$  en el sector SE, correspondiente a la zona de menor profundidad de la columna de agua ( $> 0,5$  m), evidenciando un mayor proceso de evaporación del agua (Figura 7.5.B).

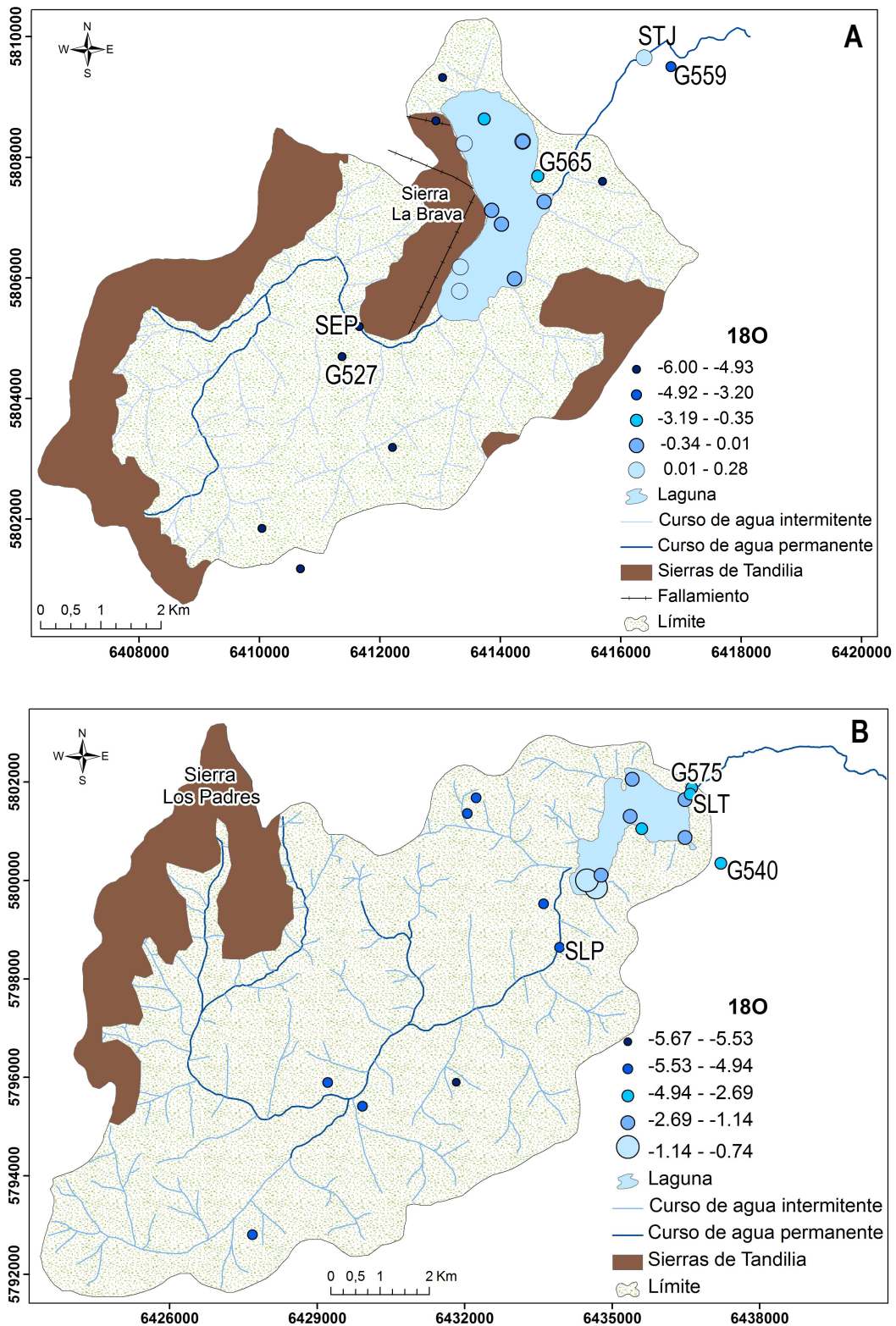


Figura 7.5 . Contenido de  $\delta^{18}\text{O}$  en A) Cuenca de Laguna La Brava y B) Cuenca de Laguna de Los Padres.

#### 7.4 CUANTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA RELATIVA DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE RECARGA A LOS HUMEDALES: MEZCLA DE AGUAS

A fin de lograr una mejor comprensión del modelo conceptual de las lagunas, y teniendo en cuenta la información hidrogeoquímica e isotópica obtenida, se realizó un análisis de mezcla de aguas para estimar las principales fuentes de recarga a las mismas. Para la Laguna La Brava se seleccionaron dos muestras de agua, la primera es una muestra de agua subterránea obtenida de la zona de recarga general del acuífero, asumiendo que el agua subterránea es la principal fuente de contribución al humedal. Según lo indicado por la información química e isotópica, el flujo de agua del sistema de fisuras o los manantiales en el frente serrano pueden ser una segunda fuente de recarga a la laguna. Por esta razón, también se incluyó en el análisis una muestra de agua de un manantial tipo de las ortocuarcitas que conforman las sierras. En el caso de la Laguna de Los Padres, se seleccionó una muestra de agua subterránea de la zona de recarga y una muestra promedio de agua de lluvia colectada en la localidad de San Manuel (LSM), ubicada 50 km al Oeste de estas lagunas (Quiroz Londoño *et al.*, 2008).

El análisis en la Laguna La Brava incluyó como soluciones iniciales una muestra de agua subterránea (Pozo G527; Na-Mg-HCO<sub>3</sub>) y una muestra de un manantial tipo (SOA; Mg-Ca-HCO<sub>3</sub>), y la solución final fue una muestra representativa de la laguna (WLB018; Na-HCO<sub>3</sub>). El mismo mostró que el agua de la misma presenta una alta correspondencia con el agua del acuífero (50,77 %) así como también con el agua proveniente del manantial (49,23 %). Desde el punto de vista hidroquímico, no existen diferencias entre el agua del arroyo afluente y el agua del acuífero que descarga directamente a la laguna, por lo tanto SEP, no fue considerado como una fuente distinta de recarga al humedal. El análisis de proporción de mezcla para SEP demuestra el predominio del flujo base en este arroyo.

En el estudio de mezcla realizado para la Laguna de Los Padres (WLP003; Na-HCO<sub>3</sub>), en el cual se consideró al agua subterránea (Pozo G538; Na-Ca-HCO<sub>3</sub>) y al agua de lluvia, el resultado mostró que el principal aporte al humedal corresponde al agua subterránea. Al igual que SEP, no existen diferencias desde el punto de vista químico entre SLP y el agua del acuífero que recarga a la laguna, por lo cual no se consideró en el cálculo. Para SLT, el mismo análisis indicó que este arroyo recibe principalmente aporte del agua de la laguna (68,82%) con cierto grado de evaporación, posiblemente como consecuencia de la compuerta existente en el mismo que le confiere características de cuerpo léntico.

**Tabla 7.3 . Concentración de cloruros utilizados en el cálculo de mezcla de aguas.**

Estación	Tipo de agua	Fecha	Cl (mg/l)	Promedio	
LSM	Lluvia	30/09/2007	6,18		LA BRAVA
SOA	Manantial	19/06/09	55,0		
G527	Agua subterránea	19/11/2008	120,0		
SEP	Arroyo afluente			142,0	
WLB018	Laguna	19/11/2008	88,0	107,5	LOS PADRES
G538	Agua subterránea	20/11/2008	81,6		
SLP	Arroyo afluente				
WLP003	Laguna	24/01/2008	116,2		

El análisis del contenido de cloruros en las distintas aguas permitió identificar de manera preliminar las principales fuentes de recarga a las lagunas. La elevada correspondencia del agua de la Laguna La Brava con el agua del manantial tipo, indicaría una recarga a la misma desde el frente montañoso a través del sistema de fisuras presente en las ortocuarzitas que conforman las sierras aledañas. Por su parte, el agua subterránea recarga al humedal también de forma directa y a través del Arroyo El Peligro. Para el caso de la Laguna de Los Padres, se establece una recarga principalmente del acuífero regional de forma directa y a través del Arroyo de Los Padres.

## 7.5 DESCRIPCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

Los modelos conceptuales existentes para las dos lagunas, parcialmente desarrollados en esta tesis a partir de la determinación de la red de flujo subterráneo y trabajos previos (Cionchi *et al.*, 1982; Kruse, 1987), indican un comportamiento efluente-influente con el agua subterránea sin precisar los procesos de recarga a las mismas. En base a la interpretación de los datos hidroquímicos e isotópicos se pudo validar y ajustar estos modelos conceptuales de flujo para ambas lagunas. Las nuevas evidencias aportadas por esta tesis (Ver Apartados 5.3.2 y 7.3) permitieron identificar las fuentes de recarga preferencial a las lagunas y contribuyen a afianzar la idea del aporte desde el acuífero fisurado en el caso de la Laguna La Brava.

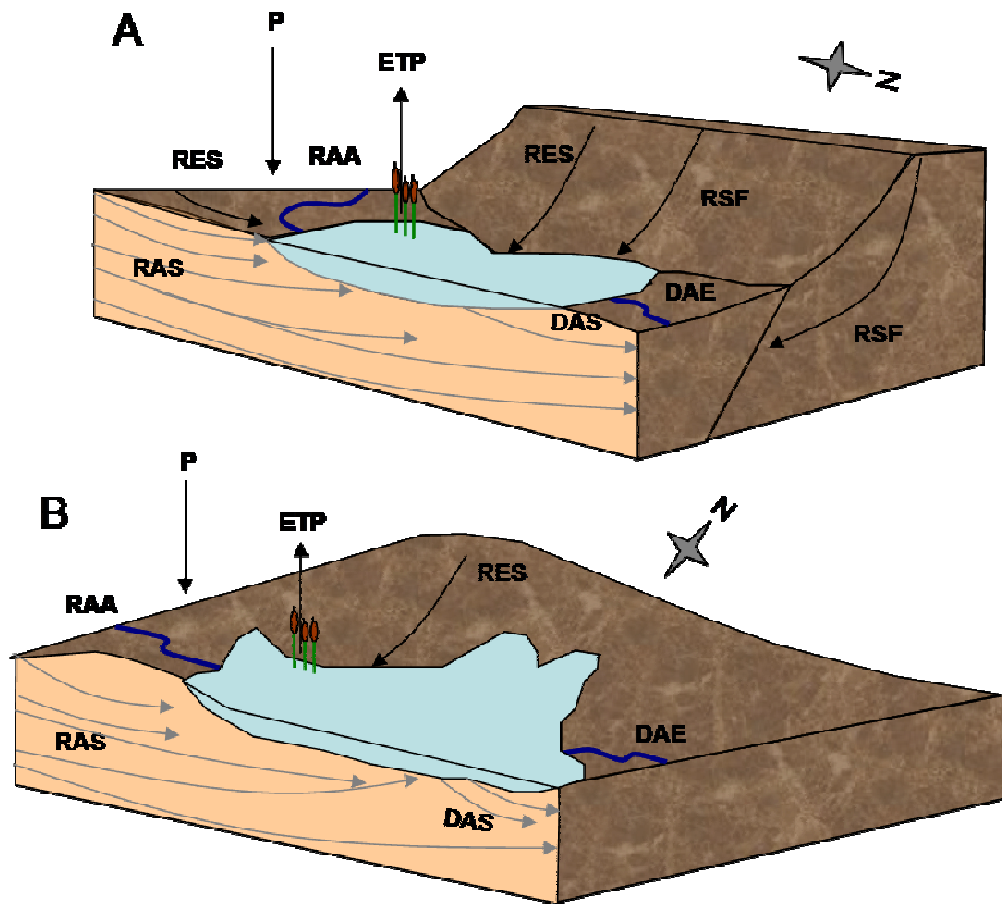
Las lagunas poseen una relación hidrológica de tipo efluente-influente con el acuífero pampeano. Para cada uno de ellas se identificaron y localizaron fuentes de recarga preferencial (Figura 7.6), estableciendo para la Laguna La Brava una recarga desde el acuífero pampeano y el Arroyo El Peligro en la zona S, una concentración del escurrimiento superficial desde el frente

montañoso hacia la misma, y un flujo proveniente del sistema de fisuras de la Sierra La Brava en su sector oriental. Para la Laguna de Los Padres, las fuentes de recarga son el acuífero regional especialmente en el sector SO y el Arroyo de Los Padres. En ambos casos, además, debe considerarse una recarga autóctona directa a través de la precipitación y por escorrentía superficial a través de cursos intermitentes desde las zonas más altas. La descarga de ambos humedales se realiza superficialmente a través de los arroyos efluentes, arroyos Tajamar y La Tapera respectivamente, y subterráneamente por la infiltración de agua al acuífero.

Además de las diferencias de tamaño existentes entre las dos lagunas, las mayores variaciones se encuentran en las profundidades máximas y medias así como en el volumen de agua almacenada, siendo siempre mayores en la Laguna La Brava. La presencia de barrancas que definen el contorno de estas lagunas tiene relevancia desde el punto de vista morfométrico. En la Laguna de Los Padres las mismas se restringen al sector NE y son de escasa altura, permitiendo que ante eventos de máxima lluvias se inunden las áreas aledañas y en consecuencia aumente su área y perímetro. Por el contrario, en la Laguna La Brava la presencia de barrancas en casi todo su perímetro (> 2,5 m de altura) ocasiona que ante precipitaciones intensas el tamaño de la laguna no se modifique pero sí su volumen y profundidad.

Los dos arroyos afluentes a las lagunas nacen en el sector serrano, presentando un comportamiento ganador, y conformando en su desembocadura un delta como consecuencia del material en suspensión que transportan y que es retenido por el extenso juncal existente. Una particularidad para el caso de la Laguna de Los Padres es la presencia de una compuerta en la naciente del Arroyo de La Tapera, con el fin de regular el régimen hidrométrico de la misma, confiriéndole a éste un carácter de cuerpo léntico en ese sector.

La recarga regional del acuífero se debe casi exclusivamente a la precipitación. A partir del cálculo de los balances hídricos edáficos para el período 1985-2008 se determinó una recarga promedio para este sector del Corredor Mar del Plata-Balcarce de 18,34% del total de la precipitación, para los últimos 23 años. La dirección de flujo subterráneo regional SO-NE define al sector de lomadas como la zona principal de recarga al sistema y a la llanura fluvio-eólica como el área de descarga. La equidistancia de las isopiezas refleja la reducción en el gradiente hidráulico desde las lomadas hacia la llanura.



**LEYENDA**

**P:** Precipitación; **RES:** Recarga Escorrentía Superficial; **RAA:** Recarga Arroyo Afluente; **RAS:** Recarga Agua Subterránea; **RSF:** Recarga Sistema de Fisuras; **ETP:** Evapotranspiración; **DAE:** Descarga al Arroyo Efluente; **DAS:** Descarga al Agua Subterránea

Figura 7.6 . Modelo conceptual del funcionamiento hidrológico de las lagunas A) La Brava y B) de Los Padres.

## CAPÍTULO 8. EVALUACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE POTENCIALMENTE PARA LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES

### 8.1 INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de los cuerpos de agua de Argentina presenta algún grado de contaminación. En muchos casos es debida a la entrada de poluentes a los cuerpos de agua desde fuentes puntuales de descarga provenientes de la industria y zonas urbanas, o desde fuentes no puntuales resultantes de actividades que tienen lugar en sus cuencas de drenaje, tales como la agricultura, deforestación, ganadería, minería, etc. (Quirós *et al.*, 2002a; Menni, 2004).

En las últimas décadas, el crecimiento poblacional, la expansión urbana e industrial y el incremento de las actividades recreacionales en estos humedales ha despertado un gran interés en el control de la calidad de sus aguas (Quirós y Drago, 1999). La necesidad radica en un enfoque integral y ecosistémico del problema, implementándose una política de ordenación de los recursos hídricos que considere a los mismos como parte integral de sistemas funcionales (como cuencas completas o llanuras aluviales), con inclusión de los aspectos geológicos, ecológicos, económicos y sociales (Bucher *et al.*, 1997). Muchos estudios han demostrado que el uso del suelo tiene una fuerte influencia en la composición química de ríos, arroyos y lagunas y en sus componentes bióticos (Ometo *et al.*, 2000; Collier y Quinn, 2003; Shivoga *et al.*, 2007).

Los mecanismos de incorporación de contaminantes a los recursos hídricos incluyen el transporte atmosférico (viento), el escurrimiento superficial, la infiltración al acuífero y el transporte a través del agua subterránea o agua superficial hasta alcanzar otros cuerpos de agua superficiales (FAO, 2000). El inventario de carga contaminante es una actividad que comprende la identificación, localización espacial, período de funcionamiento y la caracterización de las prácticas utilizadas, de forma sistemática (WHO, 1982).

La calidad del agua de las lagunas pampeanas depende en gran medida del uso del suelo o del escurrimiento superficial aguas arriba, aunque otros factores como la estructura y la configuración del lago, la geomorfología, las características del ecosistema, entre otros, también afectan a la misma. La mayoría de los problemas de eutrofización en lagos son consecuencia de las diferentes actividades que tienen lugar dentro de su cuenca de drenaje (Quirós *et al.*, 2002a). En general, es sabido que la concentración de nitrógeno en los humedales depende en gran medida del

estado de las tierras de su cuenca (Nakasone y Kuroda, 1999). Como ejemplo de las consecuencias de la actividad agrícola en el área, algunos estudios recientes han demostrado la presencia diferentes niveles de residuos de plaguicidas organoclorados en agua, macrófitas, peces, invertebrados y suelos aledaños a las lagunas La Brava y de Los Padres (Miglioranza *et al.*, 1998; Miglioranza *et al.*, 2002; Miglioranza *et al.*, 2003; Miglioranza *et al.*, 2004; Menone *et al.*, 2004; Bertoldi y Muñoz, 2005). Todos estos estudios confirman el impacto del uso del suelo en la calidad del agua de la región.

Una manera práctica de identificar cargas contaminantes potenciales es a través del reconocimiento de las actividades que tienen lugar en el territorio. Para ello existen diversas metodologías, en general basadas en el análisis de imágenes satelitales. El proyecto CORINE (Coordination of Information on the Environment) se inició en la Unión Europea en 1985, siendo la sección "Land Cover" (CLC) uno de sus principales componentes. CLC en su versión 2000 reconoce y clasifica mediante imágenes satelitales hasta en 5 niveles los diferentes usos del suelo, estableciendo la unidad mínima de mapeo en 25 ha.

## 8.2 METODOLOGÍA

La identificación y localización de las distintas actividades de la zona se basó en CORINE Land Cover (2000), trabajando hasta el nivel 3. Se resolvió modificar el tamaño mínimo de píxel para una mejor adaptación al área de estudio, con una unidad mínima de mapeo de 1 ha (Massone *et al.*, 2011). Mediante la interpretación de imágenes Landsat y del Google EarthPro (de suma utilidad a la hora de identificar el máximo detalle alcanzado en este trabajo), y el reconocimiento de campo se completó el relevamiento de las diferentes coberturas del suelo en el área. Los distintos tipos de coberturas se digitalizaron en pantalla mediante el software SIG ArcGis 9.2. Se obtuvieron tres niveles de coberturas del suelo. Los tres mapas resultado se transformaron a formato raster (Spatial Analyst/Convert/Features to Raster), con un tamaño de píxel de 20 x 20 m. El sistema de proyección de la información incluida en el SIG fue Gauss Krüger, Zona 6 (Campo Inchauspe).

A modo de ensayo preliminar, la asignación de carga contaminante potencial para el agua subterránea se realizó siguiendo lo establecido por el método POSH (acrónimo de Pollutant Origin and Hydraulic Surcharge) (Foster *et al.*, 2002). El mismo genera tres niveles cualitativos de potencial de generación de una carga contaminante al subsuelo dependiendo de la fuente de contaminación:

reducido, moderado y elevado (Tablas 8.1 y 8.2). A cada categoría de cobertura del suelo (Mapa CORINE Nivel 3) se le asignó una carga contaminante potencial, construyéndose así el mapa de carga contaminante potencial.

**Tabla 8.1. Clasificación y categorización de fuentes de contaminación difusa de acuerdo al método POSH (Foster et al., 2002).**

POTENCIAL DE CARGA CONTAMINANTE AL SUBSUELO	FUENTE DE CONTAMINACIÓN	
	saneamiento <i>in situ</i>	prácticas agrícolas
Elevado	cobertura del servicio de cloacas menor que 25% y densidad-poblacional superior a 100 personas/ha	cultivos comerciales intensivos y la mayoría de los monocultivos en suelos bien drenados en climas húmedos o con baja eficiencia de riego, pastoreo -intensivo sobre praderas altamente fertilizadas
Moderado	intermedio entre elevado y reducido	
Reducido	cobertura del servicio de cloacas mayor que 75% y densidad poblacional inferior a 50 personas/ha	rotación de cultivos tradicionales, pastoreo extensivo, sistemas de granjas ecológicas, cultivos bajo riego de alta eficiencia en áreas áridas

**Tabla 8.2. Asignación preliminar de la carga contaminante potencial (CCP) en base a POSH (Foster et al., 2002).**

Cobertura del suelo (CORINE Nivel 3)	CCP
Bosques de frondosas	Reducida
Pastizales naturales	Reducida
Roquedo	Reducida
Instalaciones deportivas y recreativas	Reducida
Prados y praderas	Reducida
Tierras de labor en secano	Moderada
Zonas industriales y comerciales	Moderada
Frutales y plantaciones de bayas	Moderada
Zonas de extracción minera	Elevada
Tejido urbano discontinuo	Elevada
Terrenos regados permanentemente	Elevada

La carga contaminante potencial (CCP) al agua superficial en cada una de las cuencas se evaluó a partir de dos parámetros: cobertura del suelo (Mapa CORINE Nivel 3) y pendiente del terreno (Ver Capítulo 4 "Geomorfología", Apartado 4.6, Mapa de pendientes). La cobertura del suelo

(CS) representa las distintas actividades humanas que se desarrollan en la zona y permite inferir su vinculación con una carga contaminante. La pendiente (P) resulta un factor relevante en la evacuación de aguas y/o contaminantes por escorrentía superficial hacia las lagunas y arroyos. Cada una de las categorías de estos dos mapas se asoció con un valor de 1 a 3: 1. Bueno, 2. Moderado y 3. Malo (Tabla 8.3). Se utilizó una máscara para la categoría de cobertura del suelo "Agua continental". Mediante un procedimiento de álgebra de mapas (Spatial Analyst/Raster Calculator) se obtuvo el mapa de carga contaminante potencial, multiplicando los mapas reclasificados de cobertura del suelo y pendientes. El mismo fue categorizado en tres niveles cualitativos: reducido (1-2), moderado (3-4) y elevado (6-9). La CCP se representa mediante la siguiente fórmula:

$$CCP = CS_r \times P_r$$

Siendo r: valor de cada parámetro (1-3) representando la susceptibilidad mínima y máxima por píxel, respectivamente.

Tabla 8.3 . Valores asignados a los parámetros para evaluar la carga contaminante potencial (CCP) para el agua superficial.

COBERTURA DEL SUELO (CORINE Nivel 3)	Valor (r)	Descripción
Bosques de frondosas	1	No vinculadas a una carga contaminante. Favorecen la retención del escurrimiento superficial del agua
Prados y praderas		
Pastizales naturales		
Roquedo		
Instalaciones deportivas y recreativas	2	Posible vinculación a una carga contaminante
Zonas industriales y comerciales	3	Vinculadas a una carga contaminante
Tejido urbano discontinuo		
Tierras de labor en secano		
Terrenos regados permanentemente		

PENDIENTE DEL TERRENO	Valor (r)	Descripción
Menor a 1°	1	< potencialidad de escorrentía superficial
1° - 2°		
2° - 6°	2	Moderada potencialidad de escorrentía superficial
Mayor a 6°	3	> potencialidad de escorrentía superficial

**X**

CARGA CONTAMINANTE POTENCIAL		PENDIENTE DEL TERRENO			
		COBERTURA DEL SUELO	1	2	3
	REDUCIDA	1	1	2	3
	MODERADA	2	2	4	6
	ELEVADA	3	3	6	9

### 8.3 COBERTURA DEL SUELO

La zona correspondiente al Corredor Mar del Plata-Balcarce es un área de uso primordialmente rural, donde se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas. Las tierras son aptas para la agricultura, predominando los cultivos de trigo, girasol, papa, maíz y soja, entre otros. El paisaje ha sido profundamente modificado por la actividad humana, con negativas consecuencias para la fauna silvestre. Las sierras también fueron asiento de actividad minera (explotación de canteras de materiales para la construcción, hoy cerradas). La actividad industrial es reducida y ligada a la tradicional fortaleza de la agricultura y la ganadería (procesamiento de papas, fabricación de bombas de riego, mataderos). El 74,1 % del área de estudio corresponde a zonas agrícolas, el 21,2 % a bosques y áreas seminaturales, el 2,8 % a zonas artificiales y el 1,9 % a superficies de agua.

El mapa de Nivel 1 (Figura 8.1) permite reconocer 4 de las 5 clases establecidas por la metodología; en el Nivel 2 se reconocieron 11 categorías (Figura 8.2; Tabla 8.4); el Nivel 3, muestra 11 clases (Figura 8.3), no se discriminaron categorías a este nivel para las aguas continentales. En este nivel 3, el de mayor detalle alcanzado, la asignación de categorías corresponde al siguiente criterio:

Clase 1.1.2. Tejido urbano discontinuo: La mayor parte de la tierra está cubierta por estructuras. Edificaciones, carreteras y superficies artificiales asociadas a zonas con vegetación y suelo desnudo, que ocupan superficies discontinuas pero significativas. Entre el 30 y 80% de la superficie total debe ser impermeable; a esta clase corresponden Sierra de Los Padres, Santa Paula, El Paraíso, Colinas Verdes, El Coyunco, La Gloria de La Peregrina y Villa La Brava.

Clase 1.2.1. Zonas Industriales y Comerciales: corresponde a zonas con pavimento artificial (cemento, asfalto, tierra compactada) sin vegetación ocupan la mayor parte del área, en las que también aparecen edificios y/o vegetación. Se incluyeron en esta clase el establecimiento 2 plantas embotelladoras de agua mineral, granjas avícolas, el Mercado Concentrador Frutihortícola, la Estación Transformadora Eléctrica de Laguna de Los Padres y las áreas de servicios El Coyunco y El Dorado.

Clase 1.3.1. Zonas de Extracción Minera: áreas de extracción a cielo abierto de materiales de construcción (minas de arena, canteras) u otros minerales. Incluye graveras inundadas, excepto extracción de lechos de los ríos. Se han ubicado en esta categoría más de 15 cavas ladrilleras identificadas en la zona.

Clase 1.4.2. Instalaciones Deportivas y Recreativas: Campings, terrenos deportivos, parques de ocio, campos de golf, hipódromos, etc. Incluye parques tradicionales no rodeados por zonas urbanas. Se han identificado 14 diferentes centros deportivos, campings y de recreación.

Clase 2.1.1. Tierras de labor en seco: Cultivos de cereales, leguminosas, forrajeras, tubérculos y barbecho. Incluye otros cultivos de cosecha anual con más del 75% del área bajo un sistema de rotación. Parte de esta clase son las parcelas de tierras de labor con una superficie de varias hectáreas alcanzando decenas (centenas) de hectáreas. Se agrupan aquí trigo, soja, girasol y maíz en orden decreciente de superficie sembrada.

Clase 2.1.2. Terrenos Regados Permanentemente: Cultivos regados permanentemente o periódicamente, utilizando una infraestructura permanente (canales de riego, redes de drenaje). La mayoría de estos cultivos no pueden ser cultivados sin un aporte artificial de agua. No incluye tierras regadas esporádicamente. En esta clase se incluyó toda la zona hortícola de Laguna de Los Padres.

Clase 2.2.2. Frutales y Plantaciones de Bayas: Parcelas plantadas con frutales o arbustos: especies únicas o mezcladas de frutales, frutales asociados con áreas permanentemente cubiertas de hierba. Se incluyen en esta clase las tres plantaciones de kiwi más grandes de la zona.

Clase 2.3.1. Prados y Praderas: Cobertura herbácea densa, de composición floral, dominada por gramíneas, no bajo un sistema de rotación. Utilizados principalmente para pasto pero pudiendo haber recogida mecánica para forraje. Se han incluido pasturas implantadas como raygrass, trébol blanco, cebadilla y pastosillo.

Clase 3.1.1. Bosques de Frondosas: Formaciones vegetales compuestas principalmente por árboles, incluyendo monte bajo de arbustos, donde predominan las especies de frondosas. Esta clase incluye zonas con una cubierta vegetal mayor del 30%. Se asignaron a esta clase los montes de pino y eucaliptos, como también las Reservas Forestales de Laguna de Los Padres.

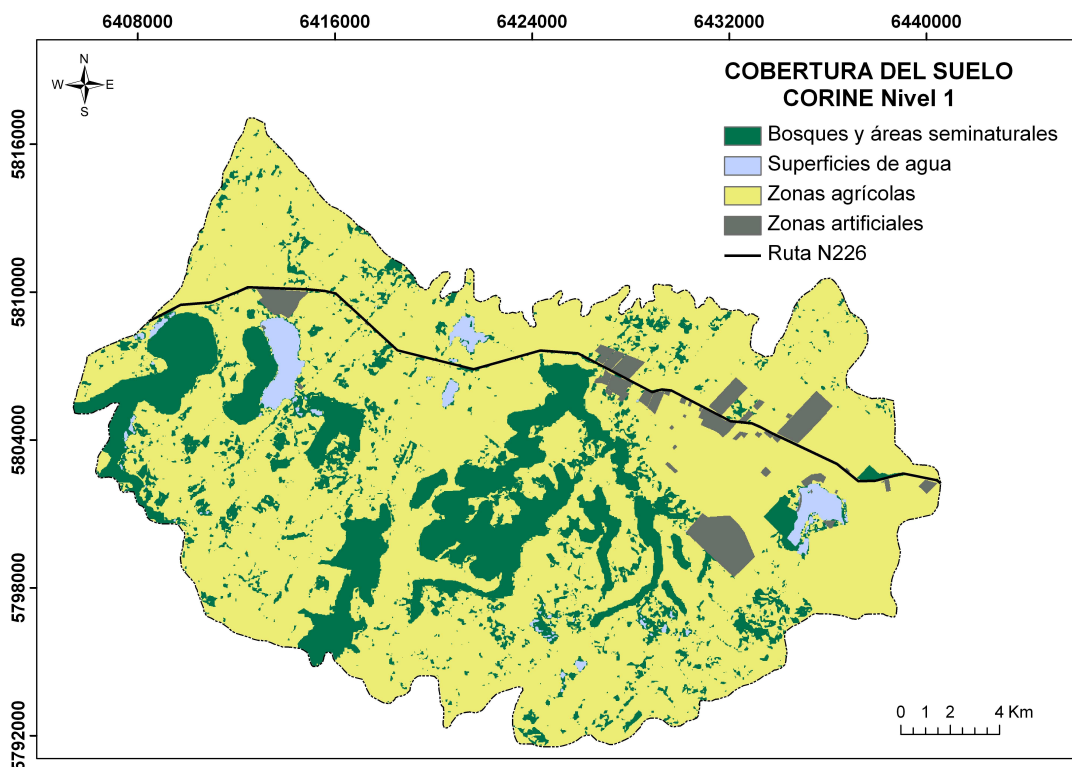
Clase 3.2.1. Pastizales Naturales: Los pastizales naturales son zonas con vegetación herbácea (la altura máxima son 150 cm y prevalecen las especies de gramíneas) que cubre al menos el 75% de la superficie cubierta por vegetación que se desarrolla bajo una interferencia humana mínima (no se riega, fertiliza o estimula con productos químicos que puedan influir en la producción de biomasa). Se incluyeron en esta clase las áreas-relicto de pastizal pampeano (conformado principalmente por espartillar, junco, cortaderal y vegetación psamófito, en orden de superficie ocupada).

Clase 3.3.2. Roquedo: incluye zonas con escasa vegetación donde un 75% de la superficie está ocupada por rocas. Bajo esta categoría se incluyeron todos los afloramientos serranos, admitiendo la particularidad que tanto en la cumbre como en el pie de monte el porcentaje de roca visible es menor al indicado. La Tabla 8.5 muestra las superficies y porcentajes de las clases de este nivel.

Clase 5.1. Aguas Continentales. Lagos, estanques y charcas naturales de agua dulce. Se incluyen las lagunas de Los Padres, La Invernada, El Encanto y La Brava.

**Tabla 8.4. Clasificación de coberturas del suelo según CORINE, hasta Nivel 3.**

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
1. ZONAS ARTIFICIALES	1.1. Tejido urbano	1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Zonas industriales, comerciales y de transporte	1.2.1. Zonas industriales y comerciales
	1.3. Zonas de extracción minera, vertidos y de construcción	1.3.1. Zonas de extracción minera
	1.4. Zonas verdes artificiales, no agrícolas	1.4.2. Instalaciones deportivas y recreativas
2. ZONAS AGRÍCOLAS	2.1. Tierras de labor	2.1.1. Tierras de labor en secano 2.1.2. Terrenos regados permanentemente
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.2. Frutales y plantaciones de bayas
	2.3. Praderas	2.3.1. Prados y praderas
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosques de frondosas
	3.2. Matorrales y/o asociaciones de herbáceas	3.2.1. Pastizales naturales
	3.3. Espacios abiertos con escasa vegetación	3.3.2. Roquedo
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1 Aguas continentales	



**Figura 8.1. Identificación y localización de coberturas de suelo. CORINE Land Cover Nivel 1.**

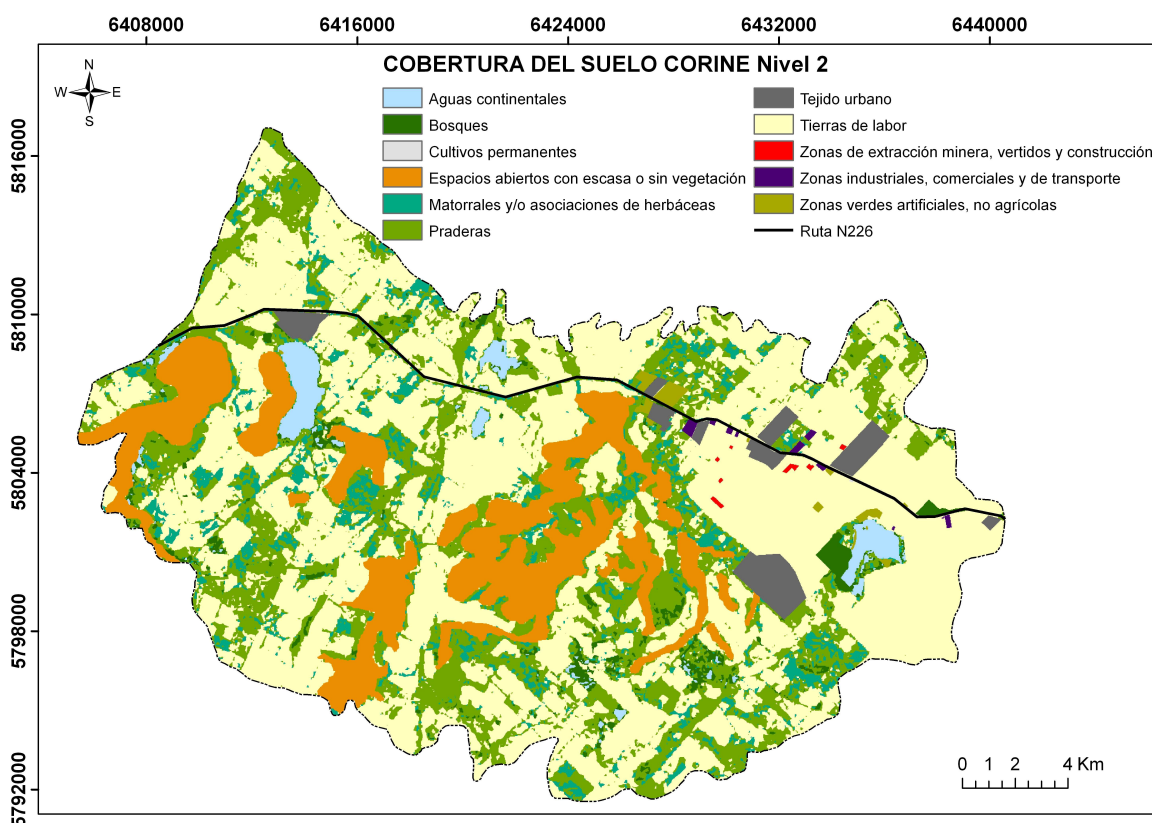


Figura 8.2.. Identificación y localización de coberturas de suelo. CORINE Land Cover Nivel 2.

Tabla 8.5. Superficie y porcentaje de cada clase de cobertura del suelo del nivel 3.

Nivel 3	%	Km <sup>2</sup>
1.1.2. tejido urbano discontinuo	2,17	10,98
1.2.1. zonas industriales y comerciales	0,16	0,80
1.3.1. zonas de extracción minera	0,06	0,32
1.4.2. instalaciones deportivas y recreativas	0,73	3,68
2.1.1. tierras de labor en seco	40,55	205,25
2.1.2. terrenos regados permanentemente	10,80	54,69
2.2.2. frutales y plantaciones de bayas	0,01	0,01
2.3.1. prados y praderas	22,48	113,79
3.1.1. bosques de frondosas	1,99	10,11
3.2.1. pastizales naturales	5,92	29,97
3.3.2. roquedo	13,22	66,92
5.1 Aguas continentales	1,91	9,68

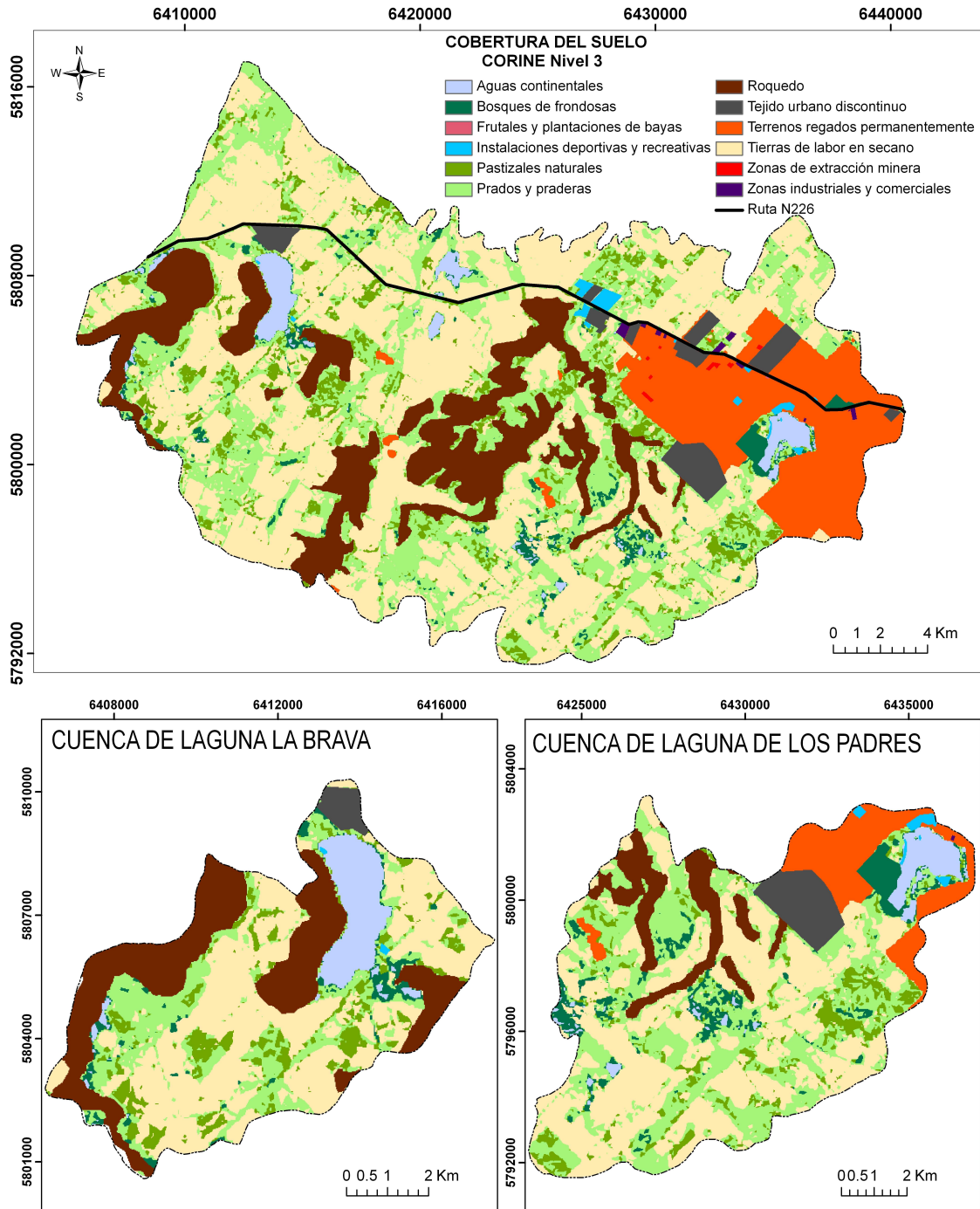


Figura 8.3. Identificación y localización de coberturas de suelo. CORINE Land Cover Nivel 3.

#### 8.4 CARGA CONTAMINANTE POTENCIAL PARA EL AGUA SUBTERRÁNEA

El ejercicio de asignación de carga contaminante potencial se realizó sobre la clasificación de Nivel 3 (Figura 8.3). A modo de ensayo preliminar se utilizó el criterio establecido por la metodología POSH (Pollutant Origin – Surchage Hydraulically) tomado de Foster *et al.* (2002). El método POSH clasifica el potencial de generación de una carga contaminante en tres niveles cualitativos, reducido, moderado y elevado (Figura 8.4).

El mapa de identificación de la carga contaminante potencial para el agua subterránea muestra que el 43,83 % del área de estudio posee un nivel moderado, el 41,04 % reducido y un 13,22 % elevado. De acuerdo a esta distribución, puede estimarse que el área de la Laguna de Los Padres presenta el mayor peligro de contaminación de sus aguas subterráneas. Por lo tanto, deberían establecerse criterios de prevención como el monitoreo periódico de las aguas, el control de la correcta utilización de fertilizantes y plaguicidas en las zonas agrícolas, depuración de vertidos cloacales, entre otros.

El análisis del modo de disposición de las fuentes contaminantes en la zona (difusa o puntual) permitió determinar que un elevado potencial de generación de carga contaminante está asociado principalmente a fuentes difusas, correspondientes a la agricultura y especialmente a los terrenos regados permanentemente. En menor medida, el nivel elevado coincide con fuentes puntuales asociadas al tejido urbano discontinuo y a las zonas de extracción minera. Por el contrario, una carga contaminante potencial reducido coincide mayoritariamente con fuentes puntuales, como son las instalaciones deportivas y recreativas, los bosques de frondosas, las sierras (roquedo), y los parches de pastizales naturales.

Las fuentes difusas normalmente provocan plumas de contaminación con concentración más baja que las fuentes puntuales, aunque ocupan una gran área dificultando la determinación de su extensión y su monitoreo. Las fuentes puntuales producen plumas más intensas y en puntos específicos, facilitando su identificación (Hirata, 2002). Es importante aclarar que con la identificación y localización espacial de las distintas actividades en el área se define la mayor probabilidad de generación de cargas contaminantes hacia el acuífero, pero la sola presencia de elementos o sustancias contaminantes en una fuente no implica que estos estén migrando hacia el mismo.

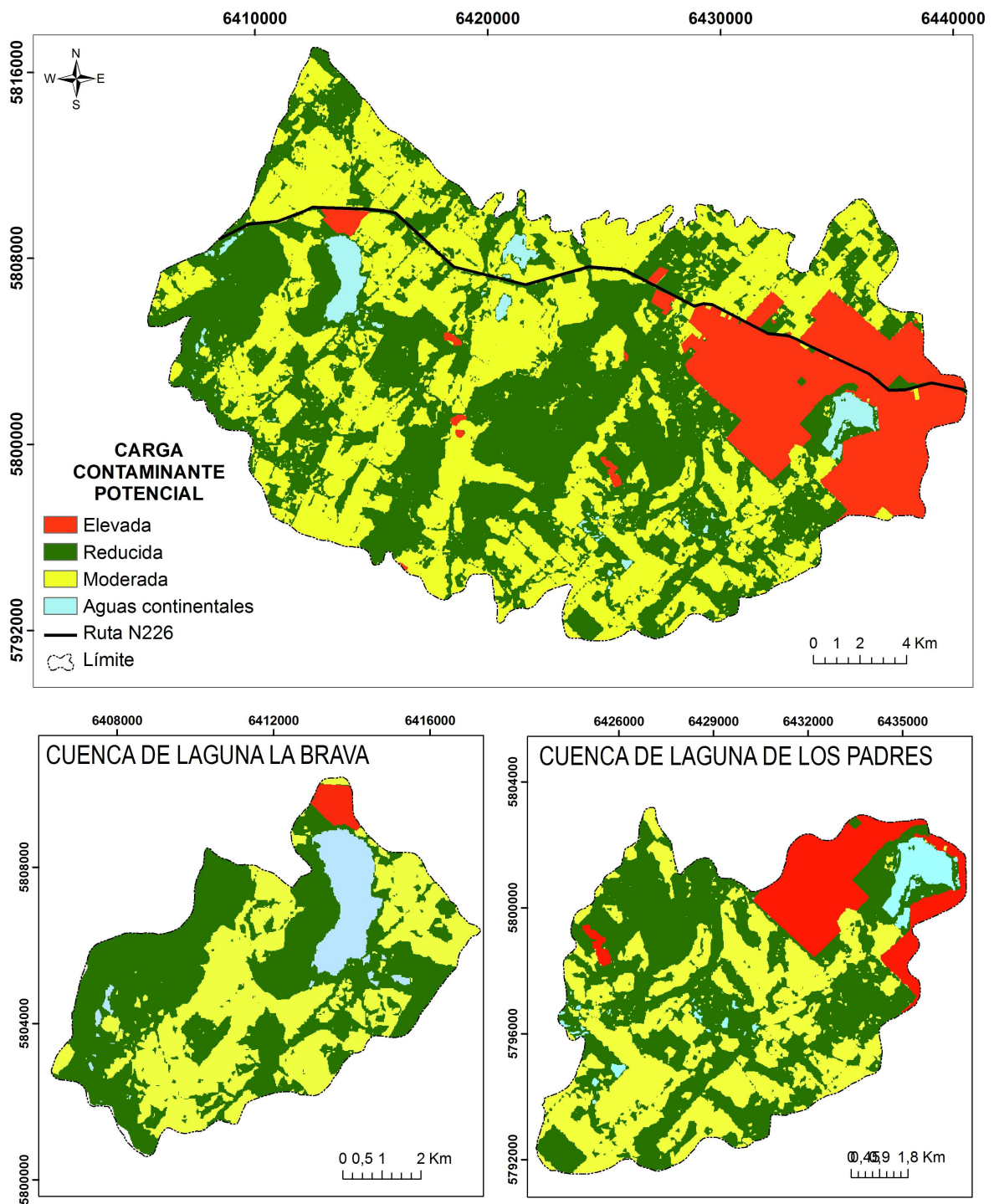


Figura 8.4. Identificación de la carga contaminante potencial para el agua subterránea.

## 8.5 CARGA CONTAMINANTE POTENCIAL PARA EL AGUA SUPERFICIAL

A partir del análisis integrado de la cobertura del suelo, la pendiente del terreno y el drenaje en las cuencas en estudio, se construyó el mapa de identificación de la carga contaminante potencial para el agua superficial (Figura 8.5). En la Cuenca de la Laguna La Brava el 28,33% del área posee un nivel elevado, el 47,95% moderado y un 23,72 % reducido. Para el caso de la Cuenca de la Laguna de Los Padres, se identificó un 33,30% con un nivel elevado, un 32,38% moderado y un 34,32% reducido. De acuerdo a esta distribución, y a diferencia de lo observado para el agua subterránea (Ver Apartado 8.4), puede estimarse que el área de la Laguna La Brava presenta el mayor peligro de contaminación de sus aguas superficiales. La presencia de sierras que limitan la Laguna La Brava (sierras La Brava y de Valdéz) sumado a pendientes mayores a los 2° en su entorno próximo, que favorecen la evacuación de agua y/o de contaminantes por escorrentía superficial, convirtiéndola en un cuerpo de agua vulnerable a la contaminación. La Laguna de Los Padres, por su parte, presenta en su margen O, S y SE bosque, prados y praderas que favorecen la retención del escurrimiento superficial de agua y el posible aporte de contaminantes como consecuencia de la actividad agrícola que se desarrolla aguas arriba.

El aporte potencial de contaminantes a las lagunas La Brava y de Los Padres puede ocurrir principalmente por tres medios diferentes: superficialmente a través de sus arroyos afluentes, los cuales atraviesan áreas con intensa actividad agrícola, y por escorrentía superficial luego de eventos de lluvias proveniente del sector S de mayor pendiente del terreno; y, subterráneamente considerando el comportamiento efluente de las mismas con el acuífero en su zona de recarga. Es importante destacar que el aporte superficial de contaminantes es más rápido que el subterráneo dado que el primero es un aporte directo y el segundo tiene un retraso natural debido a la baja velocidad del flujo subterráneo.

Existen algunas diferencias en cuanto a las fuentes potenciales de contaminación en ambos humedales. En el área de la Laguna La Brava, éstas son principalmente la actividad agrícola en tierras de labor en secano (fuente difusa), la Villa La Brava y las instalaciones deportivas/recreativas ubicadas en sus márgenes (fuentes puntuales). En el área de la Laguna de Los Padres, resultan fuentes potenciales la agricultura en terrenos regados permanentemente, las numerosas instalaciones deportivas y recreativas construidas en su línea de costa y los asentamientos urbanos cercanos a la misma.

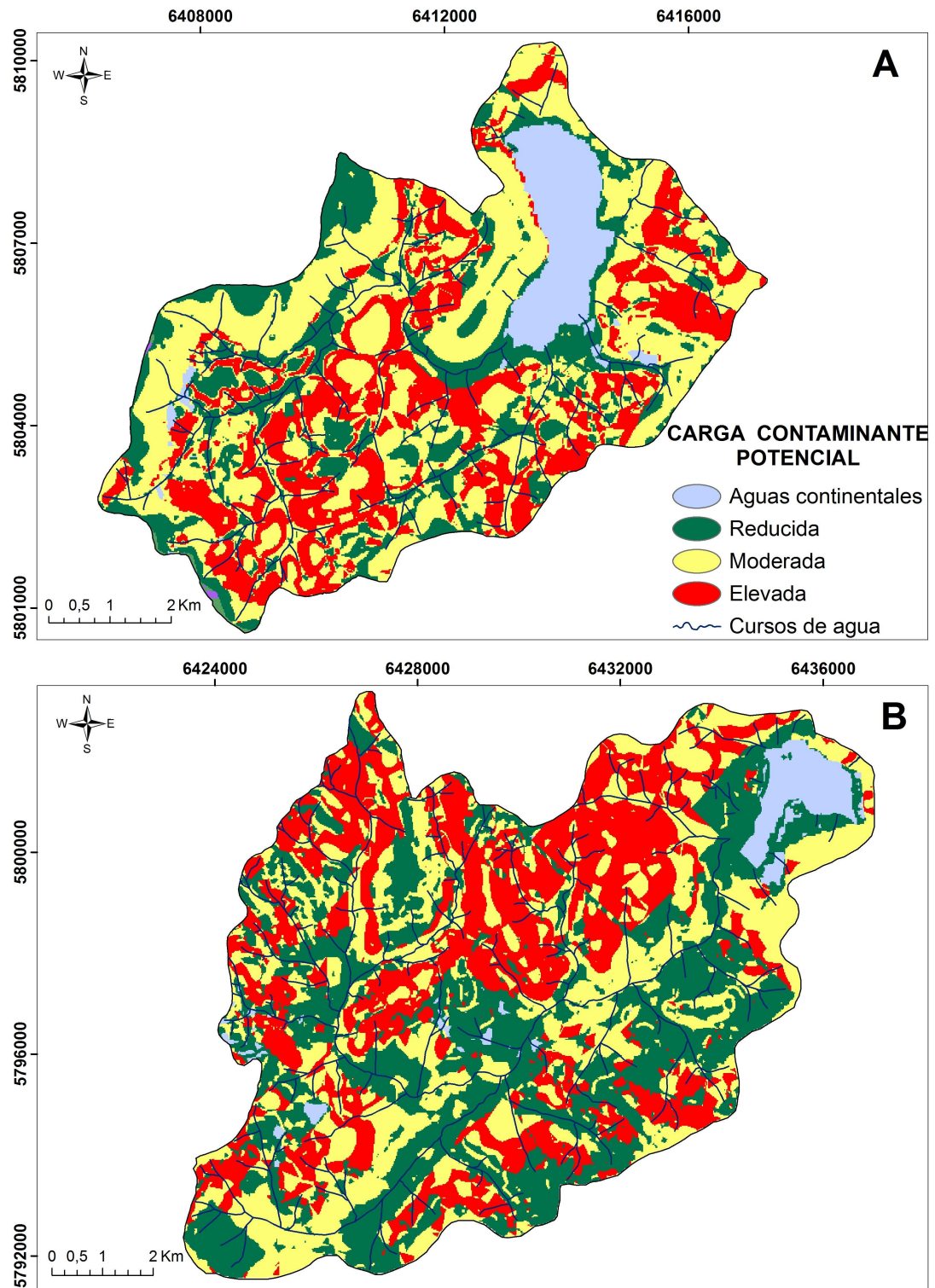


Figura 8.5. Identificación de la carga contaminante potencial para el agua superficial.

## CAPÍTULO 9. RELEVAMIENTO DE ACTORES SOCIALES E IDENTIFICACIÓN DE LA INTERDEPENDENCIA SOCIO-BIOFÍSICA. PROBLEMÁTICA DE LOS RECURSOS DE USO COMÚN

### 9.1 INTRODUCCIÓN

Los recursos de uso común (RUC) son recursos naturales o artificiales que poseen dos propiedades fundamentales que son: 1) la difícil o imposible exclusión de su acceso y 2) la rivalidad en el consumo (Ostrom, 1986; Quinn *et al.*, 2007). Hardin (1968) describió cómo cada usuario de bienes comunes actúa para maximizar sus beneficios a partir de estos bienes de libre acceso, mientras que el costo de su utilización se distribuye entre todos los usuarios. Como resultado, los bienes comunes estarían sujetos al uso excesivo y esto llevaría finalmente a la degradación y colapso del recurso. Muchas de las problemáticas asociadas a los humedales en estudio en esta tesis (lagunas, arroyos, etc.) podrían ser analizadas desde la perspectiva de RUC cuando exhiben tanto condiciones de difícil exclusión como de rivalidad.

Los humedales proporcionan una amplia gama de funciones ecosistémicas esenciales, que se definen como "la capacidad de los componentes y procesos naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfagan directa o indirectamente las necesidades humanas" (de Groot, 1992). En este trabajo de tesis se siguió la línea metodológica propuesta por de Groot, 1992; 2006; de Groot *et al.*, 2002 aunque resulta discutible la definición conceptual de las funciones como tales (y no como servicios ecosistémicos en el sentido de Millennium Ecosystem Assessment, 2005). En este sentido, de Groot (1992) reconoce dentro de las funciones: funciones de regulación (regulación de flujos hidrológicos), funciones de hábitat (refugio de especies), funciones de producción (alimentos y materias primas), funciones de información (recreación, ciencia y educación) y las funciones de soporte (cultivos, minería e instalaciones turísticas).

Toda problemática ambiental lleva implícita una interacción entre aspectos biofísicos y sociales, por ello, el análisis de actores sociales (AAS) es una herramienta útil y de considerable potencial en el análisis y desarrollo de programas y políticas de manejo de los recursos naturales, y en la articulación entre los tomadores de decisiones y otros actores de menor influencia e interés en el sistema. Es una aproximación al entendimiento de un sistema, mediante la identificación de

actores claves y la evaluación de su comportamiento, intenciones, interrelaciones e intereses en el mismo (Grimble y Wellard, 1997; Brugha y Varvasovszky, 2000; Varvasovszky y Brugha, 2000).

Se define como *actores sociales* a cualquier grupo de personas, organizados o no organizados, que comparten un interés común en un tema o sistema en particular (Grimble y Wellard, 1997). La gestión de los recursos naturales normalmente se ocupa de los conflictos de intereses entre los distintos actores ya que utilizan el mismo recurso para diferentes propósitos. Por esta razón, es importante comprender las diferentes perspectivas e intereses de los actores involucrados en un sistema (Reed *et al.*, 2009).

Es ampliamente aceptado que la participación de ciudadanos locales es necesaria para asegurar una planificación y manejo a largo plazo de sus recursos hídricos: para ayudar a los tomadores de decisiones a evitar dar prioridades a algunas necesidades y dejar de lado otras. La intervención ciudadana es esencial para ampliar la conceptualización de los valores del humedal y en la implementación de planes de manejo integrado (Klessig, 2001; Sheil y Liswanti, 2006; Gurung, 2007; Conrad y Daoust, 2008).

El manejo de humedales es abordado en general desde una perspectiva biofísica, mientras que al valor social usualmente se le da menos atención (Klessig, 2001). Existen herramientas básicas para entender la dinámica social de un sitio, las cuales resultan necesarias para los profesionales ajenos a las ciencias sociales pero que trabajan en una problemática ambiental concreta que debe ser abordada de manera integrada. Contar con esta información es de gran ayuda para lograr una mejor comprensión del problema por parte del investigador (el "problem-in-context") y muchas veces explica de manera significativa el éxito o el fracaso de una propuesta de gestión.

Esta perspectiva integrada de análisis constituye hoy uno de los pilares de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) que es la manera en la que actualmente se concibe el proceso de manejo del agua en su concepción más amplia (GWP, 2000; WWAP, 2009).

El objetivo de este capítulo es evaluar los actores sociales involucrados en las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres y sus interdependencias socio-biofísicas, en el contexto de la gestión de RUC. Además, se muestra cómo este enfoque metodológico puede ser utilizado por expertos fuera del ámbito de las ciencias sociales para una mejor comprensión de la participación de los actores sociales en un tema ambiental particular.

## 9.2 CONTEXTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Los humedales son ecosistemas cuya funcionalidad aporta, sin duda, bienes y servicios de interés tanto ecológico como económico y social. Sin embargo, presentan un equilibrio muy frágil y además, muestran una elevada sensibilidad y vulnerabilidad, ya que los impactos a los que son sometidos no son siempre evidentes ni reversibles (Grosman, 2008). En particular, los humedales ligados a la dinámica hídrica subterránea, como es el caso de las lagunas en estudio, muestran además una debilidad añadida al estar ligados a la evolución de los niveles piezométricos, dependientes a su vez de la correcta gestión de la explotación de los acuíferos (Aguilera *et al.*, 2009).

Las lagunas pampeanas, como las lagunas La Brava y de Los Padres, disponen de abundante materia orgánica y elevadas concentraciones de nutrientes que determinan un nivel de eutrofia avanzado desde su origen. La expansión de la actividad agropecuaria de sus cuencas de drenaje, la tecnificación, urbanización y el aumento de desechos de diferente origen (ej. efluentes cloacales o industriales), entre otros, han generado un impacto negativo sobre la calidad de sus aguas, en perjuicio de sus usos actuales o potenciales. La aceleración de los procesos de eutrofización atenta contra la conservación de este tipo de ambientes (Grosman, 2008).

La Laguna La Brava, localizada en un área netamente agrícola, es considerada un importante centro de recreación y constituye un área útil para la divulgación y educación de la naturaleza. A su alrededor se localizan diversos establecimientos: Sede del Club de Pesca Balcarce, Recreo Ruca Lauquen (camping y cabañas), Piedra Naranja (cabañas) y Antigua Estancia La Brava (alquilada para eventos) (Figura 9.1.A). En los últimos años se ha desarrollado en su sector Norte una zona residencial que experimenta un marcado incremento poblacional, actualmente 171 habitantes sin servicio de agua corriente ni cloacas. Además, recibe una constante afluencia de visitantes especialmente de las ciudades cercanas, Mar del Plata y Balcarce. Otras de las lagunas relevantes en el área de estudio es la Laguna de Los Padres, la cual se encuentra inmersa en el Cinturón Hortícola de la ciudad de Mar del Plata desarrollado en pequeñas parcelas dedicadas especialmente a la producción de hortalizas, frutillas y plantas ornamentales. Además, cercano a este humedal, se ubica el Barrio Residencial Sierra de Los Padres, que desde la última década viene experimentando un marcado incremento poblacional. Actualmente se estima que más de mil familias residen en forma permanente. En el perímetro de este cuerpo de agua existe infraestructura

vinculada a clubes de pesca, recreos y restaurantes, con una constante afluencia de visitantes especialmente de la ciudad de Mar del Plata (Figura 9.1.B). Todo lo anteriormente mencionado, genera una consecuente presión sobre ambos sistemas acuáticos.

A pesar de las distintas actividades humanas que se desarrollan en las cuencas de drenaje de las dos lagunas, La Brava y de Los Padres conservan su potencial de proveedoras de servicios ambientales. Especialmente los servicios de naturalidad y soporte, todavía en un estado de conservación aceptable, hacen que sea un momento ideal para la generación de una figura legal de protección.

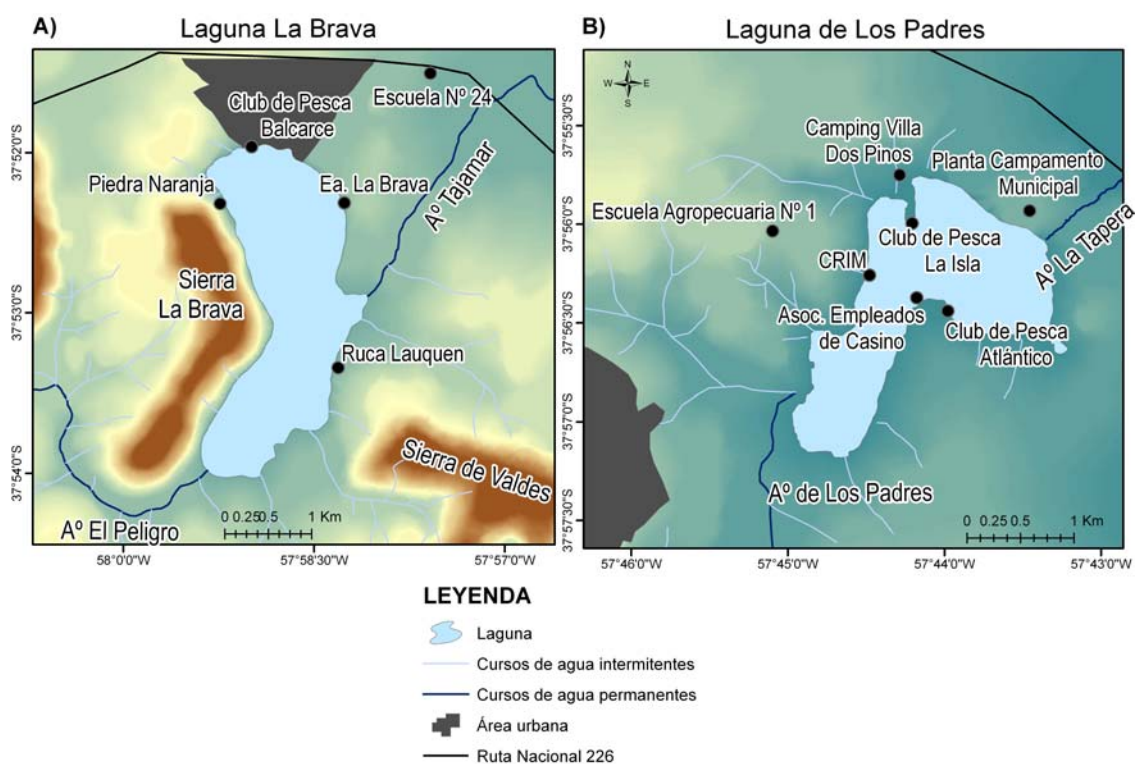


Figura 9.1. Ubicación de las distintas instalaciones turísticas, recreativas y/o educativas en el entorno próximo de las lagunas A) La Brava y B) de Los Padres.

Con respecto a la situación dominial, el área de la Laguna La Brava es compleja, ya que se encuentran involucrados el gobierno provincial, el gobierno municipal del Partido de Balcarce, cuatro centros de esparcimiento (Club de Pesca Balcarce, Recreo Ruca Lauquen, Piedra Naranja y Antigua Estancia La Brava), los habitantes de la Villa Laguna Brava y los propietarios de campos que poseen gran parte de la ribera. En el área de la Laguna de Los Padres tiene jurisdicción el Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires (sólo del espejo de agua) y el

gobierno municipal través del EMDER, ENOSUR, la Delegación Municipal y el Departamento de Guardaparques. Los distintos emprendimientos turísticos localizados en los márgenes de la laguna y el predio municipal, si bien poseen cierta autonomía de decisión y control, dependen del municipio. Éstos poseen concesiones o contratos de comodato con la municipalidad de Gral. Pueyrredón. No hay propietarios.

Los dos casos mencionados, con contextos ambientales diferentes, constituyen interesantes ejemplos de RUC donde bien puede ser aplicada la "Tragedia de los Comunes" (Hardin, 1968). Por ello, la implementación de cualquier alternativa que promueva la gestión sustentable de las lagunas como RUC debería ser consensuada entre los actores sociales con intereses en las mismas, en lo posible minimizando los conflictos y trabajando sobre la construcción de intereses comunes. Es decir, mediante estrategias de cooperación como menciona Ostrom (1986). Además, debe contemplarse en este proceso de alternativas de gestión elementos clave como son la adecuación a las formas legales que ya existen en la Provincia de Buenos Aires y sobre todo de qué manera optimizar el poder de policía de manera de generar reglas que permitan, prohíban y obliguen ciertos comportamientos (Ostrom, 1986).

### 9.3 METODOLOGÍA

El análisis de actores sociales (AAS) en una investigación de manejo de recursos naturales consiste en tres etapas metodológicas claves: 1) identificación de actores, 2) diferenciación y categorización de los mismos y 3) investigación de las relaciones entre ellos (de Groot *et al.*, 2006; Reed *et al.*, 2009). Existen varios métodos de análisis en cada etapa, dependiendo de las circunstancias de cada caso. Se adoptó una estrategia de convergencia metodológica para el análisis de la información relevada (Sautu, 2003).

La metodología aplicada para evaluar los actores sociales de las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres, se sintetiza en la Figura 9.2. En este trabajo se siguieron las tres etapas principales en el AAS. La utilidad de esta herramienta es que puede ser usada para generar conocimiento sobre los actores clave (nivel 1) y así entender su comportamiento, intenciones, intereses e influencia en el proceso de planificación y gestión de su entorno (nivel 2). Por otra parte, AAS ayuda a entender las sinergias y los conflictos entre los actores y la demanda de servicios ecosistémicos proporcionados por la cuenca del humedal (nivel 3).

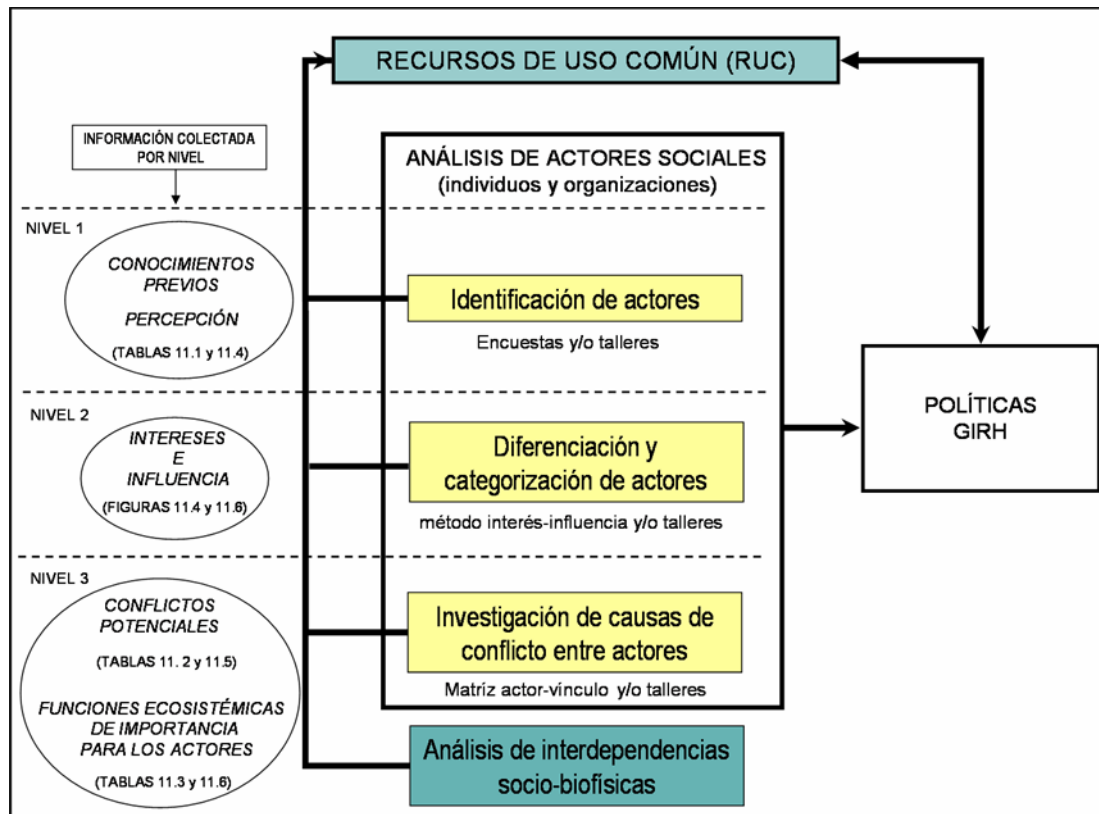


Figura 9.2. Síntesis metodológica del análisis de actores sociales y de sus interdependencias con el ambiente.

### Identificación de los actores sociales

El AAS debe asegurar que todos los intereses en un área sean considerados dentro del proceso de planificación y de toma de decisiones. Así, los organismos e individuos potenciales que pueden tener intereses en los recursos naturales fueron identificados principalmente a través de tres técnicas de muestreo (García Ferrando, 1996; Scribano y Ortéz, 2008):

1) Observación Participante de los actores que participaron de un taller de tres encuentros organizado por el gobierno provincial y municipal, y en varios encuentros públicos (sólo en el caso de la Laguna La Brava): esta técnica implica la anotación sistemática y registro de eventos y comportamientos, sumado a la inclusión consciente y planificada, en los grupos de estudio.

2) Encuestas Semi-estructuradas a los actores involucrados: consiste en la formulación de preguntas que son organizadas en un cuestionario estandarizado, utilizando preferentemente preguntas de tipo cerradas y alguna pregunta abierta para indagar sobre aspectos muy puntuales. En las primeras, el encuestado debió seleccionar de una serie preasignada de categorías la

respuesta que mejor se aproximaba a su opinión, mientras que en el segundo caso, respondió con sus propias palabras.

3) Bola de nieve: procedimiento que permite seleccionar a los sujetos de la muestra en forma arbitraria. Se eligen determinadas personas que presentan características especiales, los cuales una vez identificados se les pide que ubiquen a otros actores. La muestra se genera de forma progresiva, resultado de que cada sujeto proponga a otras personas que conozca.

Las encuestas fueron administradas, realizándose cara a cara, con una duración de 15 a 25 minutos. Se utilizó un formato semi-estructurado con el fin de ser "lo suficientemente abiertas como para no anticipar juicios de valor y puntos de vista poco ortodoxos, pero con una estructura suficiente como para permitir comparaciones entre los encuestados y un mejor entendimiento" (MacMynowski, 2007) (Figura 11.2). Además, la forma semi-estructurada fue elegida debido a que facilita el análisis y asegura la comparabilidad de las respuestas en comparación con la aplicación de preguntas abiertas (García Ferrando, 1996; Marttunen y Vehanen, 2004). El cuestionario incluyó preguntas relacionadas a cinco temas principales: (1) percepción e intereses de los actores en la zona, (2) uso sostenible de los recursos hídricos, (3) aplicación de políticas de gestión para los recursos naturales, (4) actitud hacia los cambios de comportamiento en algunas prácticas comunes en la cuenca, y (5) una pregunta abierta en la que los encuestados podían definir con total libertad lo que los humedales representan para ellos. Además, hubo preguntas generales sobre edad, ocupación, lugar de residencia y composición familiar. Las encuestas se realizaron durante 2007 y 2009 en las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres, respectivamente.

El instrumento propuesto es una forma económica y eficiente de recolección de datos de un número elevado de encuestados. Se llevaron a cabo un total de 79 y 55 encuestas en las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres, respectivamente, con el fin de obtener mayor conocimiento de los distintos actores involucrados.

En la Cuenca de la Laguna La Brava, 34 de estas encuestas correspondieron a los habitantes de Villa Laguna Brava, los propietarios y residentes de los alrededores (residentes de la Cuenca Interior), los miembros del Club de Pesca Balcarce (usuarios), los propietarios de instalaciones turísticas (Piedra Naranja, Recreo Ruca Lauquen y Antigua Estancia La Brava), y las autoridades del Municipio de Balcarce (tomadores de decisiones). Un segundo grupo de encuestados se seleccionó de la Escuela N° 24 (escuela rural primaria-secundaria), situada a 2 Km de la laguna. Cuarenta y cinco alumnos, correspondientes al 50% del total de los estudiantes, fueron

seleccionados al azar para participar en el cuestionario. El rango etario de este grupo varió entre los 9 y 16 años.

En la Cuenca de la Laguna de Los Padres, 32 de las encuestas fueron realizadas a propietarios y residentes de los alrededores (residentes de la Cuenca Interior), concesionarios de lugares de recreación (Clubes de pesca La Isla y Atlántico, Centro Recreativo Islas Malvinas -CRIM, Camping Villa Dos Pinos, Asociación de Empleados de Casino), Sociedad de Vecinos "Sierra de Los Padres", miembros de la Municipalidad de Gral. Pueyrredón (Departamentos de Guardaparques, autoridades de la Delegación Municipal de Sierra de Los Padres y EMDER -Ente Municipal de Deportes y Recreación-). También se realizó el cuestionario a 23 alumnos de la Escuela Agropecuaria N° 1 Nicolás Repetto, localizada dentro del predio de la laguna. La edad de este grupo varió entre 16 y 19 años.

Los estudiantes fueron seleccionados como otro grupo de actores ya que los ciudadanos jóvenes juegan un papel importante en la promoción del cuidado del ambiente, y pueden expresar diversas experiencias y conocimientos sobre una temática bio-física específica (Hart, 1997; Matthews *et al.*, 1999; Panelli y Robertson, 2006). La encuesta a los alumnos de la escuela de La Brava incluyó los mismos temas planteados en el cuestionario de los actores adultos sólo que fue adaptada y simplificada para una mejor comprensión. En el caso de la Laguna de Los Padres, los alumnos eran de mayor edad (adolescentes), por lo tanto no se modificó el cuestionario original. El formato de las encuestas diseñadas se muestra en el Anexo V.

#### *Diferenciación-categorización de los distintos actores sociales e investigación de las causas de conflicto entre ellos*

El método propuesto en este trabajo para caracterizar y clasificar a los actores sociales se condujo basándose en un enfoque de categorización analítica de "arriba hacia abajo". Este enfoque incluye un conjunto de métodos en los cuales la clasificación de los actores la realizan quienes llevan a cabo el análisis, basado en sus observaciones del fenómeno/problema en cuestión y en algunas perspectivas teóricas sobre el funcionamiento de un sistema. Se utilizó el método de la matriz interés-influencia para clasificar a los actores en "Key players" (alto interés e influencia sobre el tema en estudio), "Context setters" (alta influencia y poco interés), "Subjects" (de alto interés y baja influencia) y "Crowd" (poco interés o influencia sobre el tema de estudio) (ODA, 1995; Grimble y Wellard, 1997; Reed *et al.*, 2009).

Por último, se investigaron las causas de los conflictos que existen entre los diferentes actores mediante una matriz que vincula a los mismos. Los actores deben listarse en las filas y columnas de una tabla creando una matriz de manera de describir las interrelaciones entre ellos usando palabras claves (Biggs y Malsaert, 1999; Reed *et al.*, 2009).

### Identificación de las interrelaciones socio-biofísicas

El enfoque ecosistémico se utilizó para identificar y clasificar a los actores de acuerdo a sus intereses en los bienes y servicios provistos por las funciones de regulación, producción, hábitat, información y soporte que proporcionan las cuencas de las lagunas La Brava y de Los Padres (de Groot *et al.*, 2002; 2006). En este trabajo las funciones ecosistémicas se agruparon en cinco categorías principales de acuerdo a de Groot *et al.* (2002) y de Groot (2006): *funciones de regulación*: relacionado con el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales y los sistemas de soporte de vida; *funciones de hábitat*: los ecosistemas naturales proveen refugio y áreas para la reproducción de animales y plantas, y de ese modo contribuyen a la conservación (*in situ*) de la diversidad biológica y genética y a los procesos evolutivos; las *funciones de producción*: asociadas a la provisión de los recursos naturales; *funciones de información*: los ecosistemas naturales contribuyen al mantenimiento de la salud humana, proporcionando oportunidades para la reflexión, el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la recreación y la experiencia estética; y, por último, *funciones de soporte*: éstas implican la prestación de un sustrato o medio adecuado para el desarrollo de las actividades humanas (Ej. cultivo) e infraestructura (Ej. instalaciones turísticas). El uso de las funciones de soporte, generalmente, implica una conversión permanente del ecosistema original. Además, se utilizó el análisis desarrollado por Galbraith (1983), que propone tres fuentes de poder: personalidad (los individuos), bienes (sus recursos materiales), y organización (la fuente más importante de poder en las sociedades modernas).

La identificación de actores y sus relaciones fue fortalecida con la realización de dos proyectos de extensión financiados por la Universidad Nacional de Mar del Plata (2008-2009 y 2010-actualidad) (Anexo VI). Estos proyectos promueven la integración de la investigación, la extensión y la gestión de los recursos naturales en el entorno social-ecológico de las cuencas de las dos lagunas pampeanas estudiadas. Además, éstos crearon un ámbito para la participación de los

ciudadanos locales, necesaria para asegurar una planificación y manejo a largo plazo de sus recursos hídricos. Actualmente, se encuentra en vigencia el proyecto denominado "Gestión Participativa de Recursos Naturales. Una Experiencia Comunitaria en Lagunas del Sudeste Bonaerense" el cual tiene como finalidad consolidar el proceso iniciado a partir de una experiencia anterior (Convocatoria 2008) en Laguna La Brava, incluyendo también a la Laguna de Los Padres.



Figura 9.3. Algunos de los actores sociales al momento de la encuesta.

## 9.4 ANÁLISIS DE LOS ACTORES SOCIALES

### 9.4.1 Cuenca de Laguna La Brava

El rango de edades de las personas encuestadas fue amplio, variando de 9 a 81 años. Según el análisis preliminar, y también a las similitudes de sus preocupaciones, opiniones e intereses, los actores involucrados en la Cuenca de la Laguna La Brava se pueden clasificar en seis grupos principales: residentes de la Villa Laguna Brava, residentes de la Cuenca interior, miembros

del Club de Pesca Balcarce, propietarios de los emprendimientos turísticos, Municipio de Balcarce y alumnos de la escuela rural. La Tabla 9.1 muestra una breve descripción de los grupos de actores.

Tabla 9.1. Breve descripción de los actores involucrados en la Cuenca de la Laguna La Brava.

ACTOR	BREVE DESCRIPCIÓN
Residentes Villa Laguna Brava	Unos 200 habitantes. La mayoría trabaja en la Ciudad de Balcarce, otros en Mar del Plata. Crece de manera importante la cantidad de gente que llega desde estas ciudades e incluso desde Capital Federal con la idea de residir en un lugar tranquilo, rodeado de un muy buen entorno paisajístico.
Residentes Cuenca Interior	Vinculados a la actividad agrícola en la cuenca; en general puesteros o encargados de estancia. Los propietarios suelen no residir de manera permanente.
Miembros del Club de Pesca Balcarce	La mayoría reside en Balcarce, pero hacen uso recreativo de la laguna. El club posee su sede en Balcarce, administra un predio que cuenta con lugares para fogón, campamento e incluso asentamiento de casas móviles; alquiler de botes y embarcadero son su principal actividad.
Propietarios de Instalaciones Turísticas	Emprendimientos turísticos de pequeña escala, ubicados al pie de Sierra La Brava (Piedra Naranja) o que poseen parte de la ribera de la laguna (Recreo y Camping Ruca Lauquen) o bien localizados en las adyacencias de la cuenca (Estancia La Brava).
Alumnos	Alumnos de la única escuela rural localizada en las cercanías de la laguna. El 78 % vive a 5 Km del espejo de agua. El 55% hace uso recreativo del mismo.
Municipio Balcarce	Responsable político-administrativo de aproximadamente el 80% de la cuenca.
Turistas	Constante afluencia de visitantes especialmente de las ciudades cercanas, Mar del Plata y Balcarce. La pesca deportiva del pejerrey ( <i>Odontesthes bonariensis</i> ), constituye una de las actividades más frecuentes realizadas por éstos.
Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable (OPDS)	Ha realizado una serie de monitoreos de la calidad del agua de la laguna durante 2005. Participa en el proyecto para declarar a la Cuenca de la Laguna La Brava como Paisaje Protegido de Interés Provincial (Ley 12.704) (Ver Capítulo 10).

Los actores sociales fueron categorizados de acuerdo a su influencia e importancia relativa: la importancia se refiere a aquéllos cuyas necesidades e intereses son las prioridades en su relación con la laguna, mientras que la influencia se asocia con el poder que ciertos actores tienen sobre los otros y sobre el problema en sí. La matriz de evaluación de la influencia e importancia de los actores puede ser incorporada en un gráfico como el de la Figura 9.4.

Los actores del cuadro B son de vital importancia para el sistema, con gran influencia y alto interés a nivel local. En la Cuenca de la Laguna La Brava los "key players" son los residentes de la Villa Laguna Brava y los propietarios relacionados con el turismo, que toman una posición central en la problemática y tienen una participación continua en el proceso de planificación de la prevención y conservación de los recursos naturales. Además, muchos de ellos participan activamente en una Organización No Gubernamental (ONG) denominada "Asociación Laguna Brava". La aceptabilidad de las estrategias por parte de estos actores clave debe ser una consideración importante a la hora de evaluar su factibilidad. Los miembros del Club de Pesca Balcarce tienen una posición neutral,

reconociendo la importancia del ecosistema, pero con una incipiente participación en el proceso de planificación de la cuenca y en las cuestiones ambientales. Los residentes de la Cuenca interior se clasificaron como "Crowd", ya que este grupo puede participar con un mínimo costo y esfuerzo, y poco interés en el proceso. Por el contrario, las actividades agropecuarias son las principales prioridades para ellos en el contexto de la cuenca. Los estudiantes son "Subjects", con gran interés en el ecosistema, pero poco poder sobre el sistema. El Municipio de Balcarce, hasta mediados del año 2010 se consideró como "Context setter", manteniéndose informado pero con pocos esfuerzos de gobierno. Luego, se convirtió en un "Key player" nuevamente con iniciativas y propuestas para la declaración de la Cuenca de la Laguna La Brava como Paisaje Protegido de Interés Provincial en colaboración con la ONG Asociación Laguna Brava, INTA y UNMdP.

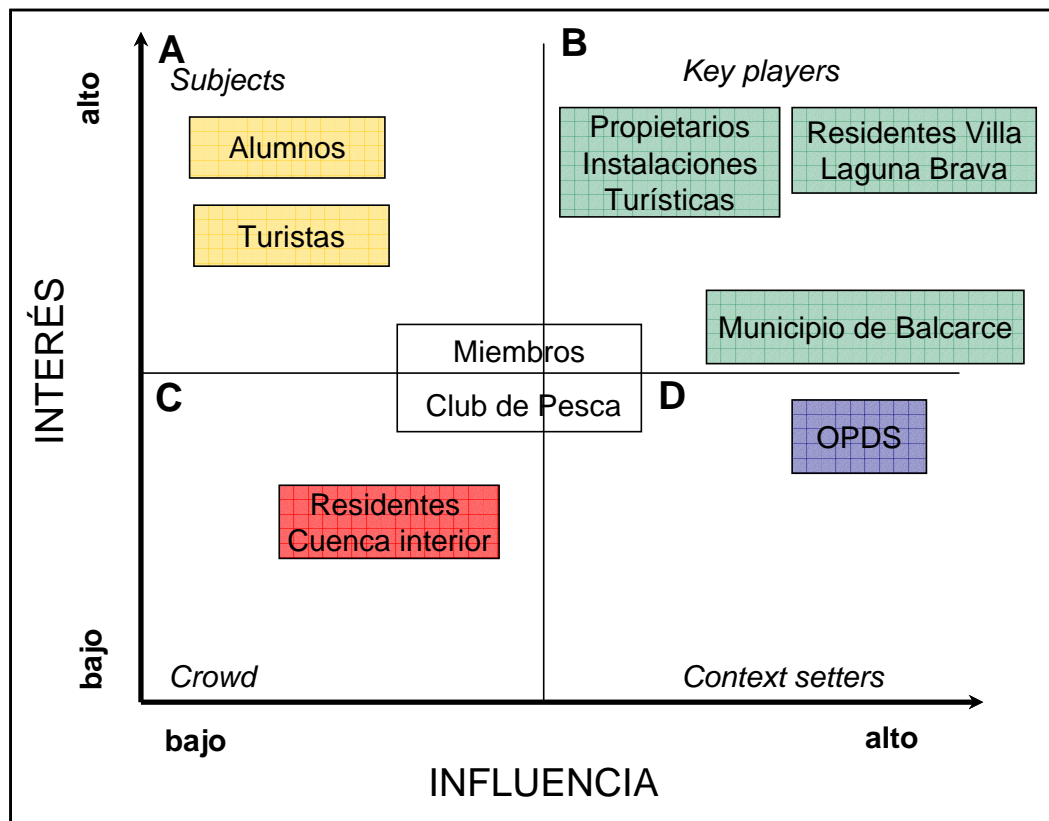


Figura 9.4. Matriz interés-influencia mostrando los distintos grupos de actores sociales en la Cuenca de La Laguna La Brava.

Además, se identificaron las causas de los principales conflictos entre los actores de la cuenca sobre la base de las opiniones dadas en las encuestas y a partir de estrategias de observación participante en los talleres. Los conflictos ambientales en la zona se manifiestan como

consecuencia de conflictos políticos, sociales, económicos o territoriales o conflictos por los recursos o intereses personales. Estos conflictos se caracterizan por el uso excesivo de los recursos renovables, sobreesfuerzo de capacidad de absorción del medio ambiente (contaminación) y la degradación del espacio vital (Tabla 9.2).

Los principales problemas ambientales mencionados por los actores en el área de Laguna La Brava, a través de las encuestas, se muestran en la Figura 9.5. Estos problemas son: la contaminación del medio, la falta de monitoreo de los recursos hídricos, la falta de una regulación local clara relacionada con los usos autorizados en la cuenca del humedal, así como la ausencia de una figura jurídica que los controle. La mayoría de los actores considera que el uso de motores de inyección de combustible en embarcaciones y deportes náuticos, la contaminación del agua de la laguna debido a los agroquímicos y el sistema de cloacas (de los residentes en general) son los principales factores de degradación del ecosistema acuático.

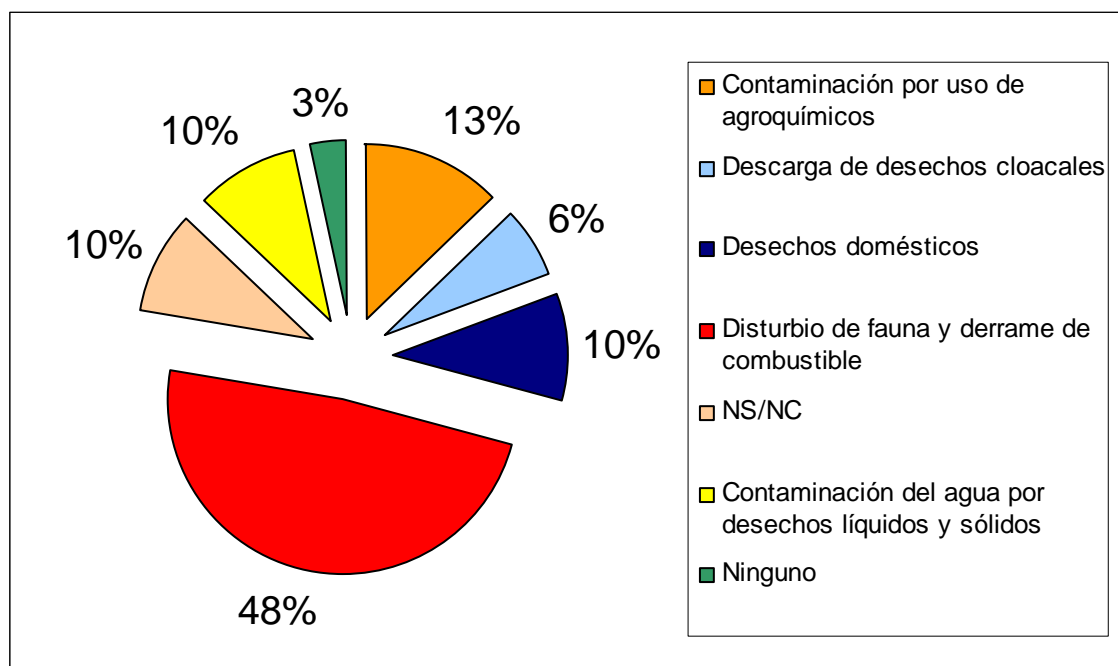


Figura 9.5. Principales problemas ambientales mencionados por los actores de la Cuenca de la Laguna La Brava.

Tabla 9.2. Causas de conflicto entre los distintos actores sociales de la Cuenca de la Laguna La Brava.

De \ hacia	Residentes Villa Laguna Brava	Residentes de la Cuenca interior	Club de Pesca Balcarce	Propietarios de Instalaciones Turísticas	Municipio de Balcarce
Residentes Villa Laguna Brava	-	- Uso de agroquímicos - Prohiben el libre acceso a la costa de la laguna	- Presencia del camping - Contaminación del agua del humedal a partir de desechos líquidos y sólidos - Falta de control en el uso del cuerpo de agua	- Permiso para usar motores a combustión en los botes - Falta de un sistema cloacal apropiado	- Falta de preocupación de la importancia de la laguna debido a su distancia a la ciudad de Balcarce - Reclaman el cambio de la Villa Laguna Brava de categoría rural a urbana
Residentes de la Cuenca interior	A pesar de su proximidad muchos ignoran al humedal. No tiene atractivos especiales para ellos y no hacen uso del mismo. No interactúan con el resto de los actores.				
Club de Pesca Balcarce	- Falta de conocimiento por parte de los vecinos de los temas del club	No se detecta. No existe interacción con los otros actores	-	- Competencia por la afluencia de pescadores	- Falta de recursos económicos para ejercer el papel de policía que le fue asignado
Propietarios de Instalaciones Turísticas	- En contra de la afluencia masiva de turistas/visitantes	No se detecta. No existe interacción con los otros actores	- Competencia por la afluencia de pescadores	-	- Permitir el libre acceso a la costa de la laguna
Municipio de Balcarce	Organizaron conjuntamente con el gobierno provincial cuatro talleres comunitarios durante 2007. En diciembre de 2009 asumieron nuevas autoridades.				-

De acuerdo a los datos obtenidos a partir de los cuestionarios, los pescadores (miembros del Club de Pesca Balcarce) y los residentes de la cuenca modificarían sus prácticas cotidianas con el fin de preservar a la laguna y su entorno para las generaciones futuras. En el primer caso, controlando que las actividades de pesca sólo tengan lugar durante el período permitido, con licencia de pesca y con el correcto número y tamaño de piezas por día. También proponen educar y controlar a los usuarios sobre buenas prácticas en el uso de motores a explosión y descarga de desechos sólidos y basura a la laguna. Otra meta es lograr el reemplazo de motores 2T por motores 4T. En el segundo caso, se harían más esfuerzos para concientizar a los visitantes y turistas en relación a los efectos ambientales de sus visitas y se evitarían los vertidos de residuos sólidos y basura al humedal. Después de las investigaciones de campo, encuestas con los ciudadanos locales, reuniones y una cuidadosa consideración, se detectó un gran interés y conciencia de la necesidad de monitoreo de los procesos biofísicos y de los cambios ambientales en el área.

La información obtenida mostró la importancia de los valores estéticos dado a la laguna por la mayoría de los actores. En los últimos años los residentes de la Villa Laguna Brava, residentes de la Cuenca interior, miembros del Club de Pesca y alumnos notaron cambios en las condiciones naturales de la laguna La Brava. Estos actores están todos de acuerdo en que es necesario restringir o controlar el uso de este ecosistema acuático. La falta de conocimientos relacionados con los aspectos medioambientales y la autoridad responsable del humedal fue evidente en la mayoría de los estudiantes.

Las interdependencias socio-biofísicas existentes entre los actores y los recursos naturales de la Cuenca de la Laguna La Brava se muestran en la Tabla 9.3. Cada actor se asocia con diferentes funciones ecosistémicas, existiendo varios niveles de interés y poder que indican una interdependencia débil o fuerte con el medio ambiente. Los principales intereses se centraron en las funciones de regulación (abastecimiento de agua), hábitat (para la biota y la sociedad humana) e información (recreación, ciencia y educación), con escasa atención dada a las otras funciones ecosistémicas. Esta tabla muestra que la mayoría de los actores se interesaron en la función de regulación, mientras que los actores clave ("Key players") fueron los más interesados en las funciones de hábitat. La función de producción (suministro de peces) se relaciona con los actores sociales con una posición neutral. Por último, la función de soporte (cultivos e instalaciones turísticas) se asocia con los actores con un interés económico en el

ecosistema, como son los residentes de la cuenca interna (propietarios) y los propietarios de emprendimientos relacionados con el turismo.

**Tabla 9.3. Marco de análisis desarrollado para evaluar el "interés" y la "influencia" de los distintos actores en las funciones ecosistémicas provistas por la Cuenca de la Laguna La Brava.**

ACTOR	INTERÉS					INFLUENCIA		
	Funciones ecosistémicas					Fuentes de poder		
	Regulación	Producción	Hábitat	Información	Soporte	Personalidad	Propiedad	Organización
Residentes Villa Laguna Brava	++		+++	++			+++	
Residentes Cuenca interior	++				+++		+	
Miembros Club de Pesca Balcarce		+++	++	+++				++
Propietarios emprendimientos turísticos	++		+++		+++		+++	
Alumnos				+++				+
Municipio de Balcarce			+					+++
Turistas		++	+++			+		
OPDS			+					+++

Nota: Alto (+++), moderado (++), bajo (+), o insignificante () nivel de interés o acceso a una fuente de poder.

#### 9.4.2 Cuenca de Laguna de Los Padres

Los actores encuestados en esta cuenca tienen un rango de edades que varía de 15 a 73 años. De acuerdo a las similitudes de sus preocupaciones, opiniones e intereses, los actores involucrados en la Cuenca de la Laguna de Los Padres se pueden clasificar en cinco grupos principales: residentes de la Cuenca interior, concesionarios de lugares de recreación, miembros de la Sociedad de Vecinos "Sierra de Los Padres", Municipio de Gral. Pueyrredón (incluye al cuerpo de Guardaparques, el EMDER y la Delegación Municipal) y alumnos de la escuela rural. La Tabla 9.4 muestra una breve descripción de los grupos de actores mencionados.

Tabla 9.4. Breve descripción de los actores involucrados en la Cuenca de la Laguna de Los Padres.

ACTOR	BREVE DESCRIPCIÓN
Residentes Cuenca Interior	Vinculados la mayoría a la actividad hortícola en la cuenca; algunos relacionados con la cría de ganado. Los propietarios suelen residir de manera permanente. Incluye dueños, encargados y tractoristas.
Concesionarios de lugares de recreación	Emprendimientos recreativos de pequeña escala, ubicados en la ribera de la laguna (Clubes de pesca La Isla y Atlántico, CRIM, Asociación de Empleados de Casino) o bien localizados dentro del predio municipal (Camping Villa Dos Pinos). Cuentan con lugares para fogón, campamento, asentamiento de casas móviles, pesca y alquiler de botes.
Sociedad de Vecinos "Sierra de Los Padres"	Agrupación en que se organizan los vecinos del barrio residencial Sierra de Los Padres, para la representación y defensa de sus intereses generales. Cuenta con una subcomisión de gestión ambiental. En general no hacen uso recreativo de la laguna.
Municipalidad de General Pueyrredón	El Depto. de Guardaparques (Dirección de Gestión Ambiental Municipal-ENOSUR-) está integrado por cuatro personas, a cargo del control de las disposiciones vigentes referidas a la protección de la flora y fauna en la Reserva Integral Laguna de Los Padres. La Municipalidad de Gral. Pueyrredón descentraliza su gestión en los barrios de Sa. de Los Padres, Gloria de La Peregrina y Colinas Verdes a través de la Delegación Municipal. Posee su sede en la Ruta 226 km 16- Paraje El Coyunco. El EMDER incluye una serie de escenarios deportivos y espacios verdes en el área de la laguna (Planta Campamento Municipal Laguna de Los Padres y Pistas de Remo),
Alumnos	Alumnos de la escuela agropecuaria localizada dentro del predio de la Reserva, con orientación en Cs. Naturales. El 95 % vive en Mar del Plata. Sólo el 39% hace uso recreativo de la laguna.
Turistas	Visitantes especialmente de la ciudad de Mar del Plata. Hacen uso de la infraestructura vinculada a los clubes de pesca y recreos. La pesca, al igual que para el caso de la Laguna La Brava, constituye la principal actividad desarrollada por éstos.

Se realizó la evaluación de la influencia e importancia de los actores involucrados en la Cuenca de la Laguna de Los Padres (Figura 9.6). En este caso, al igual que en la Cuenca de la Laguna La Brava, los miembros del Municipio de Gral. Pueyrredón se identificaron como actores de vital importancia para el sistema con influencia o poder a nivel local. Los mismos están al tanto de la problemática existente en la laguna y su entorno y emprenden esfuerzos de gobierno para desarrollar un plan de manejo del lugar. Los residentes de la Cuenca interior y los alumnos se clasificaron como "Crowd", ya que tienen relativamente poco interés y poder sobre el sistema y, además, no tienen una participación en el proceso de prevención y planificación de los recursos naturales. Por el contrario, para los primeros, sus prioridades están vinculadas principalmente con la producción hortícola. Dentro de la categoría "Subject" se incluyen los concesionarios de lugares de recreación y la Sociedad de Vecinos "Sierra de Los Padres". Estos actores, si bien demuestran un alto interés e iniciativa en preservar y conservar el ecosistema no cuentan con poder en el sistema.

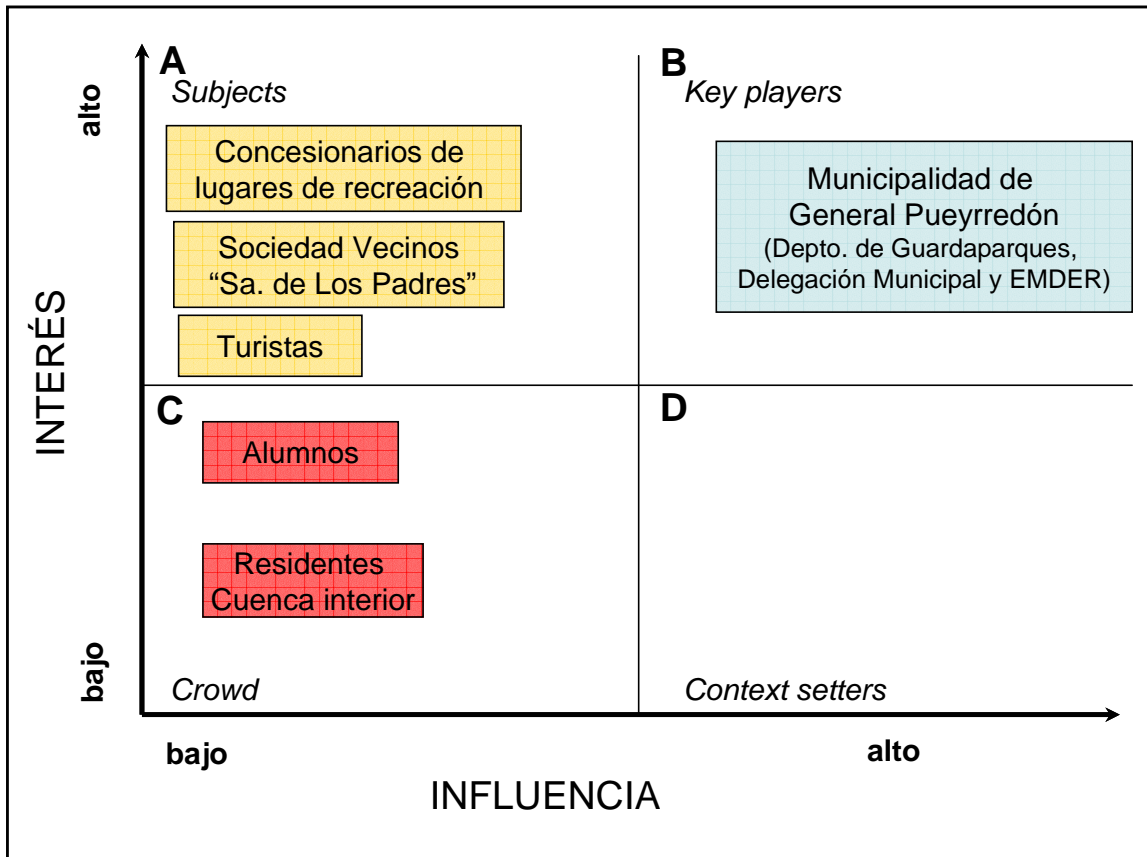


Figura 9.6. Matriz interés-influencia mostrando los distintos grupos de actores sociales en la Cuenca de Laguna de Los Padres.

Además, se identificaron las causas de los principales conflictos entre los actores de la cuenca, sobre la base de las encuestas realizadas (Tabla 9.5). Al igual que para el caso de la Cuenca de la Laguna La Brava, los conflictos ambientales en la zona se manifiestan como consecuencia de conflictos políticos, sociales, económicos o territoriales o conflictos por los recursos o intereses personales.

A su vez, la Figura 9.7 muestra los principales problemas ambientales mencionados por los actores involucrados en el área de la Laguna de Los Padres. Estos problemas son: la contaminación del medio, la caza y pesca furtiva, la baja efectividad de control del uso del espacio natural tanto para fines turísticos como recreativos y la ausencia de mantenimiento y limpieza del lugar.

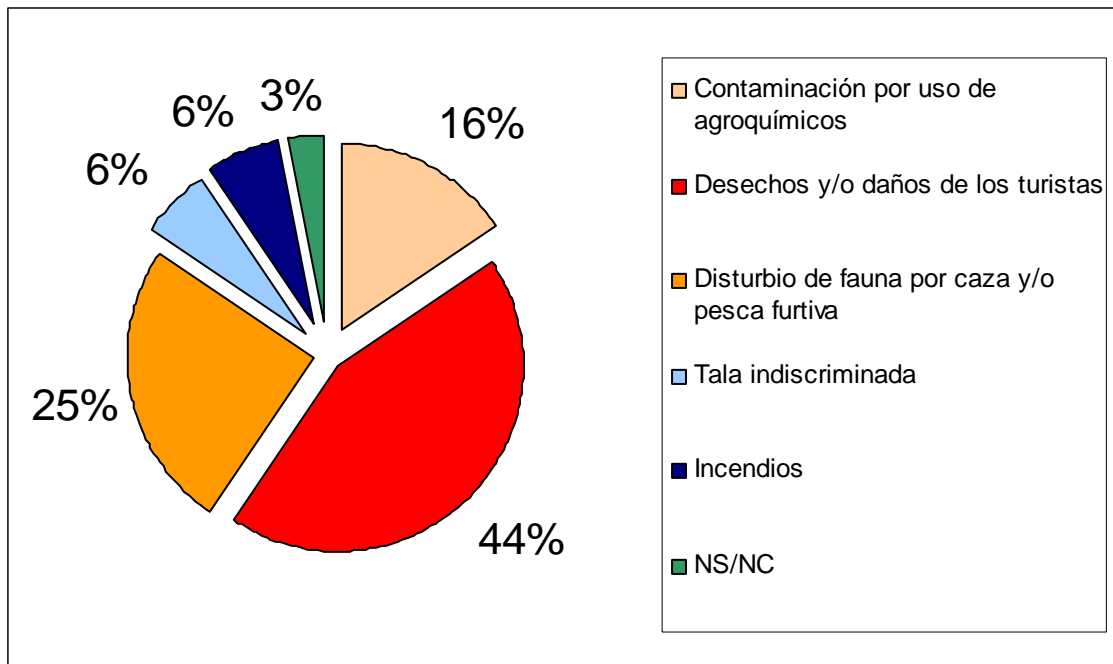


Figura 9.7. Principales problemas ambientales mencionados por los actores de la Cuenca de la Laguna de Los Padres.

Existen diferencias notables en los problemas ambientales presentes en cada una de las lagunas. En la Laguna de Los Padres se identifican factores de degradación del ecosistema más significativos que en la Laguna La Brava, vinculados posiblemente con la falta de control de los distintos usos en el espacio natural. El 94% de los actores encuestados considera necesario restringir o controlar en mayor medida el uso del humedal y su entorno, y un 56% cree que no existe un equilibrio entre el uso y la cantidad de personas que la visitan. En el caso de la Laguna La Brava un 80% sugiere que es importante aplicar medidas de control en el área y un 37% no está de acuerdo con la existencia de un equilibrio entre la afluencia de visitantes a la laguna y su uso.

Tabla 9.5. Causas de conflicto entre los distintos actores sociales de la Cuenca de Laguna de Los Padres.

De \ Hacia	Residentes de la Cuenca interior	Concesionarios de lugares de recreación	Miembros Sociedad de Vecinos "Sierra de Los Padres"	Cuerpo de Guardaparques	Delegación Municipal
Residentes de la Cuenca interior	-	Mayor control de los turistas	No se detecta	Mayor control de los turistas	-Baños públicos dignos -Mejor accesibilidad a la laguna (caminos)
Concesionarios de lugares de recreación	Uso de agroquímicos	-	No se detecta	-Control en la bajada de los botes, que sólo sea permitido en los clubes	-Mayor seguridad, especialmente en la noche -Mantenimiento del espacio natural (accesibilidad, iluminación, limpieza) -Existencia de una figura de control real
Miembros Sociedad de Vecinos "Sierra de Los Padres"	Uso de agroquímicos	No se detecta. No existe interacción entre estos actores	-	No se detecta	-Mantenimiento del espacio natural
Cuerpo de Guardaparques	No se detecta	Colaboración/cooperación en el control de los visitantes	No se detecta	-	-Falta de recursos económicos para ejercer su función de control de actividades y protección de flora y fauna en la reserva -Reducir las zonas de uso recreativo
Delegación Municipal	Asunción del nuevo delegado municipal en mayo de 2009. En junio de 2010 se tomó la decisión de cerrar el ingreso a la laguna después de las 20 hs, con la colocación de un alambrado perimetral.				-

Las interdependencias socio-biofísicas existentes entre los actores y los recursos naturales de la Cuenca de la Laguna de Los Padres se muestran en la Tabla 9.6. En general, los resultados son similares a los obtenidos para la Cuenca de Laguna La Brava, siendo las funciones de hábitat (para la biota y la sociedad humana), regulación (abastecimiento de agua) e información (recreación, ciencia y educación) las de principal interés. Esta tabla muestra que la mayoría de los actores se interesaron en las funciones de hábitat. Por último, la función de soporte (cultivos e instalaciones turísticas) se asocia con los actores con un interés económico en el ecosistema, como son los residentes de la cuenca interna (propietarios) y los concesionarios de los lugares de recreo.

Tabla 9.6. Marco de análisis desarrollado para evaluar el "interés" y la "influencia" de los distintos actores en las funciones ecosistémicas provistas por la Cuenca de la Laguna de Los Padres.

ACTOR	INTERÉS					INFLUENCIA		
	Funciones ecosistémicas					Fuentes de poder		
	Regulación	Producción	Hábitat	Información	Soporte	Personalidad	Propiedad	Organización
Residentes Cuenca interior	++				++		+++	
Concesionarios de lugares de recreación	++	++	++	++	+++	+		+
Sociedad de Vecinos "Sierra de Los Padres"			++	++				+
Guardaparques	++		+++					++
Alumnos				+++				+
Delegación Municipal Sierra de Los Padres			+					+++
Turistas		++	+++			+		

Nota: Alto (+++), moderado (++) , bajo (+), o insignificante () nivel de interés o acceso a una fuente de poder.

Cada grupo de actores sociales se asocia principalmente a una categoría de cobertura del suelo mencionada en el Capítulo 8 de esta tesis (Figura 8.1). Los residentes de la cuenca interior se relacionan con las zonas agrícolas (cultivos y pasturas), los propietarios o concesionarios vinculados con el turismo y/o la recreación (incluido el Club de Pesca Balcarce),

el Cuerpo de Guardaparques (conservación y preservación) y los alumnos (educación) con las categorías de bosques y áreas seminaturales y superficies de agua, y por último, los residentes de Villa La Brava y la Sociedad de Vecinos de Sierra de Los Padres con zonas artificiales (urbanización). Como consecuencia de estas relaciones, existen múltiples funciones ecosistémicas de importancia en la zona que pueden asociarse a cada grupo de actores.

La principal función de las lagunas La Brava y de Los Padres seleccionada por los encuestados adultos fue: sostener el ecosistema local (52,6 y 43,7%) brindar un lugar de recreo (31,6 y 37,5%) y ser receptora del agua subterránea (15,8 y 18,75%). Respecto a la función de menor relevancia de estos cuerpos de agua, hubo algunas diferencias entre lagunas, sin embargo se menciona como función de menor importancia a la de recibir y diluir residuos de las distintas actividades de la zona (66,6 y 65,6%). Los encuestados en la Laguna La Brava mencionaron también: ser receptora del agua subterránea (16,6%), permitir la explotación económica (11,1%) y sostener el ecosistema local (5,5%). Por el contrario, en la Laguna de Los Padres, se seleccionaron: permitir la explotación económica (25,0%) y ser receptora del agua subterránea (6,2%). De acuerdo a las respuestas obtenidas, es evidente que los distintos actores en ambas cuencas reconocen que las principales funciones ecosistémicas de las lagunas son las de regulación (relacionado con el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales), hábitat (vinculado con la conservación de la flora y fauna) e información (especialmente recreación y valor estético).

La utilidad del AAS para predecir y proporcionar información sobre el comportamiento de los actores en el proceso de gestión de los recursos naturales es limitada en el tiempo porque los actores pueden desempeñar distintos roles simultáneamente y/o sus roles pueden evolucionar con el tiempo. Como consecuencia, a medida que avanza el proceso de gestión, las relaciones sociales entre los actores deben ser evaluadas para lograr una comprensión más profunda. De lo contrario, los resultados pueden dar lugar a conceptos simplificados y erróneos sobre la participación de los actores en el manejo de los recursos naturales. Un ejemplo puntual fue el caso del Municipio de Balcarce. Éste inició el proceso de planificación en la Cuenca de la Laguna La Brava en 2006 en conjunto con las autoridades provinciales, pero con el cambio de autoridades municipales perdió su continuidad en el proceso de gestión. Recién a fines de 2010, las nuevas autoridades retomaron la problemática y con la colaboración del INTA, el OPDS y la UNMdP se está trabajando en el proyecto para declarar a la Cuenca de La Laguna La Brava como Paisaje Protegido de Interés Provincial (Ley 12.704). Si bien el resto de los actores

sociales vinculados a ambas lagunas pampeanas continúan con su mismo rol, no significa que su interés e influencia en el proceso no pueda cambiar. Los intereses y el poder no son estáticos, y al cambiar de posición respecto a los otros actores, pueden surgir nuevas tensiones y conflictos (Reed *et al.*, 2009).

Respecto al análisis de los actores sociales vinculados a las dos lagunas estudiadas, se observa que una ventaja de la matriz interés-influencia es la representación visual de los actores, permitiendo encontrar patrones de acuerdo a sus posiciones asignadas, es decir, su capacidad y voluntad de movilizar recursos hacia una meta en particular, su potencial para generar alianzas entre ellos, el dinamismo de su postura, etc. Entonces, se puede comenzar a caracterizar y dar prioridad a los actores en su futura participación en el proceso de gestión. En la Cuenca de la Laguna La Brava, es evidente que los actores sociales con intereses en la producción (cultivos) en general son menos influyentes que aquellos con intereses en el hábitat ("Crowd"). Las personas que viven en el área y/o tienen intereses turísticos son los actores con más poder sobre el sistema. Éstos en su mayoría están activamente agrupados en una organización no gubernamental (residentes de Villa La Brava y los propietarios relacionados con el turismo). Estos actores sienten a la laguna como de ellos, quizás por su cercanía a la misma, por lo tanto estarán involucrados en el proceso de planificación-gestión. Por el contrario, los actores con intereses en la producción no están realmente interesados en el sistema, ya que no interactúan con el resto de los actores ni asisten a las reuniones públicas y talleres que se organizan (donde las preocupaciones, opiniones e intereses personales se discuten con el fin de evitar futuros conflictos). Los mismos, se centran en sus propias actividades productivas. Podría esperarse que estos actores sociales relacionados con las actividades agrícolas fueran los actores clave del sistema, considerando que la zona es principalmente agrícola, sin embargo esto no se cumple. En el área de la Laguna de Los Padres, los actores con intereses en la producción tampoco están realmente interesados en la laguna, ya que no existe una interacción fluida con el resto de los actores, y sus prioridades se enfocan en sus propias actividades productivas.

Podrían surgir ciertas dificultades, para los profesionales de las Cs. Naturales, al momento de aplicar el enfoque metodológico utilizado: 1) Algunas preguntas del cuestionario podrían no ser lo suficientemente claras para varios encuestados, con lo cual las respuestas podrían no ser del todo correctas; 2) la utilización de algún método para medir por escalas las respuestas que constituyen actitudes, como el Método de escalamiento de Likert (las preguntas pueden ser valoradas en una escala de respuestas de 1 a 5 indicando desacuerdo-acuerdo),

podría ser útil para una mejor cuantificación de los datos; 3) la recolección de datos mediante la técnica de encuestas cara a cara proporciona en general resultados más precisos ya que se incluyen ayudas por la observación visual, sin embargo, es un método costoso cuando se trata de áreas geográficas extensas; 4) es la percepción subjetiva del investigador la que en última instancia decide la posición de los actores en el sistema y su relación con los demás actores. En este sentido, el contar con un equipo de trabajo y realizar las encuestas de a pares de encuestadores puede compensar y neutralizar sesgos individuales, proporcionando así una perspectiva más objetiva de las posiciones de los actores de acuerdo a sus intereses. Teniendo en cuenta todas las dificultades mencionadas, sería útil trabajar estrechamente con un grupo de profesionales de las Cs. Sociales el cual puede evaluar las conclusiones preliminares y proponer los pasos a seguir para una mejor recolección de los datos con el fin de obtener un análisis más preciso de los resultados. Un equipo mixto (profesionales de las Cs. Naturales y Sociales) puede proporcionar un análisis más equilibrado.

## **CAPÍTULO 10. MARCO LEGAL-ADMINISTRATIVO**

### **10.1 INTRODUCCIÓN**

Es evidente la importancia de la legislación ambiental como herramienta en la planificación del territorio para el desarrollo sostenible, el diseño de instrumentos de gestión ambiental en los sectores público y privado, la protección de los derechos colectivos y ambientales de las comunidades, el manejo integrado de los recursos naturales y la prevención y control de la contaminación en todas sus formas. En particular, los profesionales de las Cs. Naturales que trabajan en problemáticas ambientales deben tener una visión integral y sistémica de la legislación ambiental argentina de manera de poder interpretar e implementar las normas adecuadamente.

Uno de los propósitos de este capítulo es describir las principales leyes ambientales nacionales y provinciales que contemplan la conservación de recursos naturales en Argentina, haciendo énfasis en los recursos hídricos. Por otra parte, se analizan y comparan las figuras actuales de gestión en las lagunas La Brava y de Los Padres.

### **10.2 LEGISLACIÓN AMBIENTAL A NIVEL NACIONAL Y PROVINCIAL**

La estructura federal del Estado Argentino se basa en la atribución de competencias del art. 121 de la Constitución Nacional, según el cual las provincias conservan todo el poder no delegado al Estado Nacional por la misma Constitución Nacional, en su art. 126. Existen también poderes concurrentes, cuyo ejercicio corresponde indistinta y simultáneamente a los órdenes nacional y provincial (arts. 125 y 75 inc. 18 de la Constitución Nacional). Luego de la enmienda constitucional de 1994, quedó establecido expresamente que corresponde a las provincias el dominio originario de sus recursos naturales, entre ellos el agua (art. 124). En consecuencia, todas las aguas públicas son de dominio provincial y las provincias ejercen la jurisdicción sobre ellas, con excepción de la navegación, el comercio internacional o interprovincial y las relaciones internacionales, campos en los que rige la jurisdicción nacional. La coordinación en el manejo de los ríos interprovinciales se debe reglar mediante tratados (art. 125).

En lo referente a la temática específicamente ambiental, el artículo 41 de la Constitución Nacional (CN) establece que "corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales". Por otra parte, vale recordar que este artículo reconoce expresamente el derecho de todos los habitantes a gozar de un ambiente sano y al desarrollo sostenible, incluyendo la obligación de recomponer el daño ambiental generado. Complementariamente, dicho artículo establece la obligación de las autoridades de proteger esos derechos. A nivel provincial se cuenta con el art. 28° de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires, el cual es coincidente con el ya citado art. 41° de la CN.

La Ley General del Ambiente (25.675) resulta ser la más relevante entre las últimas sancionadas por el Congreso de la Nación, en cumplimiento a lo dispuesto por el art. 41 de nuestra Constitución (Esain *et al.*, 2004). Esta ley, en su art. 2°, trata los lineamientos y los objetivos de la política ambiental nacional. Estos en su conjunto persiguen la consecución del modelo de desarrollo sostenible consagrado constitucionalmente y se encuentran íntimamente relacionados con los principios e instrumentos de gestión ambiental que se incluyen en los arts. 4°, 8° a 26° y 34° de la normativa en cuestión.

La Ley 25.688 sobre el Régimen de gestión ambiental de aguas (2002), establece los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional en el país. A los efectos de la misma, se entiende por agua, a aquélla que forma parte del conjunto de los cursos y cuerpos de aguas naturales o artificiales, superficiales y subterráneas, así como a las contenidas en los acuíferos, ríos subterráneos y las atmosféricas (art. 2°).

En diciembre del 2002, como resultado de un acuerdo sobre la conveniencia y necesidad que entre las provincias y la Nación exista una instancia federal, en la que los puntos de vista de las provincias sean expresados por quienes tienen en ellas la responsabilidad directa de la gestión hídrica, se crea el Consejo Hídrico Federal (COHIFE). El mismo está conformado por el Estado Nacional, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y todas las provincias de la República Argentina. En el año 2008, mediante la sanción de la Ley Nacional N° 26.438, se reconoció al COHIFE como el "nucleamiento federal de las entidades que tienen a su cargo la gestión y manejo de los recursos hídricos en la Argentina". La creación del COHIFE facilita el intercambio de ideas y experiencias entre provincias que no son parte de la misma cuenca, lo cual les brinda una perspectiva más amplia y también más afín con la que tienen los organismos nacionales. Adicionalmente les ayuda a percibir que muchos problemas -y sus posibles soluciones- son comunes a todas las cuencas.

En lo que respecta al nivel provincial, la Ley 12.257(1999) -Código de Aguas- establece el régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico de la Provincia de Buenos Aires. Además, crea la Autoridad del Agua (arts. 3° y 4°), un ente autárquico de derecho público y naturaleza multidisciplinaria que tiene a su cargo la planificación, el registro, la constitución y la protección de los derechos, la reglamentación, supervisión y vigilancia de todas las actividades y obras relativas al estudio, captación, uso, conservación y evacuación del agua.

De acuerdo a esta ley, toda persona puede usar el agua pública a título gratuito y conforme a los reglamentos generales, para satisfacer necesidades domésticas de bebida e higiene, transporte gratuito de personas o cosas, pesca deportiva y esparcimiento sin ingresar en inmueble ajeno. No deberá contaminar el medio ambiente ni perjudicar igual derecho de terceros (art. 25°). Sin embargo, los propietarios limítrofes con los ríos, arroyos, canales, lagunas y embalses del dominio público, están obligados a permitir hasta una distancia de diez metros del límite externo de la ribera el uso público en interés general de la navegación, la flotación, la pesca y el salvamento (art. 140°). Además, los propietarios tienen la obligación de permitir el acceso a todo cuerpo de agua pública aledaño, dejando tranqueras o portillos por cada kilómetro de su cerco que permitan el tránsito de las personas. Cada propietario propondrá a la Autoridad del Agua el itinerario a seguir dentro de su tierra para acceder al cuerpo de agua (art. 174°).

En la Provincia de Buenos Aires existe una serie de figuras de protección legal de los recursos naturales. La Ley 12459 (2000), anteriormente Ley 10.907 (1990), clasifica a las áreas protegidas como Parques Provinciales, Reservas Naturales Integrales, Reservas Naturales de Objetivos definidos (de acuerdo a su objetivo de protección éstas pueden ser reservas botánicas, faunísticas, geológicas o paleontológicas, de protección, escénicas y educativas), Reservas de usos Múltiples y Refugios de Vida Silvestre (Tabla 10.1). De acuerdo a esta ley, serán declaradas reservas naturales aquellas áreas de la superficie y/o del subsuelo terrestre y/o cuerpos de agua existentes en la Provincia que, por razones de interés general, especialmente de orden científico, económico, estético o educativo deban sustraerse de la libre intervención humana a fin de asegurar la existencia a perpetuidad de uno o más elementos naturales o la naturaleza en su conjunto, por lo cual se declara de interés público su protección y conservación (art. 1°).

Tabla 10.1. Resumen de las principales leyes provinciales y su contenido en lo que respecta a las categorías de áreas protegidas.

Nombre	Categorías de áreas protegidas	Descripción
Ley 12704 (2001)	Paisaje Protegido	Área donde se desarrollen los procesos naturales o artificiales que aseguren la interacción armónica entre el hombre y el ambiente. Las autoridades provinciales incumbentes brindarán el asesoramiento técnico necesario a fin de elaborar los planes de protección y conservación así como los de monitoreo y control. Se permiten múltiples usos del lugar.
	Espacio Verde	Las autoridades provinciales incumbentes brindarán el asesoramiento técnico necesario a fin de elaborar los planes de protección y conservación así como los de monitoreo y control. Se permiten múltiples usos del lugar.
Ley 12459 (2000)	Parques Provinciales	Reservas establecidas por su atractivo natural, con el doble propósito de conservar el ecosistema y brindar recreo y fuente de educación a la sociedad. Pueden existir zonas de acceso restringido.
	Reservas Naturales Integrales	Mantenimiento de los ecosistemas naturales y restauración o recuperación de ambientes degradados. Sólo las actividades científicas están permitidas.
	Reservas Naturales de Objetivos Definidos	Protección del suelo o de los recursos botánicos, faunísticos, geológicos, paleontológicos o escénicos, en forma aislada o conjunta. Las actividades humanas pueden ser permitidas, sin embargo, son estrictamente controladas.
	Reservas de Usos Múltiples	Reservas orientadas a la investigación y experimentación del uso racional y sostenido del medio y los recursos naturales. Constituyen áreas características del paisaje, seleccionadas por su índole representativa más que excepcional, en las cuales se proveen lugares para su utilización a largo plazo de zonas naturales de investigación y vigilancia.
	Refugios de Vida Silvestre	Conservación de la fauna, en áreas que, por sus características especiales o por contener hábitat críticos para la supervivencia de las especies amenazadas requieren de protección; se vela en forma total y permanente la caza.

Otra de estas leyes es la de "Paisaje Protegido de Interés Provincial" o "Espacio Verde de Interés Provincial" (Ley 12.704), que fue sancionada en 2001. Ésta establece y regula las condiciones para las áreas que sean declaradas "Paisaje Protegido de Interés Provincial" o "Espacio Verde de Interés Provincial", con la finalidad de protegerlas y conservarlas. Las áreas, declaradas por ley, poseerán carácter de acceso público, tendiendo al bienestar común, con el fin de elevar la calidad de vida de la población y la protección del medio. Según esta ley, se define "Paisaje Protegido de Interés Provincial" a aquellos ambientes naturales o antropizados con valor escénico, científico, sociocultural, ecológico u otros, conformados por especies nativas y/o exóticas de la flora y fauna, o recursos ambientales a ser protegidos. Se entiende por "Espacio Verde de Interés Provincial" a aquellas áreas urbanas o periurbanas que constituyen

espacios abiertos, forestados o no, con fines ambientales, educativos, recreativos, urbanísticos y/o eco-turísticos.

Lo importante de destacar respecto a esta ley es el fuerte rol asignado al municipio que incluye el área en cuestión. Son las autoridades municipales las que establecerán las normas correspondientes a su jurisdicción y competencia, y arbitrarán los medios para la aplicación de la ley. Para que un área sea declarada Paisaje Protegido o Espacio Verde, debe contar con un estudio ambiental previo elevado por cualquier persona física o jurídica, pública o privada y avalado por un profesional incumbente quien será responsable de la veracidad del mismo. La autoridad de aplicación para ambas leyes es el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS).

### 10.3 NORMATIVA ESPECÍFICA EN LA CUENCA DE LAGUNA LA BRAVA

La ordenanza municipal N° 159/96, ya derogada, regulaba el uso de la laguna y Villa La Brava. Ésta constituyó el Reglamento general para la Preservación del Parque Natural Laguna Brava. El mismo se aplicaba en todo el ámbito del llamado "Parque Natural Laguna Brava", ámbito de dominio público provincial y municipal, de dominio privado del estado provincial y municipal, su reserva circundante, y aquellos predios que en el futuro se incorporarían al dominio público o privado, provincial o municipal" (art. 2°). Con el fin de garantizar la preservación, protección y uso racional del Parque Natural Laguna Brava y el debido cumplimiento del reglamento, el Municipio de Balcarce en ejercicio de las atribuciones que le son propias y las delegadas por la Provincia, aseguraba el cumplimiento de las tareas de atención y mantenimiento del sitio en cuestión, así como también la fiscalización delegada, por intermedio del denominado Ente para la Atención, Mantenimiento y Fiscalización del Parque Natural Laguna Brava, constituido por el Club de Pesca Balcarce (art. 46°).

La Ordenanza N° 97/08, en octubre de 2008, establece la delimitación preliminar de Áreas y el Código de Zonificación para la Villa La Brava y su entorno incluyendo el espejo de agua. Este código, está en etapa de aprobación en la Dirección de Ordenamiento Territorial de la Provincia, paso previo a su convalidación por el Gobernador de la Provincia de Buenos Aires. De acuerdo a esta ordenanza Villa Laguna Brava se divide en las siguientes zonas (Figura 10.1).

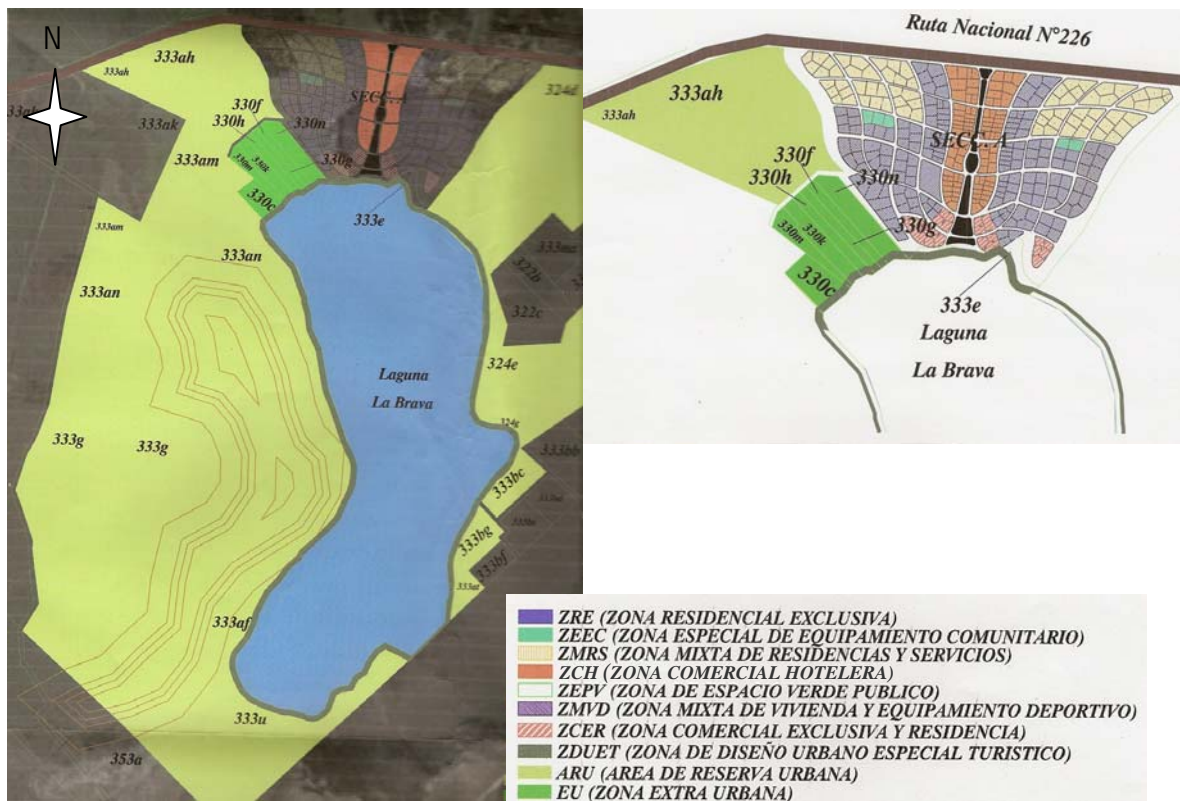


Figura 10.1 . Mapa de Ordenamiento Territorial de la Villa Laguna Brava y el entorno de la laguna.

Por su ubicación estratégica se propone un eje central donde se concentrarán las actividades de índole residencial, comercial y hotelero de pequeña escala sobre los laterales de la avenida de acceso a la villa, definiéndose así La Zona Comercial Hotelera (ZCH). En esta área se contemplan actividades relacionadas con la provisión al entorno (abastecimientos domiciliarios, comercio ocasional, industrias y depósitos domésticos).

La Zona de Espacio Verde Público (ZEVP) corresponde al área verde reservado para el esparcimiento público. Se entiende por espacio público a la red de espacios conformada por el conjunto de espacios abiertos de dominio público y uso social, destinados por su naturaleza, por su uso o afectación a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas.

Otra de las divisiones corresponde a la Zona Especial de Equipamiento Comunitario (ZEEC). Se entiende por equipamiento comunitario a las edificaciones e instalaciones destinadas a satisfacer las necesidades de la comunidad en materia de salud, seguridad, educación, cultura, administración pública, justicia, comunicaciones y recreación.

El sector residencial exclusivo (Zona Residencial Exclusiva -ZRE-) se ubica a ambos lados del acceso principal, separado de éste por el área comercial. Se prevé una vivienda y

quincho por lote y con un máximo de dos plantas y tipología según el reglamento de construcción.

La Zona Mixta de Residencias y Servicios (ZMRS) queda conformada sobre el perímetro de la villa, paralelo a la Ruta Nacional 226; se reserva una zona de vivienda y servicios. Hacia los laterales de la villa podrán además de viviendas individuales, habilitarse usos de tipo deportivo y de esparcimiento al aire libre, conformando así, la Zona de Vivienda y Equipamiento Deportivo (ZMED).

Sobre la rivera N de la laguna está prevista la Zona Comercial Exclusiva y Residencial (ZCER); se propone como uso predominante el comercio de pequeña escala. Además, se establece una Zona Buffer (ZB). Se propone una franja de 35 m, según recomendaciones en el informe realizado por el Grupo de Gestión Ambiental y recursos Naturales (EE INTA Balcarce) para la creación de esta zona buffer que apunta al cuidado de las aguas y la biodiversidad. En dicha franja territorial no se podrán establecer construcciones y/o explotaciones de tipo permanente, ni ningún emplazamiento que provoque un impacto ambiental negativo hacia el medio. Coincidente con la zona costera de la laguna y de los arroyos que desaguan en ella se considera una Zona de diseño urbano especial turístico (ZDUET).

Desde el año 2010 se está llevando a cabo el Plan de Ordenamiento Territorial Rural del Partido de Balcarce, elaborado por el Municipio junto con INTA, Universidad de Mar del Plata, Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable (OPDS) y Autoridad del Agua (ADA), en el cual se incluyen las problemáticas de la Laguna La Brava y su entorno en su estudio. Paralelamente con éste, se han desarrollado una serie de talleres participativos locales en la Escuela N° 24 con la comunidad del área de influencia de Villa Laguna La Brava, con el fin de manifestar aspiraciones y preocupaciones, sobre el crecimiento de la región y la conservación del paisaje.

Desde finales del mismo año se está desarrollando conjuntamente con el Municipio de Balcarce y la Universidad Nacional de Mar del Plata (Grupo de Hidrogeología, Facultad de Cs. Exactas y Naturales -FCEyN), el proyecto para declarar a la Cuenca de la Laguna La Brava "Paisaje Protegido de Interés Provincial" (Ley 12.704). A través de un convenio específico entre la Municipalidad de Balcarce y esta Facultad se coordinó y realizó el informe "Análisis de la situación ambiental en Cuenca Laguna La Brava" (Romanelli y Massone, 2010).

Para que este informe sea aprobado es necesario que se defina de manera precisa el área a proteger, con límites visibles y reales. Como consecuencia el área propuesta a declararse

Paisaje Protegido de Interés Provincial comprende toda la Cuenca de Laguna La Brava, teniendo como límites la Sierra La Brava, Sierra de la Vigilancia y Sierra de Valdez.

Una vez que el área de la Laguna La Brava obtenga esta figura de protección, requerirá de un comité de gestión. El mismo elaborará un plan de manejo de la región consensuado con los distintos actores sociales con intereses en la misma, en lo posible minimizando los conflictos y trabajando sobre la construcción de intereses comunes.

Un aspecto importante es que la realización de toda obra o actividad pública o privada que produzca o sea susceptible de producir efectos negativos al ambiente, declarado Paisaje Protegido, y/o a sus recursos naturales deberá obtener la autorización correspondiente expedida por la autoridad competente, previa presentación obligatoria de una evaluación de impacto ambiental, que aprobará la autoridad ambiental que corresponda.

Además, la Dirección General de Pesca del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación designó tres Inspectores Honorarios de Pesca *ad honorem* para controlar la pesca en el espejo de agua, siendo estas personas capacitadas por esa dependencia. Por su parte, por pedido del Club de Pesca Balcarce (abril de 2011), se realizó un informe técnico titulado "Consideraciones y recomendaciones sobre el uso de motores a explosión en Laguna La Brava" (Hassan *et al.*, 2011). En el mismo se sugieren algunas acciones que permitan compatibilizar mejor las actividades de recreación y las de importancia ecosistémica en la Laguna La Brava, considerando que el cumplimiento de estas recomendaciones contribuirá a salvaguardar la biodiversidad y la salud ambiental de la laguna y favorecerá así un uso sustentable de la misma por parte de toda la comunidad.

#### 10.4 NORMATIVA ESPECÍFICA EN LA CUENCA DE LAGUNA DE LOS PADRES

En el año 1957, el Decreto Provincial 19322/57, declara Reserva al área del Cerral cercano a la Laguna de los Padres. Más tarde, la Provincia de Buenos Aires transfiere a la Municipalidad de General Pueyrredón, las tierras de Laguna de los Padres -incluida la Reserva del Cerral-, según lo establecen las siguientes leyes provinciales 7337, 9107, 9203 y 10121.

La Ordenanza 5383 (1982), crea la figura de Reserva Natural Laguna de los Padres, que tiene por fin proteger la fauna y la flora, mediante la preservación y el mejoramiento del medio

ambiente, la proscripción de las acciones degradantes del mismo y la corrección de los efectos de las ya producidas. Posteriormente el Decreto 1020/84, aprueba el Plan de Manejo para la Reserva Integral Laguna de los Padres (RILAPA). La misma es un ámbito natural destinado a la preservación de la flora, la fauna y el cuerpo de agua, para su uso recreativo y científico-educativo. Luego se elabora un Reglamento General para esta reserva que incorpora usos diferenciales, según la zonificación propuesta en el Plan de Manejo. La RILAPA (687 ha) se encuentra sectorizada en Zona Intangible, Zona de Conservación y Zona de Usos Múltiples (Figura 10.2).

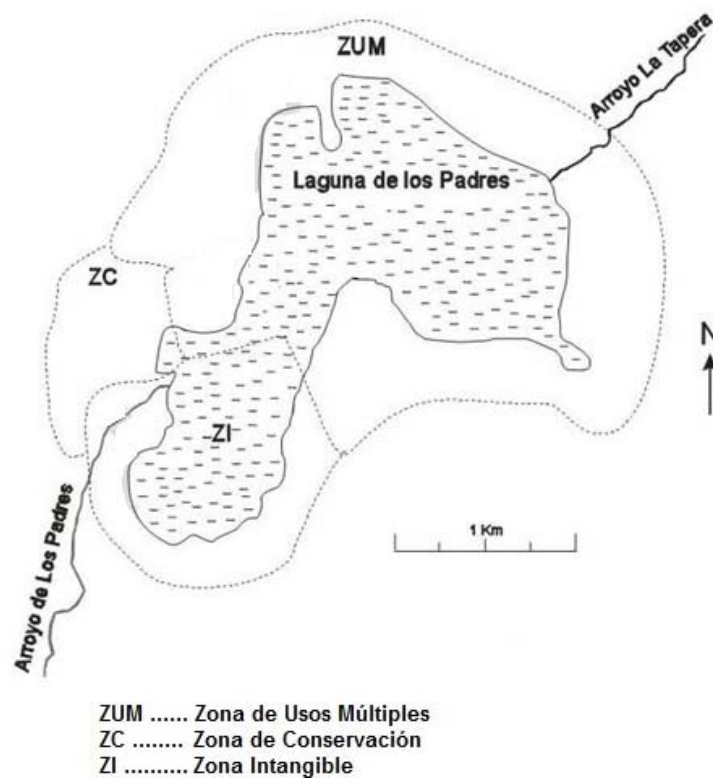


Figura 10.2 . Zonificación de la RILAPA (Tomado de Oscar Stelatelli).

La Zona Intangible (90 ha) corresponde al curral y al delta del Arroyo de Los Padres, donde se encuentran colonias reproductivas de aves. Posee terrenos bajos inundables y comunidades vegetales representadas por totoras y juncos, alternando con extensos parches de gramíneas y árboles como sauces y eucaliptos. El acceso al público en general está prohibido, así como también cualquier actividad fuera de estudios de tipo científico. La realización de

estudios científicos en esta zona requiere la autorización de la Subsecretaría de Medio Ambiente, previa solicitud escrita y fundada por parte de instituciones científicas o educativas con antelación no menor de 15 días hábiles. La Zona de Conservación es aquella periférica al área intangible. En ella abundan plantas autóctonas arbustivas como el curro, la chilca y arbóreas como el tala. En los últimos años este sector sufrió la invasión de la zarzamora, un arbusto exótico que actualmente se encuentra predominando sobre la vegetación nativa. Está permitido el paso del público en general, exclusivamente en forma peatonal. Se encuentra prohibida cualquier actividad fuera de la contemplación de la naturaleza, así como la recolección de todo elemento de la flora o la fauna en cualquier estado en que se encuentre. La realización de estudios científicos en esta zona también requiere de la autorización de la Subsecretaría de Medio Ambiente. El turismo educativo será permitido sólo en circuitos (sendas de interpretación peatonales) en épocas del año específicamente indicadas por la Subsecretaría de Medio Ambiente del Municipio. Por último, la Zona de Usos Múltiples comprende la Réplica de la Reducción de Nuestra Señora del Pilar de Puelches, el Museo Tradicionalista José Hernández, y una zona destinada al uso del público en general para los fines exclusivamente recreativos, deportivos y contemplativos. Presenta vegetación palustre y pastizales de gramíneas bordeando la laguna, con asociaciones vegetales más conspicuas de eucaliptos, pinos y pequeños parches de tala más alejados de la orilla.

Algunos aspectos importantes del reglamento general para esta reserva se enuncian a continuación: 1) queda prohibida la introducción de toda especie exótica de flora y/o fauna a los actuales ecosistemas de estas áreas; 2) queda prohibida la introducción de cualquier sustancia tóxica, venenosa, pegajosa, explosiva, así como cualquier tipo de trampas, redes y armas ya sean de fuego, de aire o gas comprimido, arcos, ballestas, lanzas, hondas, etc.; 3) se prohíbe el daño, destrucción, tala y/o poda de árboles y/o arbustos en todo el predio de la RILAPA; 4) se prohíbe la caza en todo el predio de la RILAPA, así como la recolección o rotura de huevos, destrucción total o parcial de nidos de aves y la captura o daño de cualquier especie de adulto o cría de la fauna silvestre; 5) por razones de seguridad se prohíbe nadar en la Laguna de los Padres; 6) se crea el Cuerpo de Guías cuya misión es orientar y educar a los visitantes en el uso racional de la Reserva Integral Laguna de Los Padres, hacer respetar y cumplir el Plan de Manejo y el Reglamento que rige la RILAPA; 7) se prohíbe el uso de embarcaciones con motores a explosión, salvo en el caso del Cuerpo de Guías de la RILAPA, por el contrario está permitida la navegación a vela, remo o motor eléctrico exclusivamente con el cumplimiento estricto de

normas de seguridad como el uso de salvavidas, remos y anclas. Las embarcaciones podrán ser botadas sólo en los lugares autorizados.

A pesar de la existencia de este reglamento, existen muchos incumplimientos en el mismo, como por ejemplo, pesca furtiva, fuegos en espacios no habilitados, bajada de botes fuera de los lugares autorizados, y poda indiscriminada. El Municipio de Gral. Pueyrredón, en julio de 2009, decidió crear una Dirección *ad honorem* para coordinar acciones en la Laguna de los Padres. Carlos Baldino es el director administrador designado. Por razones de seguridad, a partir del 15 de diciembre de 2010 de 20:00 a 6:00 hs permanecerán cerradas las tranqueras instaladas en los tres accesos secundarios (el del camino Luis Varetto, el que conduce a la Escuela Agraria y el que desemboca en el Museo José Hernández). El único acceso que permanecerá habilitado en ese horario es el principal, que no tiene tranqueras (está ubicado detrás del destacamento vial "El Soldado"). Además, se cerraron definitivamente 6 accesos clandestinos que había en otros sectores de la reserva natural. Esto ha creado conflictos entre varios de los actores.

A partir del 11 de mayo de 2011 el gobierno provincial declaró a la Reserva Laguna de Los Padres como Área Protegida Provincial, denominándose "Reserva Natural de Objetivo Definido Educativo" (Decreto 469/11). El área intangible de 90 hectáreas ingresó en la calificación prevista por la ley nacional de bosques nativos, por lo tanto amerita su protección. En virtud de que existe una ley provincial que permite que espacios provinciales o municipales puedan incorporarse al sistema de áreas protegidas, se cree que es una condición ideal para la Laguna de los Padres ya que ésta está constituida como reserva natural.

Por otro lado, al tratarse de una legislación provincial modifica el status ambiental de la laguna, ya que excede a la actual ordenanza municipal. Se debe integrar a la normativa provincial y desarrollar un plan estricto de manejo. Además en el momento en que se la reconozca como área protegida provincial pasará a ser parte de la red federal de áreas protegidas lo cual traería beneficios desde el punto de vista de las vinculaciones y de las iniciativas que se tomen en conjunto. Asimismo permitiría que sea sujeto de créditos y/o subsidios, algo que actualmente no ocurre.

El principal reto para la aplicación de medidas de gestión en la Argentina es articular y distribuir responsabilidades entre los tres niveles de gobierno (federal, provincial y municipal). La Constitución Nacional otorga al gobierno federal la responsabilidad de establecer las directrices básicas (o mínimas) para la protección de los recursos naturales. Las provincias pueden

complementar estas directrices, siempre y cuando las mismas no alteren o entren en conflicto con las jurisdicciones locales. Por otra parte, cada municipio tiene prerrogativas locales en lo que respecta a la regulación y control de los recursos hídricos. Todo esto conduce a una superposición de acciones que pueden hacer difícil el funcionamiento operativo.

El aspecto positivo del modelo argentino es que la cadena de responsabilidades para la planificación y uso del recurso hídrico es clara desde 1999 en la Provincia de Buenos Aires. Los aspectos que podrían ser considerados negativos son los siguientes: En primer lugar, a pesar que la legislación ha incorporado formalmente el concepto de protección en 1960 el enfoque en la gestión del agua está dado principalmente por su uso, en detrimento de la protección y calidad del recurso. Esto se puede comprobar en los nuevos códigos de agua de las provincias, como el aprobado para la Provincia de Buenos Aires en 1999 el cual a pesar de tener como propósito proteger los recursos hídricos en la provincia, no contiene un apartado especial sobre calidad y protección del agua. En segundo lugar, la falta de mecanismos de control por parte del Estado para garantizar el cumplimiento de las normas y reglamentos ya establecidos, y por último, la falta de participación de los usuarios en el proceso de gestión del agua (Polemio *et al.*, 2007).

Existen varios obstáculos en la aplicación de una figura de gestión provincial en las cuencas de ambas lagunas estudiadas: a) obstáculos institucionales y gubernamentales para la gestión integral de las áreas protegidas, b) procedimientos operativos deficientes o inexistentes para la conservación de ecosistemas acuáticos, y c) mecanismos financieros débiles y capacidad financiera insuficiente para la sostenibilidad a largo plazo.

Al comparar las dos figuras de protección planteadas para las lagunas en cuestión surgen aspectos positivos y negativos al mismo tiempo en cada caso. Por un lado, para un área declarada Paisaje Protegido de Interés Provincial, como se espera sea la Laguna La Brava, el municipio es quien establecerá las normas correspondientes a su jurisdicción y competencia, y arbitrarán los medios para la aplicación de la ley. Para el caso de las Áreas Protegidas Provinciales las mismas se rigen por la normativa provincial. Otro aspecto importante a considerar es el acceso a apoyo técnico y económico a través de financiaciones, subsidios y créditos, en estas últimas. Por el contrario, el gobierno provincial no da ningún apoyo económico al municipio que contiene el área con figura de protección de Paisaje Protegido.

## **CAPÍTULO 11. PROPUESTA DE INDICADORES AMBIENTALES E ÍNDICES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LAGUNAS PAMPEANAS Y PLAN DE MONITOREO**

### **11.1 INTRODUCCIÓN**

Según la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD, 1993) un indicador es un parámetro, o valor derivado de otros parámetros, dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno con un significado añadido mayor que el directamente asociado a su propio valor. Constituye una variable que refleja de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente, con el fin de insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones.

Un indicador cuantifica y simplifica la información, nos ayuda a entender realidades complejas y nos dice algo acerca de los cambios en un sistema. Los indicadores ambientales representan un instrumento de gran utilidad para organizar, sistematizar, cuantificar, simplificar y comunicar información relativa a distintos aspectos del medio ambiente, que resulta básica para la toma de decisiones en el marco de la gestión ambiental (OECD, 1993; Cendrero, 1997).

Los indicadores pueden, a su vez, combinarse para la obtención de índices agregados, que reflejan cualidades complejas del medio y que proporcionan criterios para evaluar la sustentabilidad de políticas, planes y actuaciones que afecten al medio y a los recursos naturales (Gouzee *et al.*, 1995; Cendrero, 1997; Cendrero *et al.*, 2003). Poder generar indicadores que muestren las funciones ecosistémicas conocidas como fuente (de recursos), soporte (de actividades/provisión de servicios ecosistémicos), sumidero (de efluentes de distinto tipo) y naturalidad (ausencia de modificaciones introducidas por el hombre) (Cendrero *et al.*, 2003) es un paso importante e imprescindible para el diseño de un índice de calidad ambiental, que sea de utilidad para el seguimiento de dichas funciones y para orientar el manejo del recurso de manera sustentable.

La producción de información para la toma de decisiones implica el conocimiento de qué y de cómo debemos medir y monitorear. Para esto es necesaria la definición de un marco de referencia que nos permita organizar la información en función de las prioridades y los usuarios. Existen varios marcos conceptuales disponibles que pueden utilizarse para guiar la selección, el desarrollo y uso de indicadores. Los modelos existentes para obtener, analizar y elaborar información ambiental son generalmente de dos tipos: 1. Modelos para la elaboración y aplicación

de estrategias y acciones que definen la relación entre la información ambiental y los valores sociales y/o objetivos y metas políticos (EPA, 1994); y 2. Modelos para el monitoreo de los procesos ambientales y las interacciones sociedad-naturaleza que tratan de clasificar los problemas ambientales en términos de causa-efecto (UN, 1984). Estos dos tipos de modelos son complementarios ya que se refieren a diferentes dimensiones del proceso de elaboración de información ambiental para la toma de decisiones. No obstante, parece más acertada la definición de un marco metodológico del segundo tipo, que ayude al monitoreo del estado del ambiente así como al seguimiento de las acciones y estrategias en vías de una planificación y gestión ambiental.

Existen numerosos modelos conceptuales de tipo causa-efecto en el contexto de la evaluación ambiental basada en indicadores, los modelos Fuerza motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR), Presión-Estado-Respuesta (P-E-R) y Fuerza motriz-Estado-Respuesta (DSR) (Hammond *et al.*, 1995; OECD, 1998, 1999, 2001). Un modelo ampliamente utilizado para la aplicación de indicadores ambientales es el de P-E-R (OECD, 1991; 1993). Este marco conceptual es probablemente el más aceptado a nivel mundial debido a su simpleza y facilidad de uso y la posibilidad de aplicación a diferentes niveles, escalas y actividades humanas (CEPE, 2003). El mismo obedece a una lógica según la cual las actividades humanas ejercen presiones sobre el entorno y los recursos naturales, alterando, en mayor o menor medida, su estado inicial. La sociedad en su conjunto identifica estas variaciones y puede decidir (objetivos de política) la adopción de medidas (respuestas) que tratarían de corregir o prevenir las tendencias negativas detectadas. Estas medidas se dirigen con carácter cautelar, contra los mismos mecanismos de presión, o bien, con carácter corrector, directamente sobre los factores afectados del medio (Niemeijer y de Groot, 2008 a y b). Este modelo conceptual de indicadores ha sido mencionado por varios autores en sus trabajos (Cendrero *et al.*, 2003; Alcaide Orpi *et al.*, 2006; Niemeijer y de Groot, 2008 a y b).

Es por esta razón que para este trabajo de tesis se eligió como marco conceptual al modelo Presión-Estado-Respuesta (P-E-R). El mismo se basa en elaborar tres grupos de indicadores. El primero para observar las causas de los problemas ambientales consecuencia de la influencia de la sociedad sobre la naturaleza (Indicador de Presión), el segundo se relaciona con la calidad del ambiente y los recursos naturales resultado de las acciones humanas (Indicador de Estado) y el tercero se refiere a las medidas y respuestas que toma la sociedad sobre el ambiente (Indicador de Respuesta). Estas respuestas pueden ser elaboradas y aplicadas a nivel de los gobiernos, del sector privado, de las cooperativas u organizaciones de base o individualmente y pueden tener un

marco legal nacional o internacional en base a objetivos y metas de desarrollo y/o gestión ambiental.

La obtención y elaboración de datos, estadísticas y el monitoreo son parte fundamental del proceso de elaboración de información útil para la toma de decisiones (Hammond *et al.*, 1995). Esta parte del proceso permitirá la identificación de problemas y áreas prioritarias que ayude a la formulación y fijación de políticas generales. El desarrollo de indicadores e índices, que se basan en datos primarios y estadísticas derivados del monitoreo y el análisis de los datos, ayudarán a la implementación y aplicación de las acciones y estrategias así como a la evaluación de ellas.

## 11.2 METODOLOGÍA

Para la elaboración de un sistema de indicadores ambientales como herramienta útil de gestión y manejo de lagunas pampásicas, se siguieron básicamente 4 etapas: 1) identificación y definición de los problemas y áreas prioritarias para las cuales se deben elaborar los indicadores; 2) observación y análisis de la calidad y disponibilidad de datos (parámetros a medir) para el desarrollo y uso de los indicadores; 3) selección de un conjunto de indicadores en base a una serie de criterios de selección; y 4) aplicación del sistema de indicadores en el estudio de caso.

La identificación de los principales problemas ambientales en el área se realizó a través de las encuestas a los distintos actores sociales (Ver Capítulo 9), con el objetivo de poder definir los parámetros que permitan medir hasta que punto el sistema ha sido o es afectado. Inicialmente se recolectó y analizó la calidad y disponibilidad de datos para el desarrollo y uso de los indicadores seleccionados, además, se consideró una serie de criterios de selección en función de las características del territorio analizado, la confiabilidad de los datos, la relación con los problemas y prioridades en la unidad de análisis y la utilidad para el usuario (Tabla 11.1).

**Tabla 11.1. Principales criterios de selección y requerimientos para la elaboración de indicadores (EPA,1995)**

<b>CONFIABILIDAD DE LOS DATOS</b>	<b>RELACIÓN CON LOS PROBLEMAS</b>	<b>UTILIDAD PARA EL USUARIO</b>
Validez científica	Representatividad	Aplicabilidad
Medición	Conveniencia de escalas	No redundancia
Disponibilidad	Cobertura geográfica	Comprensibilidad e interpretación
Calidad	Sensibilidad a los cambios	Valor de referencia
Costo-eficiencia de obtención	Especificidad	Retrospectivo-predictivo
Serie temporal	Conexión	Comparabilidad
Accesibilidad		Oportunidad

A la hora de abordar la calidad ambiental se tuvieron en cuenta tres dimensiones de la misma: a) funciones ecosistémicas, b) interacciones sociedad-medio natural y c) componentes del medio. En la primera dimensión se consideraron dos perspectivas de la calidad ambiental, una de tipo ecocéntrico y otra de tipo antropocéntrico. Desde el punto de vista ecocéntrico se propone que la calidad ambiental es proporcional al grado de naturalidad del área que se analiza; esto es, cuanto menor sea el grado de modificación de las características naturales del medio mayor será su calidad. La óptica antropocéntrica incluye la consideración de las principales funciones que el medio físico desempeña en relación con los seres humanos: fuente de recursos, sumidero de residuos, soporte de actividades y proveedor de servicios (SCOPE, 1995). Para definir los distintos tipos de interacciones sociedad-medio natural se utilizó el modelo P-E-R, como ya se mencionó (Figura 11.1). Finalmente, el medio puede ser considerado como una superposición de diferentes componentes físicos y sus relaciones. Estos componentes incluyen al suelo, cobertura del suelo, agua, clima, elementos humanos, entre otros.

En este marco, para definir los indicadores utilizando el modelo P-E-R, se consideró toda la información analizada para este trabajo de tesis, que permitió conocer qué actividades humanas se desarrollan y qué presiones ocasionan (Ver Capítulo 8), cuál es el estado del medio natural y cuáles son los problemas ambientales identificados (Ver Capítulo 9) y qué se está haciendo o no para resolverlos (Ver Capítulo 10).

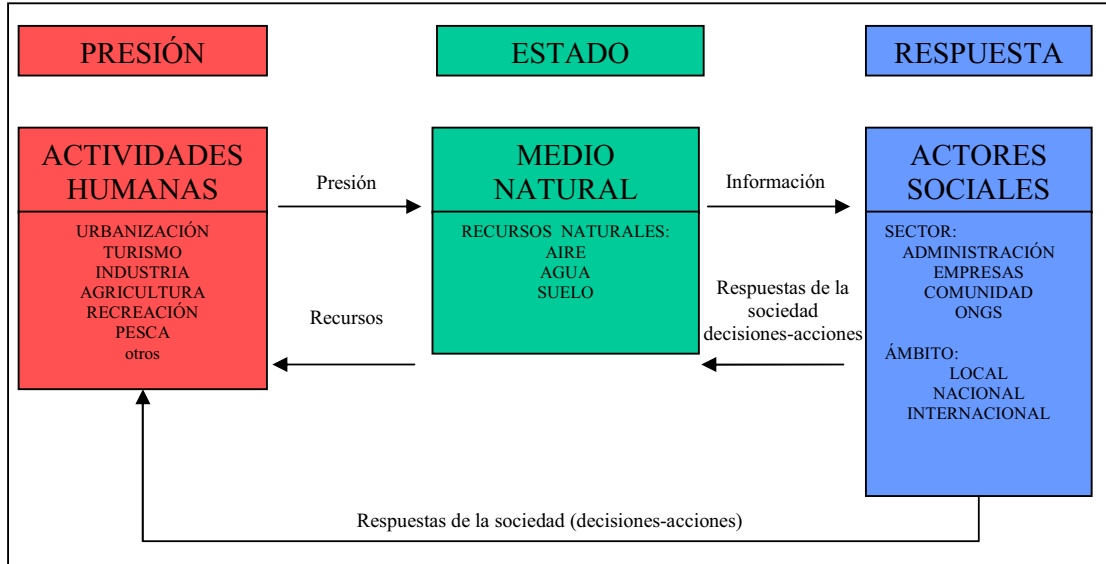


Figura 11.1 . Modelo Presión-Estado-Respuesta. Elaboración propia en base a OECD Core Set of indicators for environmental (1993).

Posteriormente a la selección del conjunto de indicadores, según el modelo descrito, se procedió a asignar a cada uno de los indicadores un valor; para ello se ha recurrido a la consulta de diversas fuentes. Se incluyeron datos estadísticos del Municipio y la Nación, cartografía e imágenes satelitales de la zona, normas nacionales e internacionales, información aportada y actualizada de los diferentes organismos e instituciones del territorio, resultados de análisis de laboratorio y trabajos de diversa índole relacionados con la temática (Custodio y Llamas, 1976; WHO, 1982; INTA, 1989; CAA, 1990; Appelo y Postma, 1993; Bain y Stevenson, 1999; INDEC, 2001; Quirós *et al.*, 2002a; Fornerón *et al.*, 2010).

Previamente a la estimación de los distintos índices por función ecosistémica se clasificó cada indicador en cinco categorías en base a las fuentes bibliográficas citadas anteriormente. Cada categoría cualitativa se asoció con un valor de 1 a 5 de manera de posteriormente poder normalizar la información eliminando así el efecto del tamaño de la unidad de medición, siendo: 1. Muy bueno, 2. Bueno, 3. Moderado, 4. Malo y 5. Muy malo.

Una vez realizada la normalización de cada indicador se calcularon los distintos índices siguiendo el procedimiento propuesto por Cendrero *et al.* (2003), que consta de 3 pasos:

A. Cálculo de los índices de presión, estado y respuesta, para cada una de las cuatro funciones citadas, se utiliza la expresión:

$$IN_p = \sum V_i \times W_i$$

Siendo:  $IN_p$ : índice de presión sobre la naturalidad;  $V_i$ : valores de los indicadores de presión;  $W_i$ : peso del indicador;  $i$ : (1-n);  $n$ : número total de indicadores de presión;  $\sum W_i = 1$ .

De forma similar se procede para el cálculo de los índices de estado y de respuesta, tanto para naturalidad como para las funciones fuente, sumidero, soporte-servicios.

B. Los índices de presión, estado y respuesta se integran en índices de cada una de las funciones:

$$IN = (IN_p + IN_e + IN_r) / 3$$

Siendo:  $IN$ : Índice de la función naturalidad;  $IN_p$ : índice de presión sobre la naturalidad,  $IN_e$ : índice de estado sobre la naturalidad y  $IN_r$ : I índice de respuesta sobre la naturalidad.

Procediéndose igualmente para cada una de las funciones abordadas:  $IF$ : índice de la función fuente de recursos,  $IS$ : índice de la función sumidero de residuos,  $ISS$ : índice de la función soporte - servicio.

C. Finalmente se calcula el índice de calidad ambiental (ICA), que es el resultado de la agregación de los índices de las funciones de naturalidad, fuente de recursos, sumidero de residuos y soporte/servicios. La expresión utilizada es la siguiente:

$$ICA = (IN + IF + IS + ISS) / 4$$

Siendo:  $IN$ : Índice de naturalidad;  $IF$ : Índice de fuente de recursos;  $IS$ : Índice de sumidero de residuos y  $ISS$ : Índice de soporte/servicios.

La interpretación del valor final del índice de calidad ambiental, expresado en una escala cuyo valor máximo será cinco y el mínimo uno, se hace considerando que los valores más altos corresponden a la situación ambiental más negativa. Para simplificar la valoración se realizó una clasificación dividida en 5 clases, donde: la clase I incluye valores de 1,0 - < 1,8 con calidad

ambiental muy alta; la clase II varía de  $\geq 1,8 - < 2,6$  indicando una calidad ambiental alta; la clase III con valores de  $\geq 2,6 - < 3,4$  con moderada calidad ambiental; la clase IV  $\geq 3,4 - 4,2$  con calidad ambiental mala y la clase V con valores de  $\geq 4,2 - 5$  con calidad ambiental muy mala.

Esta clasificación de los resultados puede ser usada de referencia para hacer cualquier valoración por separado de los índices de las funciones de naturalidad, de fuente de recursos, de sumidero de residuos y de soporte de actividades y servicios y puede ser utilizada para interpretar los valores de los índices calculados para los indicadores de presión, estado y respuesta.

### **11.3 APLICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES E ÍNDICES DE CALIDAD AMBIENTAL**

Los indicadores seleccionados y posteriormente medidos según la metodología expuesta, son agrupados y presentados para cada una de las funciones del medio abordadas (Tabla 11.2). En total se eligió un set de 26 indicadores P-E-R.

La clasificación de cada indicador en categorías para las distintas funciones ecosistémicas y su reclasificación se visualizan en las Tablas 11.3, 11.4, 11.5 y 11.6. Si bien se han asignado rangos para cada indicador, es recomendable que cada usuario ajuste su rango de valores para cada parámetro en función de las características de su área de estudio específica.

**Tabla 11.2. Lista de indicadores P-E-R seleccionados para cada función ecosistémica y su respectiva fuente de información.**

FUNCIÓN	INTERACCIÓN	INDICADOR	FUENTE	CAPÍTULO
Naturalidad	Presión	Superficie construida en la línea de costa (%**)	Mapa CORINE. Nivel 3. Buffer 350 m.	Cap. 8
		Densidad vías de comunicación (km/km <sup>2</sup> )	Cartografía digital	
	Estado	Cobertura natural-pastizales (%*)	Mapa CORINE. Nivel 3.	Cap. 8
		Cobertura vegetación acuática emergente (% área laguna)	Índice NDVI. Imágenes Landsat	Cap. 5 Apartado 5.4.2
	Respuesta	Territorio protegido (%*)	Legislación	Cap. 10
Fuente	Presión	Superficie cultivada (%*)	Mapa CORINE. Nivel 3	Cap. 8
		Nro. instalaciones recreativas/turísticas (#)	Imágenes satelitales. Buffer 350 m	
		Precipitación (mm/año***)	Datos pluviométricos estancias LLB y LLS	Cap. 3 Apartado 3.3
	Estado	Desarrollo línea de costa	Cartografía e imágenes satelitales	
		Masa forestal (%*)	Mapa CORINE. Nivel 3	Cap. 8
	Respuesta	Campañas de monitoreo (#)		
Sumidero	Presión	Superficie de uso residencial (%*)	Mapa CORINE. Nivel 3	Cap. 8
	Estado	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> agua subterránea zona de recarga (mg/l)	Muestreo agua subterránea	Cap. 6 Apartado 6.3
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> arroyo afluente (mg/l)	Muestreo agua superficial-arroyo	Cap. 5 Apartado 5.3.3
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> laguna (mg/l)	Muestreo agua superficial-lagunas	Cap. 5 Apartado 5.3.2
		Conductividad eléctrica agua subterránea zona de recarga (μS/cm)	Muestreo agua subterránea	Cap. 6 Apartado 6.3
		Conductividad eléctrica arroyo afluente (μS/cm)	Muestreo agua superficial	Cap. 5 Apartado 5.3.3
		Conductividad eléctrica laguna (μS/cm)	Muestreo lagunas	Cap. 5 Apartado 5.3.2
		Oxígeno Disuelto en laguna (mg/l)	Muestreo lagunas	Cap. 5 Apartado 5.3.2
		Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> , mg/l)	Muestreo lagunas	Cap. 5 Apartado 5.3.2
	Respuesta	Autoridad de control		Cap. 10
Soporte	Presión	Población área de influencia (hab)	Censo población y vivienda (INDEC, 2001)	
		Densidad poblacional área de influencia (hab/km <sup>2</sup> )	Censo población y vivienda (INDEC, 2001)	
		Nro. botes por fin de semana (con pique)	Encuestas a actores sociales	Cap. 9
	Estado	Z <sub>p</sub> /Z <sub>f</sub> : profundidad de la columna de agua / profundidad de la zona fótica	Muestreo lagunas	Cap. 5 Apartado 5.3.2
	Respuesta	Usos restringidos/controlados	Reglamentación	Cap. 10

\* Expresados en % del total de la unidad de análisis.

\*\* Expresados en % de un área buffer de 350 m de radio desde el cuerpo de agua.

\*\*\* De manera indirecta; el valor de la presión se ve afectado por las precipitaciones.



Tabla 11.5. Indicadores P-E-R para la función Soporte, rangos para cada categoría y valor asignado en la reclasificación.

INDICADORES	PRESIÓN	SUMIDERO										RESPUESTA
		ESTADO										
VALOR	CATEGORÍA	Sup. uso residencial (%)	NO <sub>3</sub> agua sub. (mg/l)	NO <sub>3</sub> arroyo afluente (mg/l)	NO <sub>3</sub> laguna (mg/l)	CE agua sub. (µS/cm)	CE arroyo afluente (µS/cm)	CE laguna (µS/cm)	OD laguna (mg/l)	DBO <sub>5</sub> laguna (mg/l)		Autoridad de control
1	MUY BUENO	< 10	< 15	< 15	< 15	< 800	< 800	< 800	> 12	≤ 2		Designado por municipio, c/ plan de manejo
2	BUENO	≥ 10 - < 30	≥ 15 - < 25	≥ 15 - < 25	≥ 15 - < 25	≥ 800 - < 1000	≥ 800 - < 1000	≥ 800 - < 1000	8 - 12	> 2 - ≤ 10		Municipal
3	MODERADO	≥ 30 - < 50	≥ 25 - < 35	≥ 25 - < 35	≥ 25 - < 35	≥ 1000 - < 1500	≥ 1000 - < 1500	≥ 1000 - < 1500	5 - 8	> 10 - ≤ 20		Provincial y Municipal
4	MALO	≥ 50 - < 70	≥ 35 - < 45	≥ 35 - < 45	≥ 35 - < 45	≥ 1500 - < 2000	≥ 1500 - < 2000	≥ 1500 - < 2000	0 - 5	> 20 - ≤ 50		Nacional y Provincial
5	MUY MALO	≥ 70	≥ 45	≥ 45	≥ 45	≥ 2000	≥ 2000	≥ 2000	0	> 50		Nacional

Tabla 11.6. Indicadores P-E-R para la función Soporte/Servicios, rangos para cada categoría y valor asignado en la reclasificación.

INDICADORES	CATEGORÍA	PRESIÓN				ESTADO		RESPUESTA
		Población área de influencia (hab)	Densidad poblacional área de influencia (hab/km <sup>2</sup> )	Nro. botes por fin de semana (con pique)	Z <sub>p</sub> /Z <sub>f</sub> *			
1	MUY BUENO	< 250	< 2,5	< 30	≤ 0,97		Usos restringidos/controlados	
2	BUENO	≥ 250 - < 450	≥ 2,5 - < 4,5	≥ 30 - < 50	> 0,97 - ≤ 1,37		Todos los usos restringidos están controlados Los usos restringidos están en cierto grado controlados	
3	MODERADO	≥ 450 - < 750	≥ 4,5 - < 7,5	≥ 50 - < 100	> 1,37 - ≤ 5,07		Pesca y motores de embarcaciones náuticas	
4	MALO	≥ 750 - < 1000	≥ 7,5 - < 10,0	≥ 100 - < 200	> 5,07 - ≤ 8,53		Pesca o motores embarcaciones náuticas	
5	MUY MALO	≥ 1000	≥ 10,0	≥ 200	> 8,53		Ningún uso restringido	

\* La relación Z<sub>p</sub>/Z<sub>f</sub> se define como el cociente entre la profundidad de la columna de agua (Z<sub>p</sub>) y la profundidad de la zona fótica (Z<sub>f</sub>, obtenida con el disco de Secchi) (Quirós et al., 2002a)

En este trabajo se tomó como unidad de análisis la cuenca de drenaje de cada una de las lagunas en estudio. Así, los índices de cada función ecosistémica y de calidad ambiental se visualizan en la Figura 11.2. Sus valores varían de 1 a 5, representando la mejor y peor condición, respectivamente. Los valores de los índices de las funciones fueron peores en todos los casos en la Laguna de Los Padres en comparación con la Laguna La Brava, a excepción de IN.

Unidad de análisis	ÍNDICES DE LAS FUNCIONES ECOSISTÉMICAS				ICA
	IN	IF	IS	ISS	
Laguna La Brava	3,50	2,16	1,48	3,43	2,64
Laguna de Los Padres	3,17	2,55	1,62	3,76	2,77

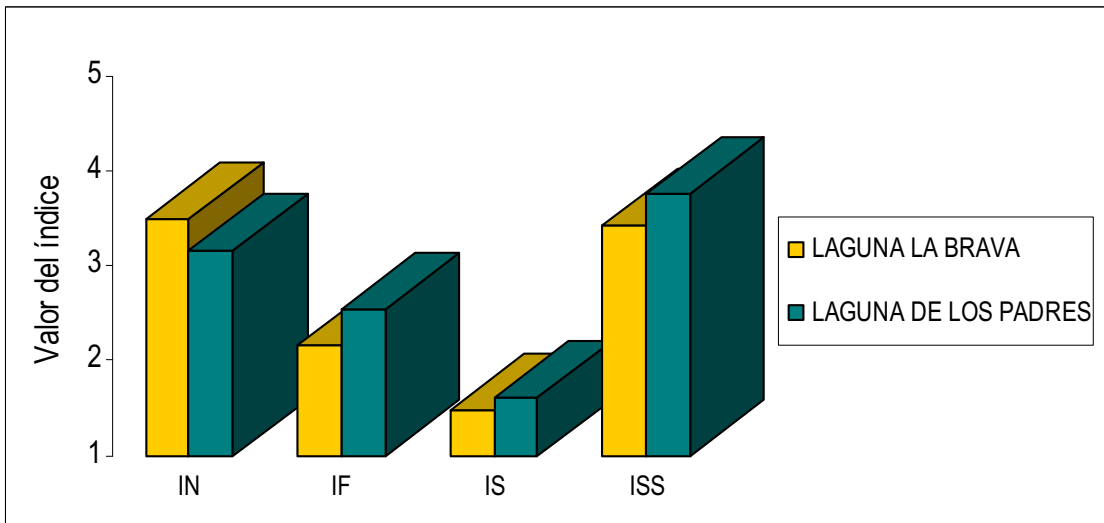


Figura 11.2 . Índices de cada función ecosistémica y de calidad ambiental de dos lagunas pampásicas.

Los ICA calculados muestran que las lagunas La Brava y de Los Padres poseen una calidad ambiental moderada, perteneciendo a la clase III ( $\geq 2,6 - < 3,4$ ). Desde el punto de vista de la gestión de los recursos naturales esto resulta ser un aspecto positivo, ya que ofrece posibilidades de intervención de manera de evitar el deterioro de las mismas. Sin embargo, es posible que estos sistemas naturales migren a cualquiera de los dos extremos, a la mejor o peor condición ambiental, lo que obliga a plantear y efectuar acciones que permitan una adecuada planificación y manejo del recurso propendiendo en la búsqueda de escenarios de mejores características.

El análisis de los índices para cada una de las funciones abordadas indica que las funciones más afectadas son las de soporte de actividades/provisión de servicios ecosistémicos y el grado de

naturalidad (Figura 11.3). La mayor influencia negativa en la calidad soporte-servicio se encuentra en los indicadores relacionados con el crecimiento demográfico y también en la falta de restricción y/o control en el uso de los recursos naturales. Los resultados de las mediciones de los indicadores propuestos para el grado de naturalidad expresan que la mayor afectación se obtiene en los indicadores relacionados con el recurso suelo, en lo que respecta al poco porcentaje de cobertura natural-pastizales y al bajo o nulo porcentaje de territorio protegido.

Un hecho llamativo en el análisis realizado es el relacionado con los valores obtenidos para los indicadores de la calidad de sumidero de residuos, siendo la función menos impactada. En este caso, los mismos no reflejan los resultados que se esperaban, sino que muestran cómo el medio ha sido capaz de soportar las cargas potenciales de contaminantes generadas. Sin embargo, cabe señalar que los indicadores de mayor significado para esta calidad del medio son los relacionados con el contenido de  $\text{NO}_3^-$ , en especial los del recurso agua subterránea. Los valores elevados de nitratos en el agua subterránea ( $> 24,0 \text{ mg/l}$ ) de la zona de recarga a las lagunas, podría producir un impacto negativo sobre las mismas al recibir el aporte del acuífero. Dada la existencia de fuentes de carga potencial contaminante en el área de influencia de estas lagunas pampeanas (Ver Capítulo 8), un monitoreo del contenido de  $\text{NO}_3^-$  en agua tanto superficial como subterránea es recomendable (Ver Apartado 11.4).

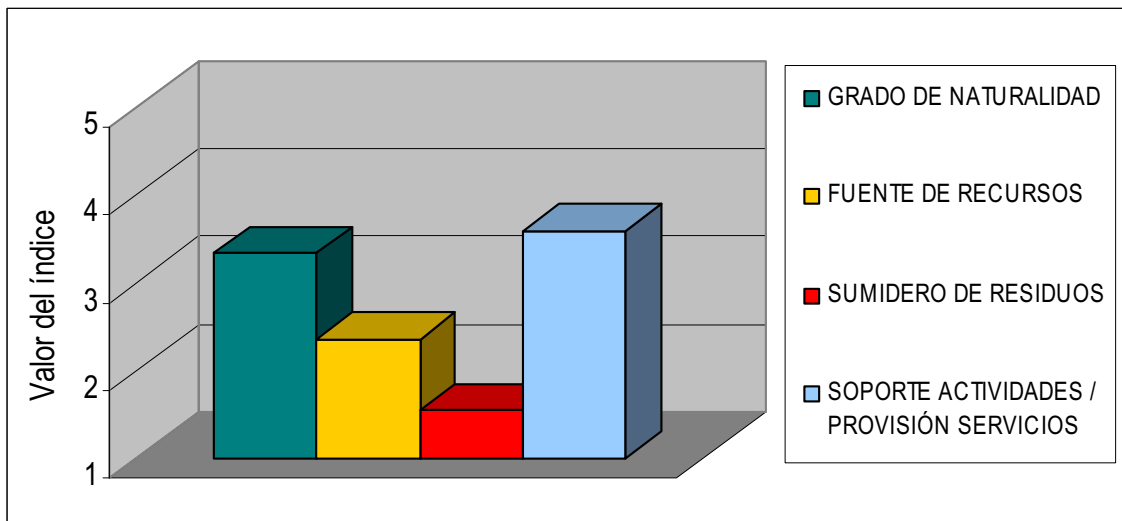


Figura 11.3 . Índices de las funciones ecosistémicas.

Al analizar los valores de los índices P-E-R promediados, Figura 11.4, se encuentra que los indicadores de estado y respuesta presentan los valores de peor calidad en el modelo, poniendo en evidencia la falta de actuación del hombre para contrarrestar los impactos sobre del medio. En el caso de los indicadores de estado, las mayores afectaciones negativas se encuentran relacionadas con el bajo porcentaje de pastizales naturales y masa forestal, y en menor medida, por los problemas de contaminación de las aguas subterráneas en la zona de recarga en particular para la Laguna de Los Padres.

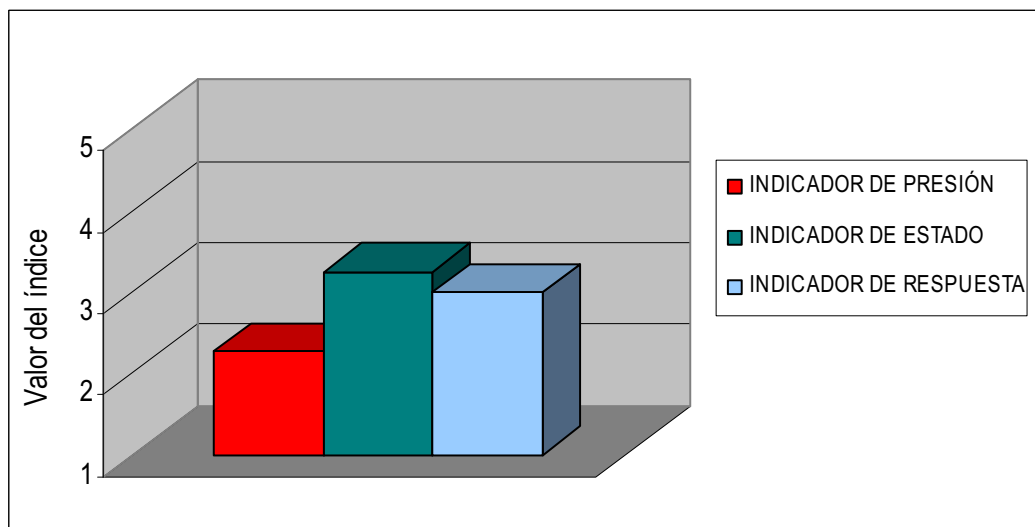


Figura 11.4 . Índices de los indicadores P-E-R promediados.

Los indicadores individuales que describen la condición del medio natural en sus distintas dimensiones a menudo pueden ser medidos y determinados de manera objetiva. Cuando se trata de una combinación de estos indicadores en un único índice la subjetividad se incrementa. En este sentido, los indicadores individuales pueden ser normalizados y reducidos a una escala numérica común y comparable, y luego, a través de operaciones matemáticas pueden combinarse en índices parciales o integrarse en un único índice (Cendrero y Fischer, 1997). Esto igualmente no elimina la subjetividad, ya que deben establecerse ciertos criterios (selección de los indicadores, procedimientos de agregación de índices, asignación de pesos, etc.) y no todos estarán de acuerdo con el criterio propuesto.

La falta de disponibilidad de información resultó ser un factor limitante a la hora de seleccionar los indicadores P-E-R para cada una de las funciones ecosistémicas abordadas. Por esta razón, muchos indicadores considerados importantes a la hora de evaluar la calidad ambiental de las lagunas pampeanas no pudieron ser incluidos en los distintos índices. Indicadores de presión como el número de visitantes a las lagunas y el número de piezas capturadas por los pescadores e indicadores de estado como clorofila *a*, DQO y concentración de pesticidas en el agua, hubieran sido de mucha utilidad. De la misma manera, contando con información histórica hubiese sido posible realizar un análisis de los índices a una escala temporal evidenciando las tendencias en la calidad ambiental de los recursos naturales estudiados.

Los indicadores individuales que se utilizan para calcular los índices pueden variar en el tiempo, sobre todo como resultado de las circunstancias socioeconómicas, el manejo y el uso. Como consecuencia, el cálculo de los índices puede ser utilizado para monitorear y determinar la evolución de tendencias dentro de una determinada zona o región y comparar dichas tendencias entre las diferentes regiones. Aunque los índices propuestos no deben ser considerados como una medida precisa de la calidad del ambiente, es razonable suponer que una disminución en el valor de dichos índices representa una tendencia hacia una mejor calidad ambiental y una mayor sustentabilidad, y vice-versa.

En esta propuesta de indicadores P-E-R se utilizaron aquellos parámetros de los cuales se disponía información y de fácil medición para el usuario. Igualmente, se trabajará para reemplazar y/o ajustar aquellos indicadores que no cumplen completamente con los requisitos para tal fin.

Se puede argumentar con razón que los índices propuestos representan una simplificación exagerada de la calidad del ambiente y que es una representación pobre de la realidad. Sin embargo, ofrecen representaciones útiles destacando a menudo las características importantes del medio que pueden no ser tan obvias.

Respecto al marco conceptual de indicadores utilizado, siguiendo el modelo causa-efecto (P-E-R), una desventaja en su uso es la posible dependencia de un modelo falso o falsas relaciones entre los indicadores. Es decir, pueden hacerse falsos supuestos sobre el teorema de causalidad lineal (la presión causa el estado, el cual a su vez, resulta en una respuesta) (UNESCO, 2003). Muchas veces, un mismo estado puede ser causado por diversas presiones sobre el ambiente.

## 11.4 PROPUESTA DE MONITOREO

El monitoreo de los recursos hídricos se define como la observación y medición continua y estandarizada de variables a largo plazo, a fin de proporcionar información para evaluar las condiciones actuales del medio, detectar tendencias y establecer relaciones causa-efecto (UNESCO/WHO, 1996). El mismo tiene varios usos posibles: como un sistema de alerta temprana, para orientar políticas de manejo y canalizar recursos financieros de manera eficaz, y para seguir el progreso hacia los objetivos dados (FAO, 2006).

Existen dos tipos diferentes de programas de monitoreo, dependiendo del número de objetivos a evaluar. Uno de ellos es el monitoreo de un único objetivo, el cual se establece para hacer frente a un único problema. Implica la medición de un conjunto simple de variables (por ejemplo pH y alcalinidad para problemas de lluvia ácida, nutrientes y clorofila para problemas de eutrofización y  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Cl}^-$  para problemas de riego). El otro es el monitoreo multi-objetivo que puede cubrir los distintos usos del agua, como el abastecimiento de agua potable, recreación o el hábitat de organismos acuáticos, incluyendo un gran número de variables (UNESCO/WHO, 1996).

En la evaluación de la calidad del agua son aspectos importantes la interpretación y la comunicación de los resultados del monitoreo y la realización de recomendaciones para acciones futuras. Así, existe una secuencia lógica que consta de tres componentes: el monitoreo, seguido por el diagnóstico y la gestión. Además, también existe un circuito de retroalimentación, porque la gestión inevitablemente requiere del monitoreo para reforzar las regulaciones, así como también, la evaluación periódica para verificar la efectividad de las decisiones de manejo del recurso (UNESCO/WHO, 1996).

Por todo lo expuesto anteriormente, resulta esencial contar con un plan de monitoreo para determinar de manera cuantitativa el estado del recurso hídrico y su variación espacio temporal a partir de la medición de variables que satisfagan indicadores mínimos de calidad y aquellos vinculados a la dinámica hídrica. A continuación se presenta un plan de monitoreo sistemático a fin de hacer operativos los indicadores propuestos en el Apartado 11.3.

- 1) Si bien se han identificado las fuentes de recarga a las lagunas (Ver Capítulo 7), hasta el momento no se han cuantificado los distintos componentes de sus balances hidrológicos ni su variación temporal. Toda esta información será clave a la hora de implementar políticas de manejo que garanticen la sustentabilidad del recurso en el tiempo, tanto para usos recreativos

como para su preservación como hábitat de especies. Es por ello que en estas lagunas se dio comienzo a un proceso de monitoreo que consta de:

- a) Medición automática y registro continuo de variaciones del nivel, temperatura y conductividad eléctrica del agua en las lagunas y arroyos afluentes y efluentes a las mismas. Desde febrero de 2011 se cuenta con 6 equipos (Diver Aqualogger 7) instalados en los distintos cuerpos de agua que registran cada 4 h. los parámetros antes mencionados (Figuras 11.5 y 11.6).
- b) Muestreos mensuales de agua en lagunas, arroyos afluentes y efluentes, y agua de lluvia (muestras compuestas mensuales) para su análisis físico-químico (iones mayoritarios, alcalinidad total, dureza total y nitratos) y la determinación de isótopos ambientales ( $^2\text{H}$  y  $^{18}\text{O}$ ). Además, se medirán *in situ* los principales parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y salinidad), usando una sonda múltiparamétrica HANNA HI 9828. En el caso de los arroyos, a su vez, se medirá el caudal mediante el método del molinete, también con frecuencia mensual. También se realizarán mediciones del nivel piezométrico y colección de muestras de agua subterránea aguas arriba y abajo de cada laguna. Con esta información se logrará cuantificar el balance de agua de las lagunas a partir del balance de masas isotópico para el trazador  $^{18}\text{O}$  ( $^2\text{H}$ ), de acuerdo a la siguiente ecuación (Mook, 2002):

$$V_L d\delta_L/dt = \delta_{ES} E_S + \delta_{EG} E_G + \delta_P P - \delta_{SS} S_S - \delta_{SG} S_G - \delta_E E,$$

donde  $V_L$  es el volumen de la laguna;  $E_S$ ,  $E_G$ ,  $S_S$  y  $S_G$  representan las entradas y salidas superficiales y subterráneas al sistema, respectivamente;  $P$  es la precipitación y  $E$  es la evaporación en la laguna. Los valores  $\delta$  representan las concentraciones del  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  en los distintos componentes hidrológicos.

El parámetro más complicado de cuantificar es la composición isotópica de la evaporación del lago ( $E$ ). Si se conocen con precisión los restantes componentes del balance de agua de la laguna, la tasa de evaporación del período de estudio se calcula como un balance de masas residual (Mook, 2002). A partir de esta información hidroquímica e isotópica y aquella colectada por el instrumental de medición (Divers) en los distintos cuerpos de agua se cuantificarán las entradas y salidas a ambos sistemas lagunares. La información pluviométrica proviene de registros de lluvia de estancias de la zona. Con una serie anual completa de datos, los muestreos podrán tener una frecuencia estacional.

2) Teniendo en cuenta que el 74% del área de estudio corresponde a "zonas agrícolas" (Ver Capítulo 8. Figura 8.1 Mapa de coberturas del suelo CORINE Nivel 1), las áreas que además son consideradas de recarga al acuífero (coincidentes con las lomadas) son particularmente importantes para proteger. Un mal uso de éstas puede conducir a una disminución del suministro de agua potable y al aumento de la contaminación del agua subterránea. Por otra parte, la cobertura del suelo identificada "aguas continentales" es otra categoría muy frágil ya que también actúa como área de recarga para el sistema acuífero en la región. Por lo tanto, el monitoreo de aguas es un importante paso hacia la protección regional de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos. En este sentido, se propone realizar muestreos anuales de agua subterránea de pozos representativos de cada una de las categorías de carga contaminante potencial (CCP) (elevado, moderado y reducido) en cada una de las cuencas de las lagunas (Figura 11.5). Además, también deben muestrearse las aguas superficiales (arroyos y lagunas). Se realizará su análisis físico-químico (iones mayoritarios, alcalinidad total, dureza total, nitratos y principales pesticidas empleados en la agricultura de la zona) y se medirá su nivel piezométrico.

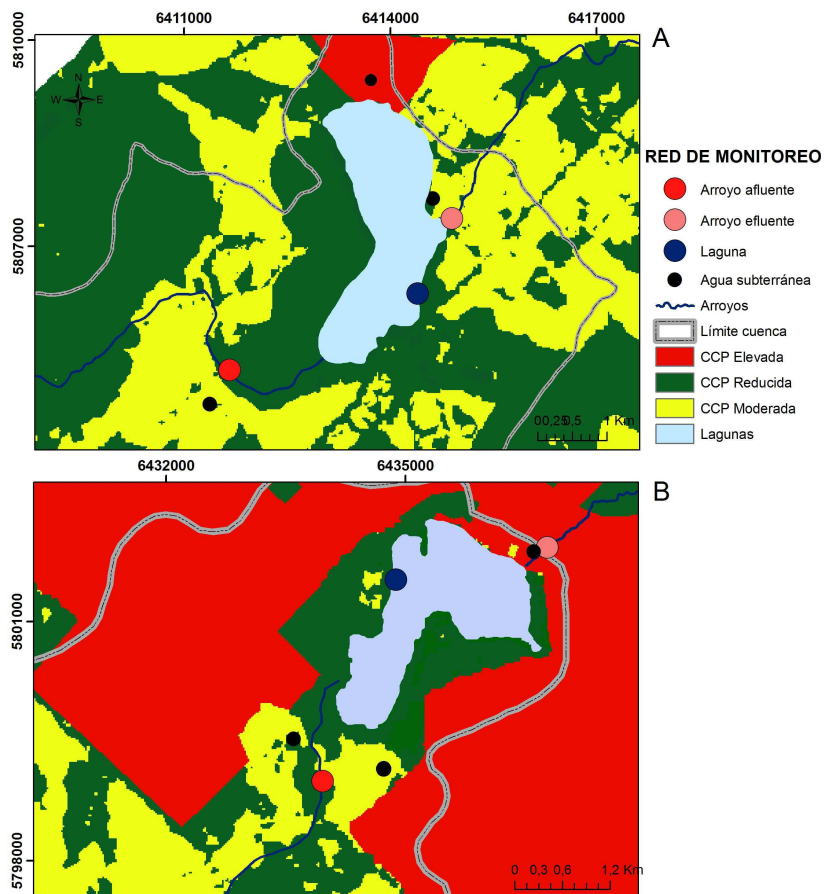


Figura 11.5 . Red de monitoreo propuesta para las lagunas A) La Brava y B) de Los Padres.



Figura 11.6 . Equipos de medición automática y registro continuo de variaciones del nivel, temperatura y conductividad eléctrica del agua en las lagunas y arroyos afluentes y efluentes a las mismas.

3) Debido a la importancia que tiene la vegetación litoral de una laguna, ya que cumple un rol clave reduciendo el ingreso de nutrientes y contaminantes y proporcionando numerosos microhábitats dentro del propio ambiente (Grosman y Sanzano, 1999; Grosman, 2008), también se recomienda evaluar la dinámica espacio-temporal de la misma. Se propone realizar mapas de cobertura del juncal cada dos años en cada una de las lagunas, a partir del análisis de imágenes satelitales y censos de vegetación en las cuatro estaciones seleccionadas en este trabajo (Ver Capítulo 5, Apartado 5.4).

## CAPÍTULO 12. CONCLUSIONES

Debido a la escasez de datos de ambas lagunas en cuanto a su relación con otros componentes del ciclo hidrológico, recursos naturales y la sociedad, que ambas resultaron ser ambientes muy complejos desde el punto de vista dominial y de usos del suelo, y que constituyen interesantes ejemplos de RUC, se adoptó en esta tesis un enfoque integrado de análisis. El mismo constituye uno de los pilares de la gestión de los Recursos Naturales en general, y en particular de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

Para preservar las condiciones naturales del área de estudio es necesario predecir la dinámica y calidad de los recursos hídricos. En vista de estos hechos, la evaluación de las características geomorfológicas, morfométricas, hidrogeológicas y de cobertura del suelo constituyó una herramienta valiosa para predecir futuros escenarios hidrológicos ante la presencia de eventos naturales o antrópicos.

La Cuenca de la Laguna La Brava se definió hidrológicamente como de orden 4, mientras que la de Laguna de Los Padres como de orden 5. Desde el punto de vista hidrodinámico ambas lagunas constituyen el nivel de base de sus respectivas cuencas altas. Los mapas de densidad de drenaje, de pendientes del terreno y de cobertura del suelo demostraron la importancia de las sierras como zonas de conservación de la naturaleza dado que se corresponden con las nacientes de los distintos cursos de agua. A su vez, establecieron que el sector de lomadas resulta relevante ya que al ser un área principalmente con actividad agrícola, la mayor densidad de drenaje y de pendientes implicaría un mayor aporte de agua superficial directa a las lagunas con un consecuente lavado de agroquímicos y nutrientes desde las lomas hacia las mismas.

De acuerdo al análisis morfométrico realizado para ambas lagunas a lo largo de una serie temporal, pudo concluirse que las dos son muy distintas entre sí. Una explicación a estas diferencias morfométricas es una precipitación anual mayor en la zona de la Laguna La Brava, lo que se refleja en un mayor volumen de agua entrando al sistema. Otro factor importante es la presencia de barrancas que definen el contorno de las lagunas. En la Laguna de Los Padres las mismas se restringen al sector NE y son de escasa altura, permitiendo que ante eventos de máxima lluvias se inunden las áreas aledañas y en consecuencia aumente su área y perímetro. Por el contrario, en la Laguna La Brava la presencia de barrancas en casi todo su perímetro (> 2,5 m de

altura) ocasiona que ante precipitaciones intensas el tamaño de la laguna no se modifique pero sí su volumen y profundidad.

Los resultados de este trabajo dejaron de manifiesto la importancia ecológica de la interacción agua superficial-agua subterránea. Dado que las lagunas están integradas al ciclo hidrológico, cambios espacio-temporales en estos sistemas naturales a su vez repercutirán en los otros componentes hidrológicos y viceversa. Esto debe ser considerado en las políticas de gestión que se tienen para estas lagunas, las cuales hasta el momento sólo consideran los servicios ecosistémicos relacionados con la provisión de oportunidades de recreación y hábitat de especies, obviando su importancia en la regulación de los flujos hidrológicos (recarga y descarga de agua subterránea). Este último servicio prestado por los humedales juega un papel crucial ya que contribuye con el soporte de la biodiversidad y el abastecimiento de agua para la sociedad.

El análisis de iones mayoritarios y parámetros fisicoquímicos permitió caracterizar y definir distintos tipos de agua tanto superficiales como subterráneas para las dos cuencas de estudio. Los valores de conductividad eléctrica y cloruros tuvieron mayor relevancia a la hora de establecer las relaciones entre los humedales y el acuífero. Los mapas de isoconcentración de estos parámetros permitieron, entre otros aspectos, definir posibles zonas de recarga preferencial a los humedales.

A partir de información hidroquímica e isotópica de estas lagunas se logró confirmar su relación hidrológica de tipo efluente-influente con el acuífero pampeano, las principales fuentes de abastecimiento de los mismos y su importancia como zonas de recarga al sistema. Como consecuencia, se logró ajustar el modelo hidrológico para cada humedal estableciendo para la Laguna La Brava una recarga desde el acuífero pampeano y el Arroyo El Peligro en la zona S, y un flujo proveniente del sistema de fisuras de la Sierra La Brava. Para la Laguna de Los Padres, las fuentes de recarga son el acuífero regional especialmente en el sector SO y el Arroyo de Los Padres. En particular, la Laguna La Brava estaría recibiendo un importante aporte desde el sistema de fisuras resultando en aguas enriquecidas isotópicamente, pero con menor salinidad que el acuífero.

Regionalmente, con respecto a la aptitud química del agua subterránea para consumo humano, se verificaron parámetros preocupantes en nitratos y fluoruros. En especial, en los sectores cercanos a los núcleos de población en el área (Sierra de Los Padres, El Coyunco, Gloria de La Peregrina, Colinas Verdes y Villa La Brava) se presentaron contenidos moderados a altos de estos iones. En relación a la calidad del agua subterránea para riego, dominaron las aguas de calidad moderada y buena, 54,4 y el 41,2%, respectivamente.

En las zonas topográficamente más elevadas, coincidentes con las lomadas interserranas, es de esperar un mayor espesor de la ZNS, lo cual se evidenció en el área de estudio. La presencia de un porcentaje significativo (51%) de espesores de ZNS menores a 25 m sumado a que es un área principalmente agrícola, puede potenciar el peligro de contaminación del recurso hídrico subterráneo. En especial en el sector SO y SE se dio esta particularidad, coincidiendo con las principales zonas de recarga del área. Además, el espesor de la zona no saturada es más delgado cerca de los centros más poblados, pudiendo potenciar también el peligro de contaminación al acuífero.

La metodología CORINE Land Cover ha demostrado ser una interesante herramienta de aplicación en la identificación y localización espacial de actividades potencialmente contaminantes del agua subterránea y superficial. A partir del análisis integrado de la cobertura del suelo, la pendiente del terreno y la red de drenaje de las lagunas en estudio, se identificó en la Cuenca de la Laguna La Brava que el 76,28 % del área posee una moderada a elevada carga contaminante potencial para el agua superficial, siendo en la Cuenca de la Laguna de Los Padres de 65,68%. Las fuentes potenciales de contaminación en la Laguna La Brava son la actividad agrícola en tierras de labor en secano, la Villa La Brava y las instalaciones deportivas ubicadas en sus márgenes. En la Laguna de Los Padres, resultaron fuentes potenciales la agricultura en terrenos regados permanentemente, las numerosas instalaciones deportivas y recreativas construidas en su línea de costa y los asentamientos urbanos cercanos a la misma.

El estudio sobre distribución y composición de comunidades de macrófitas basado en mediciones de campo, como el método del cuadrado, brindó información precisa pero consumió mucho tiempo al mapear grandes extensiones. La teledetección ofreció un medio suplementario, además de economizar tiempo. Si bien la imagen satelital usada para el mapeo de las macrófitas emergentes tuvo una resolución espacial baja (28 m), resultó una herramienta de bajo costo que ofreció como primera aproximación una valiosa información sobre la cobertura vegetal en ambas lagunas. Las dos metodologías empleadas en esta tesis, el análisis de imágenes satelitales y los censos de vegetación, resultaron altamente complementarias para el estudio de la vegetación acuática en este tipo de ambientes. Igualmente, contando con imágenes de mayor resolución espacial (Ej. ASTER- 15 m) podría ajustarse mejor el mapeo de la misma.

A partir del análisis de PCA se analizó la relación existente entre las principales variables ambientales y la población de *Schenoplectus californicus* de las dos lagunas en estudio. Las muestras principalmente de invierno y primavera se caracterizaron por altos valores de biomasa

vegetal (tanto aérea como sumergida) y de turbidez de la columna de agua. Las muestras procedentes de la Laguna de Los Padres, se relacionaron con mayores valores de conductividad eléctrica y temperatura del agua y biomasa aérea de *S. californicus*, mientras que las de la Laguna La Brava se asociaron a una mayor profundidad de la columna de agua y biomasa vegetal sumergida.

La gestión integrada de humedales sólo puede ser eficaz si se reconoce el conjunto de contribuciones que los mismos hacen a la sociedad a través de sus funciones ecosistémicas. La participación ciudadana en la gestión de áreas complejas con RUC es esencial para asegurar una planificación y manejo a largo plazo de sus recursos hídricos. Dado que la gestión de humedales en general es abordada sólo desde una perspectiva biofísica, en este trabajo se avanzó en el análisis de los actores sociales vinculados a ambas lagunas. A través de las técnicas de muestreo Observación Participante, Encuestas semi-estructuradas y Bola de nieve se colectó información de los principales actores. Se identificaron a los residentes de Villa Laguna Brava, los miembros de los municipios de Balcarce y Gral. Pueyrredón y los propietarios de instalaciones turísticas como los actores claves ("Key players") del proceso de planificación. Por el contrario, los residentes de la cuenca interior (vinculados con la actividad agrícola u hortícola) fueron los actores que mostraron menor interés e influencia en el sistema ("Crowd"). Al evaluar las interdependencias socio-biofísicas, se determinó que las funciones de hábitat (para la biota y la sociedad humana), regulación (abastecimiento de agua) e información (recreación, ciencia y educación) fueron las de principal interés para éstos.

El análisis de actores propuesto, intenta demostrar como estos métodos pueden ser utilizados por profesionales de las Ciencias Naturales para comprender mejor la participación ciudadana en el contexto de la gestión de los RUC, obteniendo información necesaria para identificar cuatro aspectos básicos: 1) los principales actores involucrados en el área, 2) su influencia e intereses en las funciones ecosistémicas, 3) los conflictos potenciales entre ellos y 4) las interdependencias socio-biofísicas. El conocimiento y aplicación de los lineamientos básicos para el análisis de actores constituye una herramienta útil para profesionales de las Ciencias Naturales ya que permite una mejor comprensión del problema de estudio y una eficiente aproximación al estudio de sistemas complejos, como los son los RUC.

La creación y aplicación de un sistema de indicadores constituyó un valioso aporte ya que por primera vez se aplica este procedimiento metodológico en la zona. Además, el mismo ofreció la posibilidad de expresar la calidad ambiental de lagunas pampeanas en forma numérica, mediante el

uso de índices basados en métodos claros y reproducibles, a través de indicadores que pueden medirse o determinarse de manera objetiva. A su vez, la creación del índice de calidad ambiental permitió integrar la información obtenida en este trabajo de tesis incluyendo datos morfométricos, hidroquímicos, de uso y cobertura del suelo y sociales. La aplicación de esta metodología proporciona una herramienta útil para el monitoreo de la calidad ambiental de las lagunas pampeanas, contribuyendo así a evaluar la sustentabilidad ambiental, así como también, de las prácticas y políticas existentes. Sin embargo, se requiere continuar mejorando y precisando el método, y luego validarlo en distintas zonas de manera de testear su robustez.

La información generada en esta tesis fue útil para evaluar perspectivas de gestión ambiental en el contexto de los RUC. Las medidas de manejo del recurso hídrico que se proponen en sistemas con estas características son: 1) evaluación de la calidad del agua, 2) monitoreo del acuífero, arroyos, lagunas y juncal asociado, 3) construcción de zonas buffer incluyendo las lagunas y sus arroyos afluentes (los cuales constituyen una fuente de recarga a las mismas) y corredores biológicos para conectar los espacios naturales y hábitat de especies, 4) análisis de actores sociales vinculados con el sistema natural en el tiempo, ya que podrían desempeñar distintos roles y/o éstos podrían cambiar con el tiempo, 5) pautas para la aplicación adecuada de agroquímicos, y por último 6) fomentar la conciencia ambiental, a través de charlas en los diferentes centros educativos y culturales localizados en la zona.

Este trabajo de tesis propone un enfoque integrado de la gestión de los recursos naturales, con énfasis en los recursos hídricos, reconociendo los componentes del ciclo hidrológico y su relación con otros recursos naturales y con la sociedad. En este sentido, se hace hincapié en el desarrollo de una visión integral con respecto a la evaluación y manejo de los recursos hídricos, incluyendo la interacción de los sistemas natural (lagunas, arroyos, acuífero y suelo) y humano, de manera de lograr un manejo eficiente de los mismos.

## CAPÍTULO 13. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, H., L. Moreno, S. Castaño, M. E. Jiménez y A. de la Losa .2009. Contenido y distribución espacial de nutrientes móviles en la zona no saturada en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. *Boletín Geológico y Minero*, 120 (3): 393-408. ISSN: 0366-0176.
- Alcaide Orpí, J., E. Jaimez Salgado, J. Olivera Acosta, G. Valdés Hernández, J. R. Díaz, M. De Terán y J. Soto Torres. 2006. Sistema de indicadores para la evaluación de la calidad ambiental del Municipio Bauta, La Habana, Cuba. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10 (41): 263-268.
- Aller L., J.Bennet, R. Lehr, G. Petty y G. Hacket. 1987. DRASTIC: A Standarized System for Evaluating GROUNDWATER Pollution Potencial Using Hidrogeological Setting. *Enviromental Protection Agency Report 600/2-87-035*. Washington, D.C.
- Aller L., T. Bennett, J.Lehr y R. Petty. 1985. DRASTIC: A standardized System for Evaluating Groundwater Pollution. *Doc. EPA/600/2-85/018*, 157 pp.
- Ameghino, F. 1881. La Formación Pampeana o estudio de los terrenos de transporte de la cuenca del Plata. Buenos Aires-Paris. 381 pp.
- APHA. American Public Health Association. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, Ed. 18.
- Appelo, C. A. J. y D. Postma. 1993. *Geochemistry, groundwater and pollution*. A. A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, 563 pp.
- Archibold, O. W. 1995. *Ecology of World Vegetation*. Chapman & Hall. London.
- Auge, M. 1990. Aptitud del Agua Subterránea en la Plata, Argentina. Seminario Latinoamericano de Medio Ambiente y Desarrollo: 191 -201.
- Auge, M. 2004a. Regiones hidrogeológicas de la república Argentina. Disponible en internet: [www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/Reg-Hidrogeo.pdf](http://www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/Reg-Hidrogeo.pdf).
- Auge, M. 2004b. Vulnerabilidad de Acuíferos: Conceptos y Métodos. Buenos Aires. Disponible en internet: [www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/Vulnerabilidad-Conceptos.pdf](http://www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/Vulnerabilidad-Conceptos.pdf).

- Baccaro, K., M. Degorgue, M. Lucca, L. Picone, E. Zamuner y Y. Andreoli. 2006. Calidad del agua para consume humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. RIA, 35 (3): 95-110. INTA, Argentina.
- Bain, M.B. y N.J. Stevenson (ed.). 1999. Aquatic habitat assessment: common methods. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 136 pp. Disponible en internet: <http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/aquaticmethods.pdf>.
- Baldy V., M. Tremolieres, M. Andrieu y J. Belliard. 2007. Changes in phosphorus content of two aquatic macrophytes according to water velocity, trophic status and time period in hardwater streams. *Hydrobiologia* 575:343–351.
- Benavides Mora V., T. C. Tarlé Pissarra y J. A. Galbiatti. 2007. Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del Río Bobo, Departamento de Nariño — Colombia. Revista Ingeniería e Investigación Vol. 29 (3): 97-101 pp.
- Benítez, A. 1972. Captación de aguas subterráneas. Nuevos métodos de prospección y cálculo de caudales. Edit. Dossat. S.A. Madrid. España.
- Bertoldi, I. y G. Muñoz. 2005. Monitoreo estacional de la Laguna La Brava, Partido de Balcarce. Informe técnico, Secretaría de Política Ambiental, La Plata, Argentina, 7 pp.
- Biggs, S. y H. Matsuert. 1999. An actor-oriented approach for strengthening research and development capabilities in natural resource systems. *Public Administration and Development* 19: 231-262.
- Blarasin, M., A. Cabrera, M. Villegas, S. Bettera, C. Frigerio y D. Lombardo. 1999. Evaluación Ambiental del Impacto de Sistemas de Saneamiento Domiciliario sobre el Agua Subterránea en el Barrio San Martín, Ciudad de Río Cuarto Córdoba, Provincia de Buenos Aires. Hidrología Subterránea. II Congreso Argentino de Hidrogeología. IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea. Serie Correlación Geológica N°13. Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán, 177-186.
- Bocanegra, E. y O. A. Mejía Rivera. 2007. Cambio climático y estimación de la recarga del acuífero de Mar del Plata. V Congreso Argentino de Hidrogeología, Paraná, Entre Ríos. 167-176 pp. Disponible en internet: <http://hydriaweb.com.ar/kb/entry/33/>.
- Bocanegra, E., D. Martínez, H. Massone y M. Farenga. 2005. Modelación numérica preliminar del flujo subterráneo de la cuenca del río Quequén, Provincia de Buenos Aires. IV Congreso

Argentino de Hidrogeología, Actas I: 191-200. Río Cuarto, Córdoba, 25 al 28 de octubre de 2005. ISBN 950- 665-346-1.

- Bocanegra, E., D. Martinez, H. Massone, y J. Cionchi. 1992. Exploitation effect and salt water intrusion in the Mar del Plata aquifer, Argentina. 12 th Salt Water Intrusion Meeting, proceedings, 177-191.
- Bocanegra, E., J. Cionchi, J. Fasano, M. Osterrieth y e. Schnack. 1985. Geología ambiental del área urbana marplatense, Provincia de Buenos Aires. Caracterización preliminar. I Jornadas Geológicas Bonaerenses, Tandil.
- Bonorino G., R. Albouny y S. Rossi. 2001. La influencia del sistema carbonatado sobre el quimismo del agua subterránea (Cuenca Superior del Arroyo Chasicó). *Geoacta*, N° 26, 1-11 pp. ISSN 0326-7237.
- Brugha R. y Z. Varvasovszky. 2000. Stakeholder analysis: a review. *Health Policy and Planning* 15: 239–246.
- Bucher, E., G. Castro y V. Floris. 1997. Conservación de ecosistemas de agua dulce: Hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos. No ENV-114, Washington, D.C., 44 pp.
- Burkert, U, G. Ginzel, H. D. Babenzien y R. Koschel. 2004. The hydrogeology of a catchment area and an artificially divided dystrophic lake - consequences for the limnology of Lake Fuchskuhle. *Biogeochemistry* 71: 225-246.
- CAA. Código Alimentario Argentino. 1990. Disponible en internet: [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa\\_calidad/Marco\\_Regulatorio/CAA/CAPITULOXII.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/Marco_Regulatorio/CAA/CAPITULOXII.htm)
- Calmbach y Waterloo Hydrogeologic Inc. 2003. Water Quality Data Analysis, Plotting, & Modeling; Aquachem User's Manual v.4.0., Co-Developed by Lukas Calmbach and Waterloo Hydro-geologic, Inc., United States of America, 276 pp.
- Carlson R. E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22 (2):361-369.
- Cendrero, A. 1997. Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones. *Naturzale*, 12: 5-25.
- Cendrero, A. y D.W Fischer. 1997. A procedure for assessing the environmental quality of coastal areas for planning and management. *Journal of Coastal Research*, 13 (3):732–744.

- Cendrero, A. y J. Díaz de Terán. 1987. The environmental map system of the University of Cantabria, Spain. Arndt y Lüttig (Eds.): Mineral resources extraction, environmental protection and land-use planning in the industrial and developing countries, 149-181.
- Cendrero, A., E. Francés, D. del Corral, J. L. Fermán, D. Fischer, L. del Río, M. Camino y A., López. 2003. Indicators and indices of environmental quality for sustainability assessment in coastal areas; application to case studies in Europe and Ameritas. *Journal of Coastal Research*, 19(0): 7-21.
- CEPE. Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa. 2003. Marcando el progreso: Los indicadores señalan el camino. En: Agua para todos, agua para la vida. Primer informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Capítulo 3, 31-58 pp.
- Chevotarev, I. I. 1955. Metamorphism of natural water in the crust of weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 8: 22-48 pp.
- Chuvieco Salinero, E. 2002. Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. Edit. Ariel S. A., Barcelona. 586 pp.
- Cingolani, C. A. 2005. Unidades morfoestructurales (y estructuras menores) de la Provincia de Buenos Aires. En: R.E de Barrio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (edit.). *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires*. La Plata, Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Cap. II: 21-30.
- Cionchi, J. 1997. Las reservas de agua subterránea disponibles en el Partido de General Pueyrredón (Provincia de Buenos Aires). Convenio Municipalidad del Partido de General Pueyrredón-Universidad Nacional de Mar del Plata, 6 pp.
- Cionchi, J. L., E. J. Schnack, J. R. Álvarez, E. M. Bocanegra, J. E. Bogliano y J. L. Del Río. 1982. Caracterización hidrogeológica y físico-ambiental de la laguna de Los Padres, Partido de Gral. Pueyrredón, Provincia de Bs. As. Convenio Municipalidad de Gral. Pueyrredón-CGCyC, UNMdP.
- Clark. I. y P. Fritz. 1997. *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis Publisher, New York, 328 pp. ISBN: 1566702496.
- Collier, K. J. y J. M. Quinn. 2003. Land- use influences macroinvertebrates community response following a pulse disturbance. *Freshwater Biology*, 48: 1462- 1481.
- Conrad C. y T. Daoust. 2008. Community-Based Monitoring Frameworks: Increasing the Effectiveness of Environmental Stewardship. *Environmental Management* 41: 358–366.

- Convención de Ramsar. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). 4a. edición. Gland, Suiza. 124 pp.
- Conzonno, V. y A. Fernandez Cirelli. 1987. Soluble humic substances from the affluents of Chascomlus Pond (Argentina). *Archiv for Hydrobiologie* 109, 305-314.
- Conzonno, V. y A. Fernandez Cirelli. 1988. Soluble humic substances from Chascomlus Pond (Argentina). Factors influencing distribution and dynamics. *Archiv for Hydrobiologie* 111, 467-473.
- Cordini, R.I. 1942. La laguna La Brava (Provincia de Buenos Aires). Contribución a su conocimiento limnológico. *Revista Argentina de Zoogeografía*, 2(1): 3-53. Buenos Aires.
- CORINE Land Cover. Coordination of Information on the Environment. 2000. Descripción de la nomenclatura del Corine Land Cover al nivel 5°. Área de Teledetección. Subdirección Gral. de Geomática y Teledetección. Instituto Geográfico Nacional Madrid.
- Cristian, C. S. y G. A. Stewar. 1952. Sumary of the general report on survey of Catherine Darwin Region. – CSIRO Australia, land researches Ser. 124 pp.
- Custodio, E. y M. Llamas. 1976. Hidrología Subterránea. 2 Tomos, Ed. Omega, Barcelona, 2359 pp.
- Custodio, E. y M. Llamas. 1983. Hidrología Subterránea. 2 Tomos, Ed. Omega, Barcelona, 2450 pp.
- Dadon, J.R. y R.L. Vícarí. 1995. Biomasa de vegetación palustre (*Schoenoplectus californicus*). En: E.C. Lopretto y G. Tell (dir.) Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio, Ed. Sur, La Plata. 177-183 pp.
- Dalla Salda, L. y A. M. Iñiguez. 1979. La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. 7 Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 539-550.
- Dalmaso, M., D. Martínez y E. Mariño. 1999. Contaminación por Efluentes de la Industria Frigorífica: El caso del acuífero arenoso de General Pico. Hidrología subterránea. II Congreso argentino de Hidrogeología. IV Seminario Hispano argentino sobre temas actuales de la Hidrogeología Subterránea Serie Correlación Geológica N°13. Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. 187-194 pp.

- Dangavs, N. 2005. Los ambientes acuáticos de la Provincia de Buenos Aires. En: Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires, Relatorio del XVI Congreso Geológico *Argentino*. R.E de Barrio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (edit.). La Plata, 219-236.
- Dangavs, N. V. 1976. Descripción sistemática de los parámetros morfométricos considerados en las lagunas pampásicas. *Limnobiós* 1 (2): 35-39.
- Dangavs, N.V. 1995. Morfometría de cuerpos lénticos. En: E.C. Lopretto y G. Tell (dir.) Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. (pp. 27-45). Ed. Sur, La Plata.
- Davis, S. N. y R. de Wiest. 1972. Hidrogeología. Ed. Ariel, España, Barcelona. 563 pp.
- de Groot, R. S., M. Wilson y R. Boumans. 2002. A topology for the classification, description and valuation of ecosystem goods and services. *Ecological Economics* 41: 393–408.
- de Groot, R. S. 1992. Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision-making. Wolters Noordhoff BV, Groningen, The Netherlands.
- de Groot, R. S. 2006. Function analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable multifunctional landscapes. *Journal of Landscape and Urban Planning* 75: 175–186.
- de Groot, R., M. Stuij, M. Finlayson y N. Davidson. 2006. Valuing wetlands: Guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services. Ramsar Technical Report No. 3, CBD Technical Series No. 27, Gland, Switzerland.
- Díaz E., K. Mamado, A. Iturbe, V. Esteller y F. Reyna. 1999. Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: Caso del curso alto del Río Lerma, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, (6) 2: 124-134.
- Dourojeanni, A. 2000. Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable. CEPAL – Publicaciones. N° 10. Publicación de las Naciones Unidas, Santiago de Chile, 357 pp.
- Drago, E. y R. Quirós. 1996. The hydrochemistry of the inland waters of Argentina: a review. *International Journal of Salt Lake Research*, 4:315-325.
- Duarte C., C. Montes, S. Agustí, P. Martino, Bernués M. y J. Kalf. 1990. Biomasa de macrófitos acuáticos en la marisma del Parque Nacional de Doñana (SW España): importancia y factores ambientales que controlan su distribución. *Limnetica*, 6: 1-12.

- Edmunds, W.M., P. Shand, P. Hart y R. S. Ward. 2003. The natural (baseline) quality of groundwater: a UK pilot study. *Sci. Total Environ.* 310:25–35.
- Elichiry, P. 2002. Evaluación de la Sustentabilidad del Riego Complementario con la Aplicación de Modelos Numéricos de Flujo y Transporte en la Región Periserrana de Tandilia, Buenos Aires, Argentina.
- EPA. 1994. Indicators Development Strategy, Environmental Monitoring Assessment Program, EMAP Center, Research Triangle Park, NC, EPA 620/R- 94/022.
- EPA. 1995. A Conceptual Framework to Support the Development and Use of Environmental Information for Decision-Making, Environmental Statistics and Information Division, Office of Policy, Planning and Evaluation, EPA 230-R- 95-012.
- Esain, J., S. Martín, W. Pelle y G. García Minella. 2004. Derecho ambiental: su actualidad de cara al tercer milenio. Jiménez, Eduardo Pablo, coor. Ediar, Buenos Aires, 560 pp.
- Escuder, R., J. Fraile, S. Jordana, F. Ribera, X. Sánchez-Vila y E. Vázquez-Suñé. 2009. Hidrogeología: Conceptos básicos de hidrología Subterránea. FCIHS. Artes gráficas Torres, Barcelona, España. 768 pp. ISBN: 978-84-921469-1-8.
- Esquiú, K. S. 2009. Perifiton del "junco" *Schoenoplectus californicus* y el efecto de la herbivoría sobre su estructura comunitaria en los arroyos de la Cuenca de la Laguna de Los Padres (Prov. de Buenos Aires). Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata. 191 pp.
- ESRI. Environment System Research Institute. 2007. Disponible en internet: <http://www.esri.com>.
- Esteller, M. V., E. Quentin y C. Díaz-Delgado. 2003. Revista Latino-Americana de Hidrogeología, (2) 1:17-30.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. Water monitoring. UN-Water Task Force on Monitoring, Stockholm. 45 pp. Disponible en internet: [http://www.fao.org/nr/wman/abst/wman\\_080101\\_es.htm](http://www.fao.org/nr/wman/abst/wman_080101_es.htm).
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2000. Assessing soil contamination. A reference manual. FAO Pesticide Disposal Series 8. Disponible en internet: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X2570E/X2570E00.HTM>.
- Fernández Aláez, C., M. Fernández Aláez, C. Trigo Domínguez y B. L. Santos. 2006. Hydrochemistry of northwest Spain ponds and its relationships to groundwaters. *Limnetica*, 25(1-2): 433-452.

- Fernández Cirelli, A. y P. Miretzky. 2002. Lagos profundos de la Pampa Argentina. Relación con aguas subterráneas someras. En: El agua en Iberoamérica. De la Limnología a la Gestión en Sudamérica. Fernández Cirelli A. y G. Chalar Marquisá (Eds.). CYTED XVII, Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos. 43-52 pp.
- Fili, M. F., L. Eduardo, O. A. Díaz y M. Dalla Costa. 1999. Modelo Hidrogeológico Conceptual de la Relación entre Acuíferos Pampeano y Puelche en un Sector del Sur de la Provincia de Santa Fé. Republica Argentina. Hidrología subterránea. II Congreso argentino de Hidrogeología. IV Seminario Hispano Argentino Sobre Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea Serie Correlación Geológica N°13. Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Pag 99-106.
- Finlayson, C.M., N.C. Davidson, A.G. Spiers y N.J. Stevenson. 1999. Global wetland inventory - current status and future priorities. Marine Freshwater Research, 50: 717-727.
- Fontes, J. CH. 1980. Environmental Isotopes in groundwater hydrology. In Fritz, P., Fontes, J. CH (eds). The Terrestrial Environmental Handbook of Environmental Isotopes Geochemistry, Vol I. Elsevier, Amsterdam, 75-140 pp.
- Fornerón, C. F., M. C. Piccolo y M. E. Carbone. 2010. Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina). Huellas 14: 11-30. ISSN 0329-0573.
- Foster, S. y R. Hirata. 1988. Contaminación de Aguas Subterráneas. Un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de agua potable. CEPIS con la OMS y la OPS. Lima, Perú.
- Foster, S. y R. Hirata. 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes. Lima, CEPIS.
- Foster, S., B. Adams, M. Morales y S. Tenjo. 1992. Estrategias para la protección de aguas subterráneas, una guía para su implementación. Lima, CEPIS.
- Foster, S., R. Hirata, D. Gomez, M. D' Elia y M. Paris. 2002. Groundwater Quality Protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. The World Bank. Washinton, D.C. U.S.A.
- Frenguelli, J. 1925. Loess y Limos Pampeanos. An.Soc.Arg. Est. Geogr. Gaea, V.1, 1-88.
- Frenguelli, J. 1950. Rasgos Generales de la Morfología y Geología de la Provincia de Buenos Aires. Prov. De Buenos Aires, M.O.P., LEMIT, serie II, 33. La Plata.

- Froehlich K. F.O., R. Gonfiantini y K. Rozanski. 2005. Isotopes in lake studies: A historical perspective. En: Isotopes in the water cycle. Past, present and future of a developing science, Aggarwal P. K., J. R. Gat & K. F. O. Froehlich (Eds.). 139 -150 pp.
- Galbraith, J. K. 1983. *The Anatomy of Power*. Hamish Hamilton, London.
- Gao X., Y. Wang, P. Wu y Q. Guo. 2010. Trace elements and environmental isotopes as tracers of surface water-groundwater interaction: a case study at Xin` an karst water system, Shanxi province, Northern China. *Environmental Earth Sciences*, 59:1223-1234.
- García Ferrando, M. 1996. La encuesta. En: M. García Ferrando, J. Ibáñez y F. Alvira: *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación*. Madrid: Alianza Universidad Textos, 147-176.
- Ghersa, C.M. y R.J.C. León. 2001. En: Nave Z. y A.S. Lieberman (eds.), *Ecología de paisajes*. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Gibbs, R.J. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science* 170: 1088-1090.
- Gómez, P.C., G.A. Orioli y M.R. Sabbatini. 2004a. *Senecio bonariensis*, potencial agente de fitorremediación en la cuenca alta del río Sauce Grande. II Reunión Binacional de Ecología: "Ecología en tiempos de cambio". Mendoza. 31 de octubre al 5 de noviembre de 2004.
- Gómez, P.C., G.A. Orioli y M.R. Sabbatini. 2004b. Acumulación de biomasa, fósforo y nitrógeno en macrófitas de potencial uso en humedales. III Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos. Tandil. 11-12 de noviembre de 2004.
- Gonfiantini, R. 1978. Standards for stable isotope measurements in natural compounds. *Nature* 271, 534-536.
- González, N. 2005. Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires. En: R.E de Barrio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (edit.). *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires*. La Plata, Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Cap. XXII: 359-374.
- Gouzee, N., B. Mazijn y S. Billharz. 1995. Indicators of sustainable development for decision-making. Federal planning Office. Bruselas.
- Grimble, R. y K. Wellard. 1997. Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of concepts, contexts, experiences and opportunities. *Agricultural Systems* 55: 173–193.

- Grosman, F. y P. Sanzano. 1999. Estudio ictiológico Laguna La Brava, Partido de Balcarce, Provincia de Buenos Aires. Informe Final. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro, 26 pp.
- Grosman, F., 2008 (compilador). *Espejos en la llanura. Nuestras lagunas de la región pampeana*". Ed. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 174pp. ISBN: 978-950-658-213-5.
- Gulati, R. D. 1990. Zooplankton structure in the Loosdrecht lakes in relation to trophic status and recent restoration measures. *Hydrobiologia*, 191: 173-188.
- Gurung, T. 2007. Restoration of small lakes through cooperative management: A suitable strategy for poverty-laden areas in developing countries?. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 12: 237-246.
- GWP. Global Water Partnership. 2000. *Integrated Water Resources Management*. Stockholm, Sweden, 71 pp. ISBN: 91-630-9229-8.
- Hammond A., A. Adriaanse, E. Rodenburg, E. Bryant y R. Woodward. 1995. *Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*, World Resources Institute, Washington, D. C.
- Hardin, G. 1968. The Tragedy of the Common. *Science* 162 (1968): 1243-1248.
- Hurtado, M., G. Moscatelli y R. Godagnone. 2005. Los suelos de la Provincia de Buenos Aires. En: R.E de Barrio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (edit.). *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires*. La Plata, Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Cap. XII: 201-218.
- Harrington, H. J. 1956. Morphoestructural Regions of South American en *Handbook of South American Geology*, Ed. W. R. Jenks. Geol. Soc. Amer., Mem. 65 (New York), Pags. XII – XVIII.
- Hart, R. 1997. *Children's Participation: The Theory and Practice of Involving Young Citizens in Community Development and Environmental Care*. Earthscan/ UNICEF, London.
- Hassan, G. S., A. Romanelli, C. De Francesco y H. E. Massone. 2011. Consideraciones y recomendaciones sobre el uso de motores a explosión en Laguna Brava. Informe Técnico para el Club de Pesca Balcarce, 6 pp. Inédito.

- Hem, J. D. 1992. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. U.S.G.S. Water-Supply Paper 2254, 4<sup>th</sup> printing, 263 pp.
- Hirata, R. 2002. Carga contaminante y peligros a las aguas subterráneas. Revista Latino-Americana de Hidrogeología, n.2, p. 81-90.
- Horton, R. E. 1945. Erosional development of stream and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of Geological Society of America. Vol 56 N° 3.
- Hurtado, M., G. Moscatelli y R. Godagnone. 2005. Los suelos de la Provincia de Buenos Aires. En: R.E de Barrio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (edit.). Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. La Plata, Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Cap. XII: 201-218.
- INDEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2001. Censo Nacional de Población.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1989. Cartas de Suelos de la República Argentina, 1:50.000.
- Iriondo, M. y D. Kröhling. 2007. Geomorfología y Sedimentología de la Cuenca Superior del Río Salado (sur de Santa Fe y noroeste de Buenos Aires, Argentina). Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, 14 (1): 1-23.
- Klessig, L. 2001. Lakes and society: The contribution of lakes to sustainable societies Lakes & Reservoirs: Research and Management 6: 117-125.
- Kruse, E. 1987. El agua subterránea en el régimen hidrológico de Laguna la Brava. *Informe 40, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires*, 18 pp.
- Kruse, E., A. Rojo y P. Laurencena. 1985. Aspectos geohidrológicos de la zona sur de Mar del Plata (Provincia de Buenos Aires). XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas VI: 216-221.
- Lampert, W. y U. Sommer. 1997. Limnoecology. The ecology of lakes and streams. Oxford University Press, Nueva York, 382 pp.
- Levy G. J. 2000. Sodicty. En: Sumner M. E. (Ed.). Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL, 27-55 pp.
- Lirio, J. M., H. J. Núñez, M. A. Chaparro, A. M. Sinito, A. Irurzun y C. S. Gogorza. 2007. Laguna La Brava, Provincia de Buenos Aires relaciones paleoclimáticas con Patagonia y Antártica. VI

Simposio Argentino y III Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas. Instituto Antártico Argentino.

- Llamas, J. 1993. Hidrología general. Principios y aplicaciones. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, Québec, Canadá.
- Logan W. S., M. Auge y H. O. Panarello. 1999. Bicarbonate, sulphate and chloride water in a shallow, clastic-dominated coastal flow system, Argentina. *Groundwater*, 37 (2): 287-295 pp.
- MA. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment report to the Ramsar Convention. World Resources Institute, Washington, DC.
- MacMynowski, D. P. 2007. Across space and time: social responses to large scale biophysical systems. *Environmental Management*, 39(6): 831-842.
- Manzano, M. 2005. Hidrología de los humedales dependientes del agua subterránea e implicaciones ecológicas. II Seminarios Hispano-Lationamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea: relación aguas superficiales-aguas subterráneas, Río Cuarto, Argentina.
- Marchese, H. y E. Di Paola. 1975. Miogeosinclinal Tandil. *Rev.Asoc.Geol.Arg.*, Bs.As., 30(2), 161-179.
- Mariño, E. y G. Bonorino. 2005. Evolución hidroquímica de un acuífero loésico. Caso General Pico-Dorila, Provincia de La Pampa, Argentina. *Geoacta* N° 30, 1-12 pp. ISSN 0326-7237.
- Marsh, W. 1991. Topography, slopes and land use planning. En *Landscape Planning: Environmental Applications*, John Wiley and Sons (Eds.), New York, 54-59 pp.
- Martínez, D. E. y E. M. Bocanegra. 2002. Hydrochemistry and cationic exchange processes in the coastal aquifer of Mar del Plata, Argentina. *Hydrogeology Journal*, Volume 10 (3): 393-408.
- Martinez, D. y M. Osterrieth. 1999. Geoquímica de la sílice disuelta en el Acuífero Pampeano en la Vertiente Sudoriental de Tandilia. Hidrología subterránea. II Congreso argentino de Hidrogeología. IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea serie Correlación Geológica N°13. Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Pag 241-250.

- Martínez, D., Bocanegra, E. M. y M. Manzano. 2000. La modelación Hidrogeoquímica como herramienta en estudios Hidrogeológicos. Boletín geológico y Minero. Vol. 111-4, 83-98. ISSN 0368-0176.
- Martínez, G. 2000. Geomorfología y geología del Cenozoico superior de las cuencas de drenaje de los arroyos Los Cueros y Seco, Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Univ. Nac. Del Sur. Inédito.
- Martínez, G. 2002. El origen de las cuevas y aleros del sistema serrano de Tandilia. Actas de las IV Jornadas de Sociedades Indígenas Pampeanas.
- Marttunen, M. y T. Vehanen. 2004. Toward Adaptive Management: The Impacts of Different Management Strategies on Fish Stocks and Fisheries in a Large Regulated Lake. Environmental Management 33 (6): 840–854. DOI: 10.1007/s00267-003-3021-7.
- Massone, H. 2003. Geología y Planificación Territorial en la Cuenca Superior del Arroyo Grande, Partido de Balcarce. Tesis Doctoral UNLP, 218 pp.
- Massone, H. E., M. Sagua, M. Tomas, K. Zelaya, T. Betancur, A. Romanelli y M. L Lima. 2011. El uso de Corine Land Cover en la identificación de actividades potencialmente contaminantes del agua subterránea. Análisis preliminar en el área Mar del Plata-Balcarce (Argentina). Revista ASAGAI. En prensa.
- Massone, H., M. Sagua, M. Tomas y A. Romanelli. 2009. La incorporación del concepto de corredor en la cartografía geológica ambiental. 9º Simposio de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería (ASAGAI).
- Matthes, G. 1982. The properties of groundwater. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. United States, 406 pp.
- Matthews, H., M. Limb y M. Taylor. 1999. Young people's participation and representation in society. Geoforum 30: 135-144.
- Mauriño, V., O. Varde y R. Scanavino. 1981. Investigaciones geológicas y geotécnicas realizadas para el proyecto de una central hidroeléctrica de acumulación por bombeo. VIII Congreso Geológico Argentino, Actas II, 45-66. San Luis.
- Mazor, E. 1991. Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology. Marcel Dekker, New York, 413 pp.

- Meerhoff, M. y N. Mazzeo. 2004. Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de lagos someros de Sudamérica. *Ecosistemas* 2004/2. Disponible en internet: <http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision1.htm>.
- Meijer, M. y H. Hoser. 1997. Effects of biomanipulation in the large and shallow lake Wolderwijd, The Netherlands. *Hydrobiologia*, 342/343: 335-349.
- Meijerink, A. M. J. 2007. Remote sensing applications to groundwater. IHP-VI, Series on groundwater N° 16, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, France. 311 pp.
- Menni, R. C. 2004. Las lagunas y ríos de la Pampasia. En: Peces y ambientes en la Argentina continental, Monografías del Museo Argentino de Ciencias Naturales número 5: 149-191.
- Menone, M. L., F. L. Lo Nostro, K. S. B. Miglioranza, F. Meijide, R. Da Cuña, Y. Piazza, C. Maggese, J. E. Aizpún de Moreno y V. J. Moreno. 2004. Presencia de plaguicidas organoclorados en *Odonthestes bonariensis* de Laguna "La Brava" (Prov. Buenos Aires). Jornadas de Biología del Pejerrey. Aspectos básicos y acuicultura. INTECH- Chascomús. 2 y 3 de Diciembre.
- Miglioranza, K. S. B., J. E. Aizpún de Moreno J y V. J. Moreno. 2003. "Dynamics of organochlorine pesticides in soils from a southeastern region of Argentina". *Environ. Toxicol. Chem.*, 22 (4), 712-717.
- Miglioranza, K. S. B., J. E. Aizpún de Moreno J y V. J. Moreno. 2004. Organochlorine pesticides sequestered in the aquatic macrophyte *Schoenoplectus californicus* from a shallow lake in Argentina. *Water Research*, 38: 1765-1772.
- Miglioranza, K.S.B., J.E. Aizpún de Moreno, V. J. Moreno, M.L. Osterrieth y A.H. Escalante. 1998. Fate of organochlorine pesticides in soils and terrestrial biota of Los Padres pond watershed, Argentina. *Environmental Pollution*, 100: 1-9.
- Miglioranza, K.S.B., M.A. González Sagrario., J.E. Aizpún de Moreno, V. J. Moreno, A.H. Escalante y M.L. Osterrieth. 2002. Agricultural soil as a potential source of input of organochlorine pesticides into a nearby pond. *Environmental Science and Pollution Research* 9: 250-256.
- Milner, C. y R.E. Hughes. 1970. Methods for the measurement of the primary production of grassland. *IBP Handbook* 6. Blackwell, Oxford, 70 pp.

- Mook, W. G. 2002. Isótopos Ambientales en el Ciclo Hidrológico. Principios y Aplicaciones. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Guías y Manuales N°1. 2002. IGME. Madrid.
- Morisawa, M. 1957. Accuracy and determination of stream lengths from topographic maps. *Trans. AMER. Geophys. Union*, 38 (1): 1025-1046.
- Nágera, J. J. 1940. Historia Física de la provincia de Buenos Aires, 1. Tandilia. Univ. Nac. La Plata, Fac. Human Cienc. Edic., Biblioteca Humanidades, La Plata, 24.
- Nakasone, H. y H. Kuroda. 1999. Relationship between water quality in irrigation reservoirs and land use of the watershed. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 4: 135–141.
- Négrel, P. y P. Lachassagne. 2000. Geochemistry of the Maroni River (French Guiana) during the low water stage: implications for water–rock interaction and groundwater characteristics. *Journal of Hydrology* 237, 212-233.
- Nicolli, H., J. Suriano, J. Gomez Peral, L. Ferpozzi y O. Balean. 1989. Groundwater contamination with Arsenic and other elements in an area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina. *Environment Geological Water Science*, 14 (1-3):1-15.
- Niemeijer, D. y R. de Groot. 2008a. Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks. *Environ Dev Sustain*, 10: 89-106.
- Niemeijer, D. y R. de Groot. 2008b. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators*, 8: 14-25.
- Nikitina, E., E. Ostrovskaya y M. Fomenko. 2009. Towards better water governance in river basins: some lessons learned from the Volga. *Reg Environ Change*, DOI 10.1007/s10113-009-0092-x.
- Nuestro Futuro Común. 1987. Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Disponible en internet: <http://www.un-documents.net/ocf-cf.htm>.
- Nurminen, L. 2003. Macrophyte species composition reflecting water quality changes in adjacent water bodies of Lake Hiidenvesi, SW Finland. *Ann. Bot. Fennici*, 40: 199-208.
- ODA. Overseas Development Administration. 1995. Guidance note on how to do stakeholder analysis of aid projects and programmes. Disponible en internet: <http://www.oneworld.org/euforic/gb/stake1.htm>

- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. 1991. Environmental Indicators: A Preliminary Set. Paris.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. 1993. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews: A Synthesis Report by the Group on the State of the Environment. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris. Report N°. 83, 39 pp.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. 1998. Towards Sustainable Development: Environmental Indicators. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, 129 pp.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. 1999. Environmental Indicators for Agriculture: Concepts and Frameworks. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, 45 pp.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. 2001. OECD Environmental Indicators: Towards Sustainable Development. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, 155 pp.
- Oliveira, S.V. y R.M.V. Cortes. 2006. Environmental indicators of ecological integrity and their development for running waters in northern Portugal. *Limnetica*, 25 (1-2): 479-498.
- Olivier, S. 1959. Sequías, inundaciones y aprovechamiento de las lagunas bonaerenses, con especial referencia al desarrollo futuro de la piscicultura. *Agro* 1(2):1-94.
- Ometo J. P. H. B., L. A. Martinelli, M. V. Ballester, A. Gessner, A. V. Krusche, R. L. Victoria y M. Williams. 2000. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. *Freshwater Biology*, 44: 327-337.
- Orsolini, H. E., E. D. Zimmermann y P. Basile. 2000. Hidrología. Procesos y Métodos. UNR Editora, Rosario. 319 pp.
- Osterrieth M. y J. L. Cionchi. 1985. Estratigrafía del Cuaternario de la Laguna de Los Padres, Provincia de Buenos Aires. *Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses*, 655-660.
- Osterrieth, M., Martínez G. y J. L. Cionchi. 1987. Caracterización estratigráfica preliminar del Cenozoico tardío de la Laguna La Brava, Provincia de Buenos Aires. *X Congreso Geológico Argentino, Actas*, II: 97-100.

- Ostrom, E. 1986. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective actions*. Indiana University-Cambridge Press, 54 pp.
- Panelli, R. y G. Robertson. 2006. Catchment contrasts: Comparing young people's experiences and knowledge of a river environment. *Geoforum*, 37 (4): 455-472. [doi:10.1016/j.geoforum.2005.02.008](https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2005.02.008).
- Perucca, L. y J. Paredes. 2005. Peligro de aluviones en el Departamento Pocito, Provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60 (1): 48-55.
- Poiré, D. G. y I. A. Spalletti. 2005. La Cubierta Sedimentaria Precambrica Paleozoica Inferior del Sistema de Tandilia. En *Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. La Plata 2005. Geología y Recursos Mineros de la Provincia de Buenos Aires. Actas 1: 51- 68*.
- Polemio M., Massone H., Dragone V., y E. Bocanegra .2007. Groundwater utilization and protection: the experience and the comparison of Argentine and Italian regulations. XXXV IAH Congress 'Groundwater and ecosystems'. 17-21 September 2007, Lisbon.
- Pourrut P., G. Gomez, A. Bermeo y A. Segovia.1995. Factores condicionantes de los regimenes climáticos e hidrológicos. *El agua en el Ecuador: clima, precipitaciones, escorrentía*. Corporación Editora Nacional, Colegio de Geógrafos del Ecuador, ORSTOM. Disponible en internet: <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010014826>
- Pozzobon, M.V. y G. Tell. 1995. Estructura y dinámica de la comunidad perifítica sobre *Ricciocarpus natans* (Hepaticae) de la Laguna de Los Padres (Buenos Aires, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 30 (3-4): 199-208.
- Quinn C. H., M. Huby, H. Kiwasila y J. Lovett. 2007. Design principles and common pool resource management: An institutional approach to evaluating community management in semi-arid Tanzania. *Journal of Environmental Management* 84:100 – 113.
- Quirós, R. 2005. *La ecología de las lagunas de las Pampas*. Investigación y Ciencia, Madrid, España. 13 pp.
- Quirós, R., 2004. Sobre la morfología de las lagunas pampeanas. Documento de Trabajo del Área de Sistemas de producción Acuática N°3, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 16 pp.
- Quirós, R., y E. Drago. 1999. The environmental state of the Argentinean lakes: An overview. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 4: 55-64.

- Quirós, R.; Rennella A.; Boveri M.; Rosso J.J. y A. Sosnovsky. 2002a. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, 12: 175-185.
- Quirós, R.; Rosso J.J.; Rennella A.; Sosnovsky A. y M. Boveri. 2002b. Estudio sobre el estado trófico de las lagunas pampeanas. *Interciencia*, 27: 584-591.
- Quiroz Londoño O. M., Martínez D. E., Dapeña C. y H. Massone. 2008. Hydrogeochemistry and isotope analyses used to determine groundwater recharge and flow in low-gradient catchments of the province of Buenos Aires, Argentina. *Hydrogeology Journal* 16: 1113-1127, .ISSN 1431-2174.
- Quiroz Londoño, O. M. 2009. Hidrogeología e Hidrogeoquímica de los Arroyos Tamangueyú y El Moro, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, UNRC, 274 pp.
- Quiroz Londoño, O. M., Romanelli, A., Martínez, D. E y E. Bocanegra. 2009. Los Sistemas de Información Geográfica como herramienta en los estudios limnológicos - caso de aplicación en un lago somero en ambiente de llanura, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Gestión y Ambiente*, Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 12 (2): 73-86. ISSN 0124.177X.
- Reboratti, C. 2000. Ambiente y sociedad. Concepto y relaciones. Ed. Ariel. Buenos Aires. Cap. VII, VII y IX.
- Reed M., Graves A., Dandy N., Posthumus H., Hubacek K., Morris J., Prell C., Quinn C. y I. Stringer. 2009. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of environmental management* 90: 1933–1949.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Sodic soils, USDA Agric. Handb. No 60. USDA. Washington, DC.
- Ringuelet, R.A. 1962. *Ecología Acuática Continental*. Ed. Eudeba, Buenos Aires, 138 pp.
- Ringuelet, R.A., A. Salibián, E. Clavérie y S. Ilhero. 1967. Limnología química de las lagunas pampásicas (Provincia de Buenos Aires). *Physis*, 27 (74): 201-221.
- Rojas, R. 2009. Hidrología aplicada al manejo de cuencas. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes, Venezuela. 33 pp. Disponible en internet: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap1a3c.pdf>.
- Romanelli A. y H. E. Massone. 2010. Informe Ambiental de la Cuenca de Laguna La Brava. Informe técnico para la Municipalidad de Balcarce, Provincia de Buenos Aires. Convenio

específico Municipalidad de Balcarce-Facultad de Cs. Exactas y Naturales, UNMdP. 19 pp. Inédito.

- Romanelli A., O. M. Quiroz Londoño, H. E. Massone, D. E. Martinez y E. Bocanegra. 2010. El agua subterránea en el funcionamiento hidrológico de los humedales del Sudeste Bonaerense, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Boletín Geológico y Minero*. 121 (4): 373-386. ISSN: 0366-0176.
- Romanelli, A. 2006. Estudio integral del área de laguna La Brava. Diagnóstico y perspectivas de gestión sustentable. Tesis de Licenciatura en Cs. Biológicas, FCEyN, UNMdP, 83 pp.
- Rossi, P. 1996. Evolución hidrogeoquímica del agua subterránea en la Cuenca Superior del Arroyo Chasicó, provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral en Ciencias Geológicas. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. 125 pp.
- Ruiz de la Garreta, A., M. Varni, N. R. Banda y R. Barranquero. 2007. Caracterización Geohidrológica Preliminar en la Cuenca del Arroyo Languyú, Partido de Tandil, Buenos Aires. En V Congreso Argentino de Hidrogeología.
- Sagua, M., Massone, H. y M. Tomas. 2008. Aportes para la Ordenación Ambiental de un Territorio de interfase urbano-rural. Corredor Mar del Plata Balcarce. República Argentina. IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida, Catamarca.
- Sala, JM. 1975. Recursos Hídricos (especial mención de las aguas subterráneas). Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires, IV Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires, September 1975, 169 pp.
- Sautu, R. 2003. Todo es teoría. Objetivos y métodos de investigación. Buenos Aires: Lumière.
- Scheffer, M. 1998. Ecology of shallow lakes. Population and community biology series. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Scheffer, M. 2004. Ecology of shallow lakes. Population and community biology series. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 356 pp.
- Scheffer, M., Hosper, S., Meijer, M., Moss, B. y E. Jeppesen. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and evolution*, 8:275-279.
- SCOPE. 1995. Indicators of Sustainable Development for Decision- Making. Report of the Workshop of Ghent, Published by the Federal Planning Office of Belgium.

- Scribano, A. y E. E. Z. Ortéz. 2008. El proceso metodológico de la investigación cualitativa. En: A. Scribano (ed.), *El proceso de investigación social cualitativo*. Buenos Aires: Prometeo libros.
- Sheil, D. y N. Liswanti. 2006. Scoring the Importance of Tropical Forest Landscapes with Local People: Patterns and Insights. *Environmental Management* 38 (1): 126-136. DOI: 10.1007/s00267-005-0092-7.
- Shilla D. A., A. Takashi, K. Siong, L. Rajapakse y J. Manatunge. 2006. Phosphorus concentration in sediment, water and tissues of three submerged macrophytes of Myall Lake, Australia. *Wetlands Ecol Manage* 14:549–558.
- Shivoga W. A., M. Muchiri, S. Kibichi, J. Odanga, S. N. Miller, T. J. Baldyga, E. M. Enanga y M. C. Gichaba. 2007. Influences of land use/cover on water quality in the upper and middle of River Njoro, Kenya Lakes & Reservoirs: Research and Management, 12: 97-105.
- Sophocleous, M.A. 2002. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeology Journal*, 10:52–67.
- Sosnovsky, A. y R. Quirós. 2006. El estado trófico de pequeñas lagunas pampeanas, su relación con la hidrología y el uso de la tierra. *Ecología Austral*, 16:115-124.
- Strahler A. 1952. *Dynamic Basis of Geomorphology*. Geol. Soc. Amer. Bull. 63, 923-938.
- Takamura N., Y. Kadono, M. Fukushima, M. Nakagawa y B. Kim. 2003. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. *Ecological Research* 18, 381–395.
- Tapia, A. 1937. Una investigación geológica en la Brava. *Revista Geográfica Americana*. 167-176.
- Ter Braak, C. J. F. y P. Šmilauer. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, New York, USA.
- Teruggi, M. E. y J. O. Kilmurray. 1975. Tandilla. En Relatorio de la Provincia de Buenos Aires. VI Congr. Geol. Arg., Relat.: 55-77. Buenos Aires.
- Teruggi, M. E. y J. O. Kilmurray. 1980. Sierras septentrionales de la Provincia de Buenos Aires. En: Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, II: 919-956.
- Teruggi, M. E., Mauriño, V. y T. Limousin. 1962. Geología de la porción oriental de las Sierras de Tandil. An. Prim. Jorn. Geol. Arg., 11:359-372. Buenos Aires.

- Teruggi, M. E., Spalletti, M. E. y L. Dalla Salda. 1973. Paleosuelos en la Sierra de Bachicha, Partido de Balcarce, Provincia de Buenos Aires. Rev. Museo de la Plata (NS), Geol. VIII (67), 227-256. La Plata.
- Toresani, N., H. López y S. E. Gómez. 1994. Lagunas de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de la Producción de la Provincia de Buenos Aires, La Plata. 108 pp.
- Tur, N.M. y J.B. Rossi. 1976. Autoecología de *Scirpus californicus*. I. Crecimiento y desarrollo de la parte aérea. Bol. Soc. Arg. Bot., 17 (1-2): 73-82.
- UN. United Nations. 1984. A Framework for the Development of Environmental Statistics, Statistical Papers Series # 78, New York.
- UN. United Nations. 2000. Declaración del Milenio. Documento publico a/res/55/2, 10 pp. Nueva York.
- UNESCO. 2003. Guide on the Use of Indicators for Integrated Coastal Management - ICAM Dossier 1, IOC Manuals and Guides No. 45.
- UNESCO/WHO. 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, 2<sup>nd</sup> Edition, London. 651 pp. Disponible en internet: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/watqualassess.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/watqualassess.pdf).
- USDA. Departamento de Agricultura de Estados Unidos. 1999. Soil Taxonomy. A basic of soil classification for making and interpreting soils surveys. 2<sup>nd</sup> Edition. Agriculture Handbook N° 436. 871pp.
- Usunoff, E. 1994. Técnicas en estudios de llanuras. En: Memorias, Seminario Hispano-Argentino sobre Temas actuales en Hidrología Subterránea. Universidad Nacional de Mar del Plata- Consejo Nacional de Inversiones. Mar del Plata, 20-23 de septiembre, 103-117 pp.
- van de Haterd R. J. W. y G. N. J. Ter Heerdt. 2007. Potential for the development of submerged macrophytes in eutrophicated shallow peaty lakes after restoration measures. *Hydrobiologia* 584:277-290.
- Varni, M. R. 2005. Algunos Aspectos de un Modelo Conceptual del Acuífero del Arroyo Azul, Provincia de Buenos Aires. En memorias del IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Hidrogeología Subterránea y Aspectos Ambientales. Tomo I. Universidad Nacional de Río Cuarto. Pag. 109 -118.

- Varvasovszky, Z. y R. Brugha. 2000. How to do (or not to do) a stakeholder analysis. *Health Policy and Planning*, 15: 338-345.
- Vela Mayorga, A. 2001. Desarrollo de un modelo de balance de agua en los suelos de Castilla-La Mancha sobre un Sistema de Información Geográfica: condiciones de aplicación y limitaciones. Tesis doctoral de la Universidad Complutense de Madrid. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. ISBN 84-8427-100-5.
- Vrba, J. y A. Zaporozec. 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. *International Contributions to Hydrogeology*, Vol. 16: 1- 131.
- Vrba, J. y B. Adams. 2008. Groundwater early warning monitoring strategy. A methodological guide. UNESCO, París, France. 105 pp. Disponible en internet: <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001622/162223e.pdf>.
- Wang, Y., Guo, Q., Su, C. & T. Ma. 2006. Strontium isotope characterization and major ion geochemistry of karst water flow, Shentou, northern China. *Journal of Hydrology* 328:592–603.
- Wanty, R. B., B. Richard, M. B. Goldhaber, J. M. Morrison y L. Lee. 2009. Regional variations in water quality and relationships to soil and bedrock weathering in the southern Sacramento Valley, California, USA. *Applied Geochemistry*, 24: 1512–152.
- Welch, P. 1948. *Limnological Methods*. The Blackiston, Philadelphia, 381 pp.
- Wetzel, R.G. 1981. *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona, 679 pp.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology. Lake and River Ecosystems*. 3rd Edition. Academic Press, San Diego, 1006 pp.
- Whited, D., S. Galatowitsch, J.R. Tester, K. Schik, R. Lehtinen y J. Husveth. 2000. The importance of local and regional factors in predicting effective conservation planning strategies for wetland bird communities in agricultural and urban landscapes. *Landsc. Urban Plann.* 49: 49–65
- WHO. World Health Organization. 1982. Rapid assessment of sources of air, water, and land pollution. *WHO Offset Publication* 62:113.
- Winter, T.C. 1999. Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. *Hydrogeology Journal*, 7:28–45.
- WWAP. World Water Assessment Program. 2009. *Water in a changing World*. Turquía. Disponible en internet: <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr>.

- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. 2<sup>nd</sup> ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Zelaya, K. y N. Maceira. 2007. Avance de la agricultura en la Cuenca Hidrológica de Mar Chiquita, región pampeana argentina. En Congreso de Teledetección, Herramientas para la gestión sostenible. Ed. Martín. ISBN: 978-987-543-127-0.

---

# ANEXOS

---

Anexo I. Parámetros físico-químicos de cada una de las muestras de agua superficial recolectadas.

a) Laguna de Los Padres

Estación	Muestra	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	OD ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Dureza ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Alcal ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Na ( $\text{mg}/\text{l}$ )	K ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Ca ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Mg ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Cl ( $\text{mg}/\text{l}$ )	HCO <sub>3</sub> ( $\text{mg}/\text{l}$ )	CO <sub>3</sub> ( $\text{mg}/\text{l}$ )	NO <sub>3</sub> ( $\text{mg}/\text{l}$ )	SO <sub>4</sub> ( $\text{mg}/\text{l}$ )	SiO <sub>2</sub> ( $\text{mg}/\text{l}$ )	PT ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Color	Turbidez (UNT)	Transp (m)
WLP001	WLP001_02oct08	8,1	476	18,7	8,5	203,4	698,2	239,6	8,5	36,1	27,1	53,4	698,2	0,0	1,0	17,0	2,6	0,07	290,0	50,4	0,4
WLP001	WLP001_07abr09	8,9	844	19,9	11,9	270,7	550,5	160,6	9,8	18,5	46,6	96,1	378	172,5	1,0	31,6	5,7	0,11	413,0	72,3	0,1
WLP001	WLP001_08may08	7,9	573	14,0	9,5	194,0	661,5	132,4	8,1	37,6	24,0	66,0	239,6	63,9	1,0	20,0	1,5	0,06	350,0	86,8	0,3
WLP001	WLP001_11dic08	8,9	718	24,1	9,1	172,8	308,8	125,0	8,2	35,0	20,4	75,4	213	95,85	1,0	21,8		0,04	39,5	14,2	0,3
WLP001	WLP001_19feb09	8,9	850	26,1	7,6	232,5	399,5	241,0	9,7	21,76	42,7	32,0	293	106,5	1,0	18,9		0,05	300,0	64,5	0,1
WLP001	WLP001_22nov07	7,8	576	22,0	4,5	252,7	594,3	912,4	4,2	30,8	42,1	78,4	594,3	0,0	1,0	33,0	42,5	0,05	323,0	76,9	0,2
WLP001	WLP001_24ene08	8,5	533	24,4	3,8	228,3	808,5	115,0	8,9	28,5	37,6	98,0	808,5	0,0	73,4	72,0	0,0	0,01	625,0	315	
WLP002	WLP002_02oct08	7,9	542	18,7	6,6	282,5	967,0	222,4	7,2	25,3	52,6	75,4	967	0,0	1,0	10,4	41,3	0,05	206,0	32,4	0,5
WLP002	WLP002_07abr09	8,6	904	19,8	11,7	212,2	436,6	172,8	5,2	18,5	39,8	128	362,1	74,5	1,0	40,9	6,6	0,09	206,0	50,5	0,1
WLP002	WLP002_08may08	7,6	713	12,1	7,6	266,0	869,7	197,5	6,7	45,8	36,3	72,2	869,7	0,0	8,2	17,2	37,5	0,08	218,0	61,0	0,6
WLP002	WLP002_11dic08	7,8	761	21,7	7,5	234,7	436,6	142,7	7,2	42,3	31,0	75,4	372,7	63,9	3,3	24,0		0,22	33,9	9,4	0,4
WLP002	WLP002_19feb09	8,3	808	28,8	6,2	232,5	399,3	241,5	7,8	43,5	29,7	32,0	346,1	53,2	1,0	23,7		0,19	470,0	80,5	0,0
WLP002	WLP002_22nov07	7,9	572	19,7	4,8	452,0	738,0	950,0	8,3	29,3	91,2	130,0	738	0,0	0,0	10,1	53,9	0,02	55,7	13,2	0,7
WLP002	WLP002_24ene08	8,0	553	22,8	3,2	239,0	992,2	127,0	6,5	21,2	44,6	82,6	992,2	0,0	74,8	37,9	63,5	0,03	440,0	246	0,2
WLP003	WLP003_02oct08	8,0	466	17,3	5,4	190,0	784,0	205,3	8,3	27,1	29,3	62,8	784	0,0	1,0	8,61	6,8	0,05	239,0	33,5	0,5
WLP003	WLP003_07abr09	8,8	913	19,8	15,0	288,3	441,9	170	8,1	17,4	58,7	131,4	324,8	117,1	1,0	27,4	3,9	0,08	64,7	28,9	0,2
WLP003	WLP003_08may08	7,9	530	14,2	7,9	210,0	735,0	169,05	6,2	36,4	28,5	75,4	223,65	85,2	1,0	11,7	3,9	0,07	172,0	42,8	0,3
WLP003	WLP003_11dic08	8,8	712	24,0	8,7	179,3	330,2	162,02	7,6	27,8	26,3	94,2	277	53,2	1,0	11,3		0,06	0,0	0,0	0,3
WLP003	WLP003_19feb09	9,1	878	28,4	9,9	189,0	314,1	254,0	9,5	30,4	21,12	166,6	186,3	127,8	0,0	8,4		0,06	284,0	65,4	0,1
WLP003	WLP003_22nov07	8,2	552	22,2	7,0	212,8	670,0	792,8	8,7	22,3	37,7	58,8	670	0,0	1,0	12,8	40,3	0,06	604,0	93,9	0,1
WLP003	WLP003_24ene08	7,6	805	24,0		190,0	792,2	96,0	9,6	22,1	32,3	116,2	792,2	0,0	1,0	15,0	5,0	0,01	577,0	860,0	
WLP004	WLP004_02oct08	8,0	461	16,8	4,4	213,5	845,2	216,7	8,5	29,0	34,0	91,1	845,2	0,0	1,0	28,8	3,2	0,07	242,0	45,7	0,5
WLP004	WLP004_07abr09	7,9	889	21,3	8,2	187,7	415,3	164,6	3,5	21,6	32,4	99,3	415,3	0,0	1,0	47,0	3,9	0,07	494,0	119,0	0,0
WLP004	WLP004_08may08	7,9	548	14,1	9,3	247,0	735,0	140,4	7,6	27,0	43,1	53,1	117,1	133,1	1,0	28,2	2,3	0,06	49,1	24,7	0,3
WLP004	WLP004_11dic08	8,5	712	23,5	8,8	215,4	410,0	195,0	7,	19,6	40,0	88,0	282,2	127,8	1,0	27,7			0,0	37,7	
WLP004	WLP004_19feb09	8,8	770	34,0	10,9	367,2	468,6	229,0	5,54	24,0	31,0	253,2	340,8	127,8	1,0	9,72		0,05	389,0	84,4	0,1
WLP004	WLP004_22nov07	8,1	524	22,7	4,7	302,0	773,0	710,6	9,3	24,4	57,8	75,2	773	0,0	1,0	9,7	39,8	0,14	496,0	107,0	0,3
WLP004	WLP004_24ene08	7,9	586	25,0	2,0	279,6	625,8	179,6	7,2	25,0	40,0	93,6	625,8	0,0	1,0	9,2	19,3	0,06	298,6	63,1	

b) Laguna La Brava

Estación	Muestra	pH	CE ( $\mu$ S/cm)	Temp ( $^{\circ}$ C)	OD (mg/l)	Dureza (mg/l)	Alcal (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	PT (mg/l)	Color	Turbidez (UNT)	Transp (m)
WLB006	WLB006_07nov07	8,9	585	17,2	4,1	212,8	594,3	130,0	5,8	20,2	38,9	95,9	424,5	169,8	2,58	2,7	5,6	0,17	249,0	48,4	0,4
WLB006	WLB006_11dic08	8,3	713	20,4	7,6	167,7	351,4	108,2	6,5	26,8	24,1	72,2	287,5	63,9	1,0	15,3		0,08	185,0	43,0	0,3
WLB006	WLB006_12feb09	8,9	832	22,3	8,8	246,3	436,6	142,0	7,9	61,0	22,5	147,4	362,1	74,5	1,0	32,0				91,7	0,2
WLB006	WLB006_18sep08	8,4	456	13,0	9,2	122,0	465,5	211,0	6,9	18,1	18,4	59,7	465,5	0,0	2,3	41,0	22,5		150,0	14,4	0,5
WLB006	WLB006_19mar09	8,5	859	20,7	5,5	170,0	452,6	162,0	5,0	19,6	29,0	93,0	410,0	42,6	0,0	20,5	39,0		292,0	71,2	0,2
WLB006	WLB006_22abr08	8,2	479	17,1	13,3	119,3	563,5	142,7	7,8	18,1	18,4	106,8	563,5	0,0	1,0	12,2	4,3		174,0	40,3	0,3
WLB006	WLB006_28feb08	8,2	701		4,8	161,0	808,5	126,4	6,5	31,6	19,7	98,0	808,5	0,0	1,0	10,2	24,6		420,0	100,0	0,0
WLB007	WLB007_14dic07	8,2	541	20,9	6,9	160,9	721,6	164,0	9,8	30,8	20,0	62,1	636,7	84,9	1,0	8,2	2,3	0,10	0,0	8,4	0,2
WLB007	WLB007_11dic08	8,6	698	21,6	8,1	162,5	335,3	88,0	6,9	25,8	23,5	81,6	218,3	117,0	1,0	10,9		0,06	185,0	34,4	0,3
WLB007	WLB007_12feb09	8,9	835	25,4	14,6	126,4	340,8	92,0	8,3	36,0	8,8	119,6	255,6	85,2	1,0	24,4		0,01		59	0,2
WLB007	WLB007_18sep08	8,5	445	13,7	9,6	118,6	346,1	165,2	7,2	15,3	19,3	56,5	282,2	63,9	1,0	9,1	3,8		152,0	45,6	0,5
WLB007	WLB007_19mar09	8,8	841	23,0	9,4	132,0	420,2	139,0	8,7	22,8	18,0	89,7	335,0	85,2	1,0	31,2	10,2	0,12	437,0	75,8	0,2
WLB007	WLB007_22abr08	8,4	349	17,7	4,7	119,3	319,45	162,0	8,1	18,1	18,4	88,0	266,2	53,2	1,0	13,0	1,2		259,0	38,8	0,0
WLB007	WLB007_28feb08	8,1	582		4,4	200,6	588	220,0	8,2	39,0	24,7	95,0	588,0	0,0	1,0	33,0	4,1		0,0	0,0	0,8
WLB008	WLB008_07nov07	8,3	590	20,5	7,1	167,6	619,6	113,0	8,8	24,4	25,5	42,5	517,8	101,8	1,0	6,0	1,6	0,11	0,0	0,0	0,2
WLB009	WLB009_07nov07	9,2	572	16,5	5,9	184,8	466,9	82,0	14,8	25,5	29,0	54,8	382,0	84,9	9,5	4,0	1,1	0,15	211,0	58,4	0,3
WLB009	WLB009_11dic08	8,6	698	21,9	8,2	153,5	346,2	141,5	6,7	24,7	22,0	81,6	282,3	63,9	1,0	13,5		0,06	165,0	37,5	0,3
WLB009	WLB009_12feb09	8,9	821	22,8	12,0	192,2	394,2	166,4	7,3	47,8	17,4	125,0	298,2	96,0	1,0	28,1				79,1	0,2
WLB009	WLB009_18sep08	8,4	445	13,5	9,4	124,3	416,5	265,8	6,6	23,5	15,7	56,5	416,5	0,0	2,2	4,1	0,6		291,0	35,0	0,7
WLB009	WLB009_19mar09	9,0	832	20,0	6,8	186,3	543,1	127,3	8,3	21,7	30,3	89,7	436,6	106,5	0,0	25,4	10,1		331,0	84,1	0,2
WLB009	WLB009_22abr08	8,3	474	17,7	6,4	125,0	575,7	142,7	7,0	18,1	19,6	75,4	575,7	0,0	1,0	3,0	1,0		235,0	43,6	0,3
WLB009	WLB009_28feb08	7,5	573			194,0	661,5	220,0	7,6	45,4	19,3	159,0	661,5	0,0	1,0	13,9	0,2		0,0	0,0	0,4

c) Arroyos

Estación	Muestra	Tipo	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	Dureza (mg/l)	Alcal (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)
SEP	SEP_11dic08	Arroyo	7,3	684	17,5	161,2	320,0	266,4	4,0	28,8	21,4	62,8	320,0	0,0	5,2	24,6	
SEP	SEP_12feb09	Arroyo	8,1	650	22,1	241,2	282,2	191,0	4,5	52,2	26,5	250,0	282,2	0,0	1,0	17,8	
SEP	SEP_19mar09	Arroyo	8,0	660	21,5	272,0	388,7	150,5	4,9	36,0	43,7	109,2	388,7	0,0	1,0	18,6	16,0
SEP	SEP_19nov08	Arroyo	7,5	640	15,3	283,8	346,1	126,4	3,2	43,3	29,7	142,0	346,1	0,0	31,3	66,4	
SOA	SOA_19nov08	Manantial	7,1	690	15,6	474,0	372,7	229,0	5,7	36,1	92,0	136,0	372,7	0,0	58,0	73,6	
SPE	SPE_19feb09	Arroyo	8,4	1080	19,1	163,0	660,3	190,0	8,7	15,2	30,0	105,7	617,7	42,6	6,2	47,3	42,8
STJ	STJ_11dic08	Arroyo	7,5	801	21,3	147,0	378,0	123,1	9,7	19,6	23,5	78,5	378,0	0,0	1,0	25,2	
STJ	STJ_18sep08	Arroyo	9,0	457	17,1	138,0	383,9	193,0	7,7	13,5	25,0	56,5	320,0	63,9	1,0	19,5	4,8
STJ	STJ_19nov08	Arroyo	7,5	730	16,1	178,0	426,0	111,0	7,8	27,8	26,0	173,0	426,0	0,0	52,2	76,8	
STJ	STJ_21nov07	Arroyo	8,1	630	20,9	194,0	551,8	163,5	9,5	14,6	37,8	71,9	551,8	0,0	1,0	4,9	2,4
STJ	STJ_22abr08	Arroyo	7,9	500	19,0	117,0	637,0	306,0	9,2	13,6	20,0	63,8	637,0	0,0	1,0	9,2	1,0
STJ	STJ_28feb08	Arroyo	8,1	656	26,1	232,0	1041,2	123,5	9,7	39,0	32,2	92,0	1041,2	0,0	1,0	31,5	3,5
SVI	SVI_12mar09	Arroyo	8,2	795	21,9	276,1	367,4	123,5	7,2	27,2	47,5	99,3	282,2	85,2	1,0	24,5	32,1
SSP	SSP_19jun09	Arroyo	8,5	655	12,0	316,0	335,4	92,0	6,9	43,4	49,8	48,1	314,1	21,3	3,7	5,0	51,1
SLV	SLV_19jun09	Manantial	7,4	465	13,1	544,0	367,4	10,0	1,1	35,5	109,0	55,0	367,4	0,0	4,4	1,0	41,8
SLP	SLP_07abr09	Arroyo	8,3	770	15,5	332,0	596,4	161,0	9,6	20,6	67,3	122,0	596,4	0,0	1,0	12,1	53,1
SLP	SLP_11dic08	Arroyo	7,9	822	19,4	214,1	340,8	123,5	7,2	49,5	21,6	100,5	308,8	32,0	1,0	15,3	
SLP	SLP_14ago09	Arroyo	8,1	815	9,4	279,3	372,6	98,6	5,2	36,7	45,0	89,7	308,6	64,0	7,2	25,0	37,8
SLP	SLP_19feb09	Arroyo	8,0	827	24,8	244,8	400,0	162,4	7,0	32,6	39,1	118,0	400,0	0,0	1,0	13,5	
SLT	SLT_11dic08	Arroyo	8,5	768	20,1	178,0	373,3	112,0	8,9	23,7	28,3	47,1	320,0	53,3	1,0	11,2	
SLT	SLT_14ago09	Arroyo	8,9	780	10,1	226,3	399,3	150,0	8,2	20,0	42,3	80,1	314,1	85,2	43,8	54,0	14,0
SLT	SLT_19feb09	Arroyo	9,0	920	26,4	189,0	436,7	273,0	5,7	21,8	32,3	153,9	372,7	64,0	3,5	10,9	

Anexo II. Parámetros físico-químicos de cada una de las muestras de agua colectadas de las lagunas a distintas profundidades.

a) Laguna de Los Padres

Estación	Muestra	Prof muestreo (m)	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	Dureza (mg/l)	Alcal (mg/l)	Na + K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Color	Turbidez (UNT)	Transp (m)
WLP007	WLP007_25nov09_0.5	0.5	8.7	859	21.8	192.0	713.0	375.4	43.8	19.8	89.7	425.0	288.0	26.5	34.0	113.0	52.5	0.3
WLP007	WLP007_25nov09_1	1	8.7	859	21.8	198.6	629.1	288.5	28.5	30.5	89.7	477.5	151.6	25.3	36.0	177.0	38.4	
WLP008	WLP008_25nov09_0.5	0.5	8.7	858	21.4	231.5	621.6	292.7	32.8	35.8	89.7	424.5	197.1	36.5	38.0	0.0	0.0	0.3
WLP008	WLP008_25nov09_1	1	8.7	858	21.2	175.4	705.0	336.3	25.2	26.9	83.3	553.4	151.6	60.3	41.0	0.0	0.0	
WLP009	WLP009_25nov09_0.5	0.5	8.7	858	21.3	241.0	705.0	316.5	31.7	38.8	103.0	523.0	182.0	22.7	34.0	83.4	43.6	0.3
WLP009	WLP009_25nov09_1	1	8.7	855	21.4													
WLP010	WLP010_25nov09_0.5	0.5	8.7	858	21.4	212.3	606.0	249.9	27.4	34.4	89.7	515.0	91.0	24.5	36.0	0.0	0.0	0.3
WLP010	WLP010_25nov09_1	1	8.7	858	21.4													
WLP011	WLP011_25nov09_0.5	0.5	9.0	854	21.2	178.0	705.0	325.4	37.2	20.4	89.7	553.4	151.6	24.1	35.0	0.0	24.5	0.3
WLP011	WLP011_25nov09_1	1	8.8	856	21.2													
WLP011	WLP011_25nov09_2	2	7.8	805	21.1													
WLP012	WLP012_25nov09_0.5	0.5	8.7	856	21.0	252.0	760.0	400.0	50.4	30.2	96.1	396.0	364.0	24.5	36.0	171.0	38.8	0.3
WLP012	WLP012_25nov09_1	1	8.7	856	20.9													
WLP013	WLP013_25nov09_0.5	0.5	8.7	855	21.0	148.3	667.0	320.9	28.5	19.0	89.7	530.6	136.4	34.5	35.0	25.2	0.0	0.3
WLP013	WLP013_25nov09_1	1	8.7	856	20.9													
WLP014	WLP014_25nov09_0.5	0.5	8.7	848	22.3	198.6	659.4	333.7	27.4	31.2	96.1	432.0	227.4	28.9	34.0	58.8	23.9	0.3
WLP015	WLP015_25nov09_0.5	0.5	8.7	857	21.4	186.3	833.7	357.9	32.8	25.0	102.5	727.6	106.1	31.7	24.0	276.0	84.3	0.3
WLP015	WLP015_25nov09_1	1	8.7	857	21.4													
WLP016	WLP016_25nov09_0.5	0.5	8.7	895	22.1	198.6	622.6	259.3	29.6	29.9	89.7	515.7	106.9	18.0	21.0	395.0	52.0	0.3
WLP016	WLP016_25nov09_1	1	8.7	894	22.0													
WLP016	WLP016_25nov09_2	2	7.6	829	21.8	222.0	613.1	243.2	22.0	40.8	89.7	507.0	106.1	18.6	20.0	111.0	28.3	
WLP017	WLP017_25nov09_0.5	0.5	8.7	855	20.9	250.7	886.9	336.7	28.4	43.1	128.2	841.4	45.5	17.4	22.0	94.6	24.5	0.3
WLP017	WLP017_25nov09_1	1	8.7	855	20.9													
WLP018	WLP018_25nov09_0.5	0.5	8.7	855	20.9	183.5	629.1	251.2	28.4	27.0	83.3	553.3	75.8	14.1	21.0	311.0	56.1	0.3
WLP018	WLP018_25nov09_1	1	8.7	856	20.9													

WLP019	WLP019_25nov09_0.5	0.5	8.8	855	21.1	182.1	629.5	274.2	27.4	27.2	89.7	508.2	121.3	16.5	20.0	123.0	25.5	0.3
WLP019	WLP019_25nov09_1	1	8.7	857	21.1													
WLP020	WLP020_25nov09_0.5	0.5	8.7	859	21.9	260.3	818.0	308.2	26.3	46.4	86.5	727.0	91.0	58.4	19.0	0.0	0.0	0.3
WLP020	WLP020_25nov09_1	1	8.7	858	21.9													
WLP021	WLP021_25nov09_0.5	0.5	8.7	856	21.4	202.0	621.4	226.4	19.7	36.6	80.1	576.0	45.4	18.0	19.0	1.5	0.0	0.3
WLP021	WLP021_25nov09_1	1	8.7	856	21.4													
WLP022	WLP022_25nov09_0.5	0.5	8.7	853	21.0	212.0	531.0	208.9	26.3	35.1	86.5	440.0	91.0	14.2	20.0	253.0	38.0	0.3
WLP022	WLP022_25nov09_1	1	8.7	855	20.9													
WLP023	WLP023_25nov09_0.5	0.5	8.6	852	20.8	191.8	660.6	276.0	28.4	29.0	89.7	553.7	106.9	19.0	19.0	99.3	21.0	0.3
WLP023	WLP023_25nov09_1	1	8.6	853	20.9													
WLP024	WLP024_25nov09_0.5	0.5	8.6	853	20.9	164.4	599.8	250.7	22.0	26.2	80.1	524.0	75.8	22.0	24.0	275.0	72.7	0.3
WLP024	WLP024_25nov09_1	1	8.6	852	20.8													
WLP025	WLP025_25nov09_0.5	0.5	8.6	846	20.5	188.0	660.0	280.4	22.0	32.0	83.3	538.0	122.0	21.5	20.0	126.0	34.4	0.3
WLP025	WLP025_25nov09_1	1	8.6	847	20.5	209.6	652.2	250.7	25.2	35.1	86.5	576.4	75.8	17.0	20.0	72.5	11.5	
WLP026	WLP026_25nov09_0.5	0.5	8.7	851	20.9	167.1	613.9	254.0	34.0	19.7	83.3	538.1	75.8	19.7	20.0	132.0	21.8	0.3
WLP026	WLP026_25nov09_1	1	8.7	852	20.9													
WLP027	WLP027_25nov09_0.5	0.5	8.7	859	21.7	259.0	643.4	211.5	25.2	47.0	89.7	598.0	45.4	11.3	16.0	0.0	4.1	0.3
WLP027	WLP027_25nov09_1	1	8.7	859	21.7													
WLP028	WLP028_25nov09_0.5	0.5	8.0	818	25.5	205.5	652.6	235.8	23.0	35.2	77.0	592.0	60.6	8.6	14.0	33.4	25.3	0.1
WLP029	WLP029_25nov09_0.5	0.5	8.7	856	23.5	234.2	644.1	247.1	30.6	37.8	86.5	538.0	106.1	11.7	21.0	0.0	0.0	0.3
WLP030	WLP030_25nov09_0.5	0.5	8.6	852	25.2	187.9	697.4	276.1	20.8	36.6	89.7	606.4	91.0	12.6	19.0	86.4	23.7	0.1
WLP031	WLP031_25nov09_0.5	0.5	8.7	855	22.7	167.1	667.4	266.0	25.2	24.9	83.3	606.8	60.6	12.9	19.0	263.0	54.7	0.3
WLP032	WLP032_25nov09_0.5	0.5	8.8	860	24.8	244.0	689.8	250.7	18.9	47.4	89.7	614.0	75.8	16.2	20.0	0.0	0.0	0.3
WLP033	WLP033_25nov09_0.5	0.5	8.4	856	25.4	206.8	630.0	206.4	22.0	36.4	83.3	630.0	0.0	6.2	15.0	230.0	55.4	0.2
WLP034	WLP034_25nov09_0.5	0.5	8.6	858	25.0	215.1	682.6	225.1	22.0	38.4	48.1	622.0	60.6	7.8	18.0	0.0	0.0	0.2
WLP035	WLP035_25nov09_0.5	0.5	8.6	846	20.4	210.0	591.3	203.6	28.5	33.3	80.1	561.0	30.3	22.0	13.0	0.0	0.0	0.3

b) Laguna La Brava

Estación	Muestra	Prof muestreo (m)	pH	CE (µS/cm)	Temp (°C)	Dureza (mg/l)	Alcal (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Color	Turbidez (UNT)	
WLB010	WLB010_19nov08_0.5	0,5	9,3	656	19,9															
WLB010	WLB010_19nov08_1	1	9,3	655	19,2	296,7	849,7	168,0	10,9	30,0	53,2	81,6	759,5	122,5	13,5	13,4	0,05	0,0	6,4	
WLB011	WLB011_19nov08_0.5	0,5	9,3	655	19,6															
WLB011	WLB011_19nov08_1	1	9,2	655	19,3	322,5	913,9	118,7	8,2	26,8	63,1	94,2	563,5	98,0	14,1	14,0	0,03	130,0	0,0	
WLB012	WLB012_19nov08_0.5	0,5	9,2	658	20,2															
WLB012	WLB012_19nov08_1	1	9,2	658	20,1	287,6	902,2			26,8	54,3	78,5	490,0	122,5	16,6	15,0	0,08	75,0	5,2	
WLB013	WLB013_19nov08_0.5	0,5	9,3	655	19,3															
WLB013	WLB013_19nov08_1	1	9,3	655	19,2	250,2	947,6	168,0	5,9	33,0	40,2	119,3	600,2	171,1	12,3	20,3	0,08	84,7	15,9	
WLB013	WLB013_19nov08_2	2	9,3	655	19,2															
WLB013	WLB013_19nov08_3	3	8,6	655	19,2	230,0	929,1	133,0	4,0	25,8	46,7	128,8	551,2	171,5	30,7	18,0	0,07	126,0	22,0	
WLB014	WLB014_19nov08_0.5	0,5	9,3	655	19,5															
WLB014	WLB014_19nov08_1	1	9,3	654	19,0	264,4	844,5	260,0	5,3	27,8	46,7	116,2	673,7	122,5	16,6	13,7	0,05	181,0	0,0	
WLB015	WLB015_19nov08_0.5	0,5	9,2	655	19,2															
WLB015	WLB015_19nov08_1	1	9,2	654	19,2	193,5	852,0	143,3	8,1	27,8	29,8	106,8	796,2	122,5		16,2	0,00	0,0	12,2	
WLB015	WLB015_19nov08_2	2	9,2	655	19,2															
WLB015	WLB015_19nov08_3	3	9,2	655	19,1															
WLB016	WLB016_19nov08_0.5	0,5	9,2	655	19,5															
WLB016	WLB016_19nov08_1	1	9,2	655	19,5	206,4	851,0	230,0	2,9	25,8	34,0	100,5	735,0	147,0	1,0	20,0	0,08	85,3	16,2	
WLB016	WLB016_19nov08_2	2	9,2	656	19,4															
WLB016	WLB016_19nov08_3	3	9,2	656	19,4															
WLB017	WLB017_19nov08_0.5	0,5	9,2	631	19,5															
WLB017	WLB017_19nov08_1	1	9,2	654	19,4	193,5	786,1	106,5	4,9	33,0	26,6	113,1	477,7	122,5	4,2	23,0	0,08	97,1	23,6	
WLB017	WLB017_19nov08_2	2	9,2	655	19,4															
WLB017	WLB017_19nov08_3	3	9,2	652	19,4	265,7	910,7	112,0	4,0	36,1	42,0	100,5	514,5	122,5	8,3	24,2	0,10	120,0	22,2	
WLB018	WLB018_19nov08_0.5	0,5	9,3	654	19,1															
WLB018	WLB018_19nov08_1	1	9,3	654	19,1	279,9	862,0	173,5	6,7	52,6	36,2	88,0	857,5	147,0	17,3	9,8	0,08	136,0	27,5	
WLB018	WLB018_19nov08_2	2	9,3	654	19,1	261,8	937,0	200,0	5,2	55,7	29,4	94,2	563,5	171,5	27,0	2,2	0,00	0,0	0,0	
WLB019	WLB019_19nov08_0.5	0,5	9,3	654	19,2															

WLB019	WLB019_19nov08_1	1	9,3	654	19,2	206,4	427,7	240,0	10,0	20,6	37,1	56,5	261,0	63,9	47,0	33,5	0,19	337,0	82,2
WLB019	WLB019_19nov08_2	2	9,3	654	19,2														
WLB019	WLB019_19nov08_3	3	9,3	655	19,2														
WLB019	WLB019_19nov08_4	4	8,6	622	19,2														
WLB020	WLB020_19nov08_0.5	0,5	9,2	618	19,5														
WLB020	WLB020_19nov08_1	1	9,2	657	19,5	193,5	462,2	125,0	6,1	31,0	27,8	75,4	308,8	53,2	33,0	44,8	0,10	154,0	55,7
WLB020	WLB020_19nov08_2	2	9,2	657	19,5														
WLB020	WLB020_19nov08_3	3	9,2	657	19,5														
WLB021	WLB021_19nov08_0.5	0,5	9,3	655	19,5														
WLB021	WLB021_19nov08_1	1	9,3	655	19,5	174,1	434,7	168,0	7,0	25,8	26,3	103,6	261,0	63,9	39,4	27,1	0,31	343,0	79,5
WLB021	WLB021_19nov08_2	2	9,3	574	19,5														
WLB021	WLB021_19nov08_3	3	8,5	565	19,5														
WLB022	WLB022_19nov08_0.5	0,5	9,3	652	18,9														
WLB022	WLB022_19nov08_1	1	9,2	652	18,9	142,0	440,6	262,5	4,7	27,8	17,4	63,0	250,2	85,2	39,7	19,3	0,13	93,5	48,2
WLB022	WLB022_19nov08_3	3	9,2	654	18,9	193,5	538,6	131,0	6,1	31,0	27,8	75,4	341,0	63,9	23,2	29,1	0,22	394,0	108,0
WLB023	WLB023_19nov08_0.5	0,5	9,2	657	19,0														
WLB023	WLB023_19nov08_1	1	9,2	657	19,0	180,6	423,0	153,0	5,6	42,0	18,1	100,5	277,0	42,6	34,4	74,5	0,18	259,0	78,0
WLB023	WLB023_19nov08_2	2	9,2	656	18,9														
WLB023	WLB023_19nov08_3	3	9,2	656	19,0														
WLB024	WLB024_19nov08_0.5	0,5	9,3	654	19,0														
WLB024	WLB024_19nov08_1	1	9,2	655	19,0	189,6	559,9	265,0	7,4	28,8	28,2	78,5	309,0	53,2	34,7	29,0	0,08	922,0	100,0
WLB024	WLB024_19nov08_2	2	9,2	654	19,0	162,5	450,6	194,0	6,4	32,0	19,8	107,0	299,0	42,6	37,6	25,6	0,08	149,0	84,9
WLB025	WLB025_19nov08_0.5	0,5	9,3	656	18,9														
WLB025	WLB025_19nov08_1	1	9,3	656	18,9	209,0	861,0	260,0	3,9	28,9	32,9	91,1	415,3	63,9	29,1	33,7	0,09	413,0	95,1
WLB025	WLB025_19nov08_2	2	9,3	656	18,8														
WLB025	WLB025_19nov08_3	3	9,1	655	18,8														
WLB025	WLB025_19nov08_4	4	8,5	621	18,8	161,2	459,7	182,6	7,0	30,0	20,6	72,2	299,0	53,2	26,6	27,5	0,09	334,0	86,0
WLB026	WLB026_19nov08_0.5	0,5	9,2	654	19,0														
WLB026	WLB026_19nov08_1	1	9,2	654	19,0	149,6	437,0	268,2	7,0	34,0	15,5	103,6	266,2	63,9	23,2	16,8	0,13	204,0	49,8
WLB027	WLB027_19nov08_0.5	0,5	9,3	653	18,4														
WLB027	WLB027_19nov08_1	1	9,3	653	18,4	215,4	440,6	188,1	6,7	20,6	39,3	81,7	271,5	63,9	36,6	22,0	0,26	390,0	69,8
WLB028	WLB028_19nov08_0.5	0,5	9,2	656	18,7														

WLB028	WLB028_19nov08_1	1	9,2	656	18,7	180,6	391,2	245,0	10,0	19,6	31,5	63,0	239,6	53,3	16,6	11,6	0,04	258,0	69,1
WLB028	WLB028_19nov08_2	2	9,2	656	18,7														
WLB028	WLB028_19nov08_3	3	9,2	656	18,7														
WLB029	WLB029_19nov08_0.5	0,5	9,2	658	18,9														
WLB029	WLB029_19nov08_1	1	9,2	658	18,9	176,7	353,5	159,5	7,2	43,3	16,4	113,1	223,6	53,3	28,2	37,6	0,07	221,0	55,4
WLB029	WLB029_19nov08_2	2	9,2	658	18,9														
WLB029	WLB029_19nov08_3	3	9,2	657	18,9														
WLB030	WLB030_19nov08_0.5	0,5	9,1	654	18,6														
WLB030	WLB030_19nov08_1	1	9,0	654	18,6	178,0	768,0	271,0	7,0	25,8	27,2	56,5	468,6	42,6	45,6	31,0		241,0	82,2
WLB030	WLB030_19nov08_2	2	8,9	654	18,6														
WLB030	WLB030_19nov08_2.8	3	8,9	654	18,6														
WLB031	WLB031_19nov08_0.5	0,5	9,2	654	18,7														
WLB031	WLB031_19nov08_1	1	9,2	655	18,7	172,8	838,3	216,7	8,0	27,8	24,8	94,2	415,3	53,3	30,7	33,0	0,06	389,0	79,5
WLB031	WLB031_19nov08_2	2	9,2	655	18,7														
WLB032	WLB032_19nov08_0.5	0,5	9,2	650	18,7														
WLB032	WLB032_19nov08_1	1	9,1	654	18,7	152,2	392,5	215,7	6,2	19,6	24,7	69,1	239,6	53,3	38,5	77,6	0,00	439,0	86,0
WLB032	WLB032_19nov08_2	2	9,1	654	18,7	176,7	458,5	142,3	7,0	45,4	15,1	84,8	292,8	53,3	42,8	51,0	0,03	92,7	52,3
WLB033	WLB033_19nov08_0.5	0,5	9,1	653	18,3														
WLB033	WLB033_19nov08_1	1	9,1	653	18,3	161,2	475,5	136,3	7,0	38,1	15,8	59,7	319,5	42,6	21,0	28,0		235,0	56,7
WLB033	WLB033_19nov08_1.7	2	9,1	653	18,31	149,6	572,7	265,4	8,0	30,0	18,0	103,6	362,1	53,3	18,2	21,6	0,03	250,0	63,9
WLB034	WLB034_19nov08_0.5	0,5	9,1	657	18,6														
WLB034	WLB034_19nov08_1	1	9,1	658	18,7	138,0	492,6	251,0	7,0	40,2	9,0	72,2	287,5	85,2	45,3	23,6	0,05	260,0	65,2
WLB034	WLB034_19nov08_2	2	9,0	657	18,8														
WLB035	WLB035_19nov08_0.5	0,5	9,0	655	18,6														
WLB035	WLB035_19nov08_1	1	9,0	656	18,6	184,1	622,5	216,0	7,0	32,0	25,1	88,0	340,8	53,3	47,0	32,3	0,08	418,0	78,0
WLB035	WLB035_19nov08_2	2	9,0	656	18,7														
WLB036	WLB036_19nov08_0.5	0,5	9,3	655	19,1														
WLB036	WLB036_19nov08_1	1	9,3	655	19,1	147,1	483,4	245,0	7,0	39,2	11,8	88,0	314,1	53,3	56,3	20,7	0,08	123,0	72,8
WLB036	WLB036_19nov08_2	2	9,3	655	19,1														
WLB036	WLB036_19nov08_3	3	9,3	655	19,1														
WLB036	WLB036_19nov08_4	4	8,6	627	19,0														

Anexo III. Parámetros físico-químicos de cada una de las muestras de agua subterránea colectadas.

Estación	Muestra	Tipo	pH	CE (uS/cm)	Temp (°C)	Dureza (mg/l)	Alcal (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	F (mg/l)
G500	G500_22may08	Agua Subterránea	7,5	460	15,4	244,0	833,0	137,5	7,0	38,1	35,7	78,5	833,0	0,0	8,7	19,5	52,7	0,9
G501	G501_22may08	Agua Subterránea	8,2	500	15,0	93,1	759,5	296,3	3,1	15,4	13,1	135,1	759,5	0,0	16,4	3,2	67,2	2,6
G502	G502_22may08	Agua Subterránea	7,9	490	14,4	220,0	759,5	131,5	6,3	31,0	34,2	107,0	759,5	0,0	1,0	3,9	66,0	0,0
G503	G503_22may08	Agua Subterránea	8,1	572	14,4	153,3	722,7	218,0	6,7	16,3	27,0	110,0	722,7	0,0	25,0	8,0	65,0	2,9
G504	G504_22may08	Agua Subterránea	8,2	691	16,1	58,0	967,7	193,0	4,6	4,5	112,0	107,0	967,7	0,0	19,7	4,2	57,0	0,0
G505	G505_22may08	Agua Subterránea	8,3	689	15,3	71,5	967,7	276,7	3,9	5,5	14,0	113,0	457,9	95,8	23,0	10,0	66,0	0,0
G506	G506_22may08	Agua Subterránea	7,7	443	15,2	85,2	735,0	156,0	5,2	15,4	11,3	91,1	735,0	0,0	31,2	9,4	68,6	2,4
G507	G507_17jul08	Agua Subterránea	7,7	328	13,5	368,0	453,2	32,0	8,4	28,0	71,5	28,2	453,2	0,0	65,6	20,8	29,3	0,7
G508	G508_17jul08	Agua Subterránea	8,3	453	15,2	53,1	747,2	245,0	6,4	32,5	3,0	53,4	747,2	0,0	1,0	33,6	35,0	2,2
G509	G509_17jul08	Agua Subterránea	8,5	455	16,0	57,2	500,5	197,0	3,9	14,4	5,1	63,0	372,7	127,8	0,0	21,0	30,0	0,0
G510	G510_17jul08	Agua Subterránea	7,9	417	15,9	263,2	650,0	191,1	5,2	22,6	49,6	63,0	650,0	0,0	60,0	30,8	21,0	1,8
G511	G511_17jul08	Agua Subterránea	8,3	582	15,0	116,4	702,8	227,0	5,6	13,5	19,8	56,5	500,5	202,3	1,0	15,6	32,0	0,0
G512	G512_22ago08	Agua Subterránea	8,1	583	15,2	135,6	882,0	227,0	7,7	13,5	26,1	56,5	882,0	0,0	1,0	35,5	25,4	2,2
G513	G513_22ago08	Agua Subterránea	7,3	690	16,1	237,4	894,2	365,3	6,0	25,1	42,0	63,0	894,2	0,0	130,8	33,5	63,5	1,5
G514	G514_22ago08	Agua Subterránea	6,9	412	14,6	534,8	441,0	49,0	7,7	82,3	79,0	72,2	441,0	0,0	87,1	14,1	41,8	2,0
G515	G515_22ago08	Agua Subterránea	7,2	474	13,8	612,0	771,7	102,2	8,6	43,4	121,0	72,2	771,7	0,0	18,5	24,1	45,3	2,1
G516	G516_22ago08	Agua Subterránea	7,1	605	12,2	896,6	367,5	68,1	10,2	61,7	185,0	103,6	367,5	0,0	33,0	39,8	49,6	1,9
G522	G522_19nov08	Agua Subterránea	7,7	890	16,8	232,2	564,0	282,0	5,0	22,7	42,1	173,0	564,0	0,0	119,0	48,3		
G524	G524_19nov08	Agua Subterránea	7,9	1110	16,6	281,2	527,3	306,0	3,5	5,2	64,4	144,0	474,0	53,3	46,4	15,3		
G527	G527_19nov08	Agua Subterránea	8,2	800	17,0	198,6	649,7	248,0	4,0	10,3	41,4	120,0	596,4	53,3	95,7	19,0		
G531	G531_23oct08	Agua Subterránea	7,6	1166	15,8	952,6	536,0	136,6	4,3	36,0	207,0	85,0	536,0	0,0	153,0	75,5		0,3
G532	G532_19nov08	Agua Subterránea	8,0	830	16,3	187,0	293,3	291,0	2,3	8,3	40,0	150,0	240,0	53,3	18,8	39,4		
G533	G533_20nov08	Agua Subterránea	7,0	725	17,0	495,3	346,1	56,0	7,1	96,0	61,2	128,8	346,1	0,0	81,4	33,2		1,6
G534	G534_20nov08	Agua Subterránea	7,0	850	16,5	499,2	400,0	106,4	3,6	52,6	88,2	125,6	400,0	0,0	57,7	20,7		5,8
G537	G537_20nov08	Agua Subterránea	7,5	970	17,1	445,0	548,0	241,0	5,5	43,3	80,8	125,6	548,0	0,0	25,4	30,8		1,9
G538	G538_20nov08	Agua Subterránea	7,3	840	15,7	210,2	538,0	75,7	7,4	59,8	14,5	81,6	538,0	0,0	<1	33,3		2,3
G539	G539_20nov08	Agua Subterránea	8,0	820	16,6	454,0	436,0	357,6	4,9	13,4	101,0	94,2	436,0	0,0	70,7	24,1		5,8
G540	G540_20nov08	Agua Subterránea	7,3	740	16,1	37,0	506,0	112,0	5,9	53,6	56,6	94,2	506,0	0,0	76,4	29,1		2,0

G541	G541_19nov08	Agua Subterránea	7,3	710	15,7	309,6	330,0	148,3	9,4	41,2	49,5	91,1	330,0	0,0	13,4	31,2		1,7
G542	G542_25feb09	Agua Subterránea	7,4	570	0,0	404,0	234,3	21,4	7,3	49,0	67,5	86,5	234,3	0,0	12,6	21,9	74,3	0,8
G543	G543_25feb09	Agua Subterránea	7,1	1020	17,3	721,0	415,3	47,8	9,7	26,4	14,6	99,3	415,3	0,0	39,5	48,5	55,2	0,2
G544	G544_25feb09	Agua Subterránea	7,4	627	16,1	462,0	319,5	31,0	8,0	49,0	81,4	67,3	319,5	0,0	18,2	17,6	26,8	0,8
G545	G545_25feb09	Agua Subterránea	7,4	750	17,1	544,0	372,7	27,5	9,2	34,8	109,6	51,3	372,7	0,0	15,1	15,5	44,5	1,0
G546	G546_25feb09	Agua Subterránea	7,4	770	18,1	469,2	356,7	58,1	7,5	68,0	71,7	67,3	356,7	0,0	13,0	9,6	29,6	1,0
G547	G547_25feb09	Agua Subterránea	7,7	802	17,5	220,3	287,5	140,0	6,6	21,7	39,8	73,7	287,5	0,0	8,4	50,2	70,1	1,3
G548	G548_25feb09	Agua Subterránea	7,5	741	17,1	417,5	650,0	29,5	8,0	43,5	74,1	70,5	650,0	0,0	35,3			
G550	G550_12mar09	Agua Subterránea	8,5	730	17,2	108,8	346,1	277,0	3,5	9,8	20,3	77,0	314,1	32,0	1,0	17,3	35,8	0,9
G551	G551_12mar09	Agua Subterránea	8,0	806	17,1	185,0	320,0	184,7	4,6	17,4	34,0	89,7	320,0	0,0	2,1	23,5	37,4	0,7
G552	G552_12mar09	Agua Subterránea	6,8	502	17,4	387,6	277,0	38,4	2,8	16,3	83,2	86,5	277,0	0,0	15,1	20,3	48,3	0,7
G553	G553_12mar09	Agua Subterránea	7,9	710	17,0	210,8	372,7	197,3	4,1	16,3	40,8	80,1	372,7	0,0	4,6	8,9	41,2	0,2
G554	G554_12mar09	Agua Subterránea	8,6	1022	19,8	100,6	505,9	398,0	2,8	7,6	19,6	99,3	452,6	53,3	2,1	9,3	62,7	1,6
G555	G555_12mar09	Agua Subterránea	7,9	760	18,0	190,0	400,0	197,3	5,4	15,2	36,5	70,5	400,0	0,0	5,4	10,6	46,5	0,3
G559	G559_14abr09	Agua Subterránea	7,6	950	16,1	303,1	601,7	254,0	8,7	22,8	59,0	96,2	601,7	0,0	5,3	11,3	74,3	2,4
G560	G560_14abr09	Agua Subterránea	7,3	740	15,7	620,0	383,4	21,5	6,7	34,3	128,0	67,3	383,4	0,0	14,5	31,0	74,0	1,2
G561	G561_14abr09	Agua Subterránea	7,6	650	15,6	389,0	447,3	76,8	6,2	22,8	79,6	64,1	447,3	0,0	18,3	15,0	65,4	0,5
G562	G562_14abr09	Agua Subterránea	7,8	597	18,2	696,4	671,0	46,8	6,1	32,0	148,0	67,3	671,0	0,0	1,0	20,3	62,3	2,3
G563	G563_14abr09	Agua Subterránea	7,7	730	15,2	555,0	511,2	76,8	7,0	29,7	115,0	64,1	511,2	0,0	11,4	25,2	48,0	3,4
G565	G565_21may09	Agua Subterránea	7,8	855	16,3	58,6	479,3	218,0	7,3	11,4	7,2	80,1	426,0	53,3	70,5	4,9	23,4	2,4
G567	G567_21may09	Agua Subterránea	8,1	760	15,7	147,0	532,3	191,7	6,3	11,4	28,4	70,5	479,0	53,3	2,0	5,2	19,7	2,6
G568	G568_21may09	Agua Subterránea	8,3	740	16,1	164,6	453,3	96,8	10,3	9,2	34,0	86,5	400,0	53,3	4,8	4,0	93,3	1,9
G569	G569_21may09	Agua Subterránea	8,2	820	15,8	73,5	426,0	154,0	7,6	13,7	9,4	77,0	372,7	53,3	1,1	4,7	17,0	2,1
G570	G570_21may09	Agua Subterránea	7,5	670	16,0	441,0	388,0	41,3	5,3	95,0	48,8	47,4	388,0	0,0	3,6	5,2	41,0	0,6
G571	G571_21may09	Agua Subterránea	7,6	786	17,7	548,3	452,6	55,4	8,5	40,0	108,0	99,3	452,6	0,0	1,2	8,1	36,0	1,0
G572	G572_21may09	Agua Subterránea	8,3	850	16,5	138,7	516,3	150,0	4,9	9,2	32,6	77,0	463,0	53,3	1,4	18,2	32,0	2,1
G573	G573_21may09	Agua Subterránea	7,5	1440	15,5	735,0	479,2	96,7	14,8	30,8	158,0	185,9	479,2	0,0	122,5	60,1	32,6	1,5
G575	G575_21may09	Agua Subterránea	7,7	630	15,8	50,1	367,4	132,0	4,8	13,7	3,8	57,7	367,4	0,0	1,9	6,2	65,3	1,2
G576	G576_19jun09	Agua Subterránea	8,5	920	14,5	175,0	468,6	105,0	11,0	17,2	31,6	48,1	426,0	42,6	19,0	2,0	40,0	2,5
G579	G579_19jun09	Agua Subterránea	7,9	900	16,6	295,0	442,0	18,0	1,25	32,1	51,6	41,6	442,0	0,0	6,9	1,0	41,8	1,44
G581	G581_19jun09	Agua Subterránea	8,8	680	15,5	162,0	522,0	171,0	2,2	34,3	18,3	67,3	490,0	32,0	4,5	2,0	34,8	2,2
G582	G582_19jun09	Agua Subterránea	8,1	503	16,2	213,1	548,5	145,0	3,3	14,8	42,2	80,1	495,2	53,3	12,4	1,0	11,6	2,2

G583	G583_30sep09	Agua Subterránea	7,7	1420	15,2	784,0	585,7			85,8	137,0	141,0	585,7	0,0	1,0	65,0	55,0	1,7
G584	G584_30sep09	Agua Subterránea	7,6	740	15,5	825,0	458,0			50,2	167,0	89,7	458,0	0,0	1,0	18,0	62,0	1,5
G402	G403_23OCT07	Agua Subterránea	7,2	620	26,2	545,0	535,0	34,7	6,4	62,8	93,1	65,1	535,0	0,0	54,4	10,9	63,0	1,9
G404	G404_23OCT07	Agua Subterránea	7,1	1484	16,4	118,0	806,5	376,5	10,5	20,0	16,3	37,6	806,5	0,0	4,2	3,8	26,1	0,1
G405	G405_23OCT07	Agua Subterránea	7,3	630	17,3	436,2	534,8	43,3	8,4	42,0	79,4	82,2	534,8	0,0	63,2	19,2	71,4	0,8
G422	G422_06nov07	Agua Subterránea	7,5	720	15,9	460,0	688,0	42,7	8,1	40,4	86,1	54,8	688,0	0,0	11,3	13,8	30,0	0,0
G423	G423_06nov07	Agua Subterránea	7,3	840	17,8	516,0	680,0	112,0	4,8	34,0	103,4	164,4	680,0	0,0	18,7	31,7	40,0	1,0

Anexo IV. Contenido de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  de las muestras de agua de las lagunas, arroyos, manantial y agua subterránea.

Estación	Muestra	Tipo	$^{18}\text{O}$	$^2\text{H}$
G522	G522_19nov08	Subterránea	-5.35	-28.31
G524	G524_19nov08	Subterránea	-4.93	-27.42
G527	G527_19nov08	Subterránea	-6.00	-33.43
G532	G532_19nov08	Subterránea	-5.29	-28.99
G540	G540_20nov08	Subterránea	-3.26	-17.62
G559	G559_14abr09	Subterránea	-3.20	-16.72
G560	G560_14abr09	Subterránea	-5.60	-28.40
G561	G561_14abr09	Subterránea	-5.69	-30.37
G562	G562_14abr09	Subterránea	-5.38	-29.77
G563	G563_14abr09	Subterránea	-5.05	-28.08
G565	G565_21may09	Subterránea	-0.35	-1.92
G567	G567_21may09	Subterránea	-5.32	-28.55
G568	G568_21may09	Subterránea	-5.39	-29.83
G569	G569_21may09	Subterránea	-5.61	-30.31
G570	G570_21may09	Subterránea	-5.40	-29.76
G571	G571_21may09	Subterránea	-5.67	-31.09
G572	G572_21may09	Subterránea	-5.53	-28.08
G573	G573_21may09	Subterránea	-5.34	-28.60
G575	G575_21may09	Subterránea	-2.79	-14.74
G576	G576_19jun09	Subterránea	-5.34	-28.85
G579	G579_19jun09	Subterránea	-5.72	-31.90
G581	G581_19jun09	Subterránea	-5.55	-27.90
G582	G582_19jun09	Subterránea	-5.26	-29.53
G583	G583_30sep09	Subterránea	-5.11	-27.88
G584	G584_30sep09	Subterránea	-5.65	-29.81

Estación	Muestra	Tipo	$^{18}\text{O}$	$^2\text{H}$
SEP	SEP_19nov08	Arroyos	-5.52	-29.43
SLP	SLP_12dic08	Arroyos	-5.13	-29.77
SLP	SLP_14ago09	Arroyos	-4.94	-27.41
SLT	SLT_11dic08	Arroyos	-3.76	-26.33
SOA	SOA_19nov08	Manantial	-5.57	-29.88
STJ	STJ_19nov08	Arroyos	0.28	3.72
WLB013_1m	WLB013_1m_19nov08	Humedal	-0.53	1.53
WLB013_3m	WLB013_3m_19nov08	Humedal	-0.48	2.06
WLB017_1m	WLB017_1m_19nov08	Humedal	0.21	2.74
WLB017_3m	WLB017_3m_19nov08	Humedal	0.04	3.68
WLB018_1m	WLB018_1m_19nov08	Humedal	0.10	3.17
WLB018_3m	WLB018_3m_19nov08	Humedal	0.01	3.33
WLB022_1m	WLB022_1m_19nov08	Humedal	-0.25	1.96
WLB022_3m	WLB022_3m_19nov08	Humedal	-0.17	1.58
WLB024_1m	WLB024_1m_19nov08	Humedal	-0.01	1.90
WLB024_3m	WLB024_3m_19nov08	Humedal	-0.14	1.85
WLB025_1m	WLB025_1m_19nov08	Humedal	0.00	3.42
WLB025_3m	WLB025_3m_19nov08	Humedal	-0.19	2.86
WLB032_1m	WLB032_1m_19nov08	Humedal	0.20	2.87
WLB032_3m	WLB032_3m_19nov08	Humedal	0.13	3.46
WLB033_1m	WLB033_1m_19nov08	Humedal	0.10	2.59
WLB033_3m	WLB033_3m_19nov08	Humedal	0.25	3.26
WLB035_1m	WLB035_1m_19nov08	Humedal	-0.15	2.32
WLB035_3m	WLB035_3m_19nov08	Humedal	-0.01	2.71
WLP003_05m	WLP003_05m_25nov09	Humedal	-2.69	-14.67
WLP008_05m	WLP008_05m_25nov09	Humedal	-1.33	-8.97
WLP008_1m	WLP008_1m_25nov09	Humedal	-1.43	-11.89
WLP008_2m	WLP008_2m_25nov09	Humedal	-1.55	-14.56
WLP014_1m	WLP014_1m_25nov09	Humedal	-1.27	-11.20
WLP016_1m	WLP016_1m_25nov09	Humedal	-1.63	-8.19

WLP016_2m	WLP016_2m_25nov09	Humedal	-1.15	-8.30
WLP025_05m	WLP025_05m_25nov09	Humedal	-1.36	-11.31
WLP025_2m	WLP025_2m_25nov09	Humedal	-1.21	-9.80
WLP031_1m	WLP031_1m_25nov09	Humedal	-1.47	-9.30
WLP033_05m	WLP033_05m_25nov09	Humedal	-0.74	-8.73
WLP034_05m	WLP034_05m_25nov09	Humedal	-0.91	-8.03

Anexo V. Formato de las encuestas realizadas a los distintos actores sociales vinculados a las lagunas La Brava y de Los Padres.

## Encuesta para relevar los actores sociales vinculados a las lagunas pampeanas

**Objetivo:** obtener información acerca de los actores involucrados en el área, sus puntos de vista e intereses.

Por favor, conteste la siguiente encuesta. En caso de que la pregunta tenga más de una opción, marque la que corresponda. La información que Ud. proporcione es confidencial. Su uso será exclusivamente con fines académicos.

Fecha:

### 1. Datos generales

a) Nombre y Apellido (si lo desea):

b) Edad:

c) Residencia:

- habita permanentemente en el área de la laguna o alrededores
- habita temporalmente
- no reside, vive en otro lugar


d) Si reside en la zona de la laguna, indique:

- ¿Desde hace cuánto tiempo?
- Composición de su núcleo familiar


e) ¿Trabaja en la laguna o en su área de influencia?

**Si No Ns/Nc**

f) Tipo de ocupación que desempeña:

- pequeño productor agrícola predominantemente para el autoconsumo
- productor agrícola predominantemente para el mercado
- actividad no agrícola (por favor especifique):


.....

### 2. Percepción de la laguna en su entorno

a) ¿Ud. hace uso recreativo del espejo de agua? (esparcimiento)

**Si No Ns/Nc**

b) ¿La laguna le provee su fuente de trabajo? (uso comercial)

c) ¿Existe algún uso de la laguna que lo perjudica en su actividad?  
¿Cuál?

.....

d) ¿Un eventual deterioro o fenómeno de contaminación del espejo de agua, **Si No Ns/Nc**  
afectaría la actividad que Ud. lleva a cabo?

e) ¿Cuál piensa Ud. que es el principal responsable que controla el uso de la laguna?

.....

f) ¿Está de acuerdo con quién es el responsable? **Si No Ns/Nc**

¿En ese caso, cuál elegiría?

- Provincia
- Municipio
- Sociedad de vecinos
- Club de pesca
- ONG
- Otros

g) Ud. considera que la función principal de la laguna es:  
(Enumérelas de 1 a 5 en orden de importancia)

- Brindar un lugar de recreo
- Sostener el ecosistema local
- Permitir la explotación económica
- Recibir y diluir residuos de las distintas actividades de la zona
- Ser receptora del agua subterránea del área

h) Defina en pocas palabras a la laguna:

.....

.....

i) ¿Detectó alguna variación en la laguna en los años que ha residido en la **Si No Ns/Nc**  
zona? (en relación a juncuales, nivel del agua, fauna, vegetación circundante,     
etc.)

¿Cuál?

.....

3. Visión con respecto a los demás actores involucrados

a) De acuerdo a su opinión, ¿Cuál es la actividad que produce el mayor impacto negativo en la laguna?

.....

b) ¿Su actividad puede ser negativa para la laguna?  
¿En qué casos?

**Si**   **No**   **Ns/Nc**

.....

c) ¿Cuál es la medida más urgente que Ud. tomaría referida al uso de la laguna?

.....

d) ¿Qué rescataría como positivo del actual funcionamiento de la laguna y su entorno?

.....

4. Interés en implementar un nuevo status legal del uso del espejo de agua

a) ¿Le parece necesario restringir o controlar en mayor medida el uso de la laguna?

**Si**   **No**   **Ns/Nc**

b) ¿Conoce cuál es la legislación vigente que regula el uso del cuerpo de agua?  
¿Cuál?

.....

c) ¿Participaría de un debate con otros vecinos, el municipio y autoridades provinciales, etc., referido a la modificación de las normas que actualmente regulan el uso de la laguna?

**Si**   **No**   **Ns/Nc**

d) A su criterio, ¿Quiénes deberían participar en el debate?  
(enumérelos de 1 a 6 en orden de importancia)

- Autoridades provinciales
- Municipio
- Universidad
- ONGs
- Vecinos
- Director de escuela

- |   | <b>Si</b>                | <b>No</b>                | <b>Ns/Nc</b>             |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| e) ¿Conoce si hubo alguna reunión vecinal referida al uso de la laguna en los últimos años? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ¿Ud. participó de la misma?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. Percepción acerca de la relación costo-beneficio del actual modo de explotación de la laguna

- a) Ud. piensa que el actual modo de uso de la laguna es:
- |  |                          |
|--|--------------------------|
| -perjudicial para la laguna pero beneficioso para los habitantes del lugar | <input type="checkbox"/> |
| -perjudicial para los residentes pero beneficioso para la laguna           | <input type="checkbox"/> |
| -perjudicial para ambos  | <input type="checkbox"/> |
| -beneficioso para ambos  | <input type="checkbox"/> |
- 
- |  | <b>Si</b>                | <b>No</b>                | <b>Ns/Nc</b>             |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| b) ¿Considera apropiado promocionar el uso de la laguna para que exista una mayor afluencia de visitantes? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) ¿Actualmente existe un equilibrio entre el uso y la cantidad de personas que la visitan?                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) En caso de contestar NO en la pregunta anterior:  |                          |                          |                          |
| -¿Le gustaría que hubiera más visitantes?  | <input type="checkbox"/> |                          |                          |
| -¿Le gustaría que hubiera menos visitantes?  | <input type="checkbox"/> |                          |                          |

6. Predisposición a modificar alguna de las prácticas habituales en función del bien común

- |   | <b>Si</b>                | <b>No</b>                | <b>Ns/Nc</b>             |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) ¿Estaría dispuesto a sacrificar parte de sus intereses en la laguna en pos de su conservación para el uso de generaciones futuras? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## ENCUESTA DIAGNÓSTICA A LOS ALUMNOS DE LAS ESCUELAS CERCANAS A LAS LAGUNAS.

Proyecto de extensión: Gestión participativa de recursos naturales. Una experiencia comunitaria en Laguna La Brava (Prov. Buenos Aires). UNMdP.

Por favor, contestá la siguiente encuesta. En caso de que la pregunta tenga más de una opción, marcá la que corresponda.

Fecha:

Nombre y Apellido (opcional):

Edad:

Residencia (contestá SI o NO):

- vivís permanentemente en la Villa La Brava:
- vivís a menos de 5 km de la laguna La Brava
- vivís más lejos ¿Dónde?:

1) Escribe el nombre de dos sierras y dos arroyos que se encuentren en la zona de la Laguna La Brava.

2) Las rocas que forman las sierras de la zona de la laguna La Brava son (marcá las que te parezcan correctas):

- a. Igneas                      b. Sedimentarias                      c. Metamórficas

3) El agua que consumimos en nuestras casas proviene de (marcá la que te parezca correcta):

- a. el tratamiento adecuado del agua de mar
- b. el agua almacenada naturalmente bajo tierra
- c. el agua de los arroyos de la región.

4) ¿Cuántas especies de aves habitan el ambiente de la laguna La Brava?

- a) entre 5 y 20.....      b) entre 50 y 100.....      c) entre 150 y 200.....

Menciona alguna especie que conozcas que habite la zona.

5) ¿Existen especies de aves migratorias en el área de la laguna La Brava?

- a. sí
- b. no

6) Si crees que existen esas especies, ¿en que época del año te parece que llegan a la laguna?

a) En verano.....      b) En invierno.....      c) Durante todo el año.....

7) De las cuatro especies vegetales mencionadas abajo y que pueden encontrarse en el área de Laguna La Brava, marcá aquellas que son autóctonas (es decir originarias del lugar, que no fueron introducidas por el hombre)

a. Eucaliptos   b. Tala   c. Pino   d. Curro   e. Trigo

8) ¿Usás la laguna La Brava para pescar, nadar, hacer deportes acuáticos, etc.?

a. Si      b: No

9) ¿Sabés quién controla el uso de la laguna?

.....

10) ¿Cuál crees que es la actividad que puede producir el mayor impacto negativo en la laguna (por ejemplo por contaminación)? Marcá una o más de una.

- a. los pozos ciegos de las casas cercanas
- b. los agroquímicos usados en los cultivos
- c. los deportes náuticos que usan motor
- d. la pesca deportiva
- e. otra (mencioná cual):

11) Las actividades que el hombre desarrolla en los alrededores de la Laguna La Brava pueden afectar distintos recursos naturales, ¿cuál te parece que puede ser el recurso más afectado?. Marca con 1 el que te parezca más importante y con 2 el segundo en importancia.

- a. las especies vegetales autóctonas
- b. el agua de la laguna
- c. el agua de los acuíferos
- d. las aves del lugar
- e. los peces de la Laguna
- f. el suelo

12) En la laguna La Brava hay en casi toda la costa presencia de juncos. Este juncal tiene diversas funciones en el ecosistema. De la lista de funciones que sigue, te parece que:

- 1. TODAS son correctas
- 2. TODAS son incorrectas
- 3. Son todas correctas MENOS d. y f.
- 4. Son todas correctas MENOS c. y g.

- a. refugio de zooplancton
- b. refugio de otros invertebrados
- c. controla la temperatura del agua cerca de la costa
- d. refugio de aves
- e. refugio de peces

- f. acumula y/o utiliza nutrientes y otros elementos químicos que toma del agua y de los sedimentos
- g. son alimento de vertebrados terrestres
- h. aporta nutrientes al ecosistema de la laguna

13) Los distintos elementos que pueden contaminar la Laguna llegan por diferentes medios a ella, uní con flechas las opciones correctas (cuidado! puede ser que un elemento llegue por más de un medio)

ELEMENTO	MEDIO
Residuos sólidos	agua subterránea
Agroquímicos	viento
Líquidos cloacales	agua superficial

14) ¿Qué propondrías para cuidar o proteger la Laguna La Brava?

Anexo VI. Resumen de los dos proyectos de extensión, financiados por la Universidad Nacional de Mar del Plata, estrechamente vinculados con esta tesis.

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:** *Gestión participativa de recursos naturales en Laguna La Brava (Prov. Buenos Aires). Una experiencia comunitaria.*

#### ÁREAS, DEPARTAMENTOS O UNIDADES ACADÉMICAS INTERVINIENTES

Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, FCEN-UNMdP  
Departamento de Biología, FCEN-UNMdP  
Departamento de Ciencias Marinas, FCEN-UNMdP

#### DIRECTOR DEL PROYECTO.

Unidad Académica de origen: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNMdP  
Apellido y Nombre: Massone, Hector Enrique  
Título: Dr. en Ciencias Naturales con Orientación Geología, MSc Gestión Ambiental Urbana  
Domicilio particular: Chaco 2457  
Localidad: Mar del Plata  
Teléfono particular: 4749539 E-mail: hmassone@mdp.edu.ar

DURACIÓN DEL PROYECTO: un año (2008-2009)

#### OBJETIVOS DEL PROYECTO

##### OBJETIVO GENERAL

Contribuir con los diversos actores sociales que tienen relación con Laguna La Brava y su entorno, a fin de concientizar sobre su función en el ecosistema y generar pautas consensuadas que aporten a la gestión sustentable del recurso hídrico.

##### OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. realizar encuentros de intercambio de información, especialmente preparados para no especialistas
2. organizar comunicación de información técnica, organizar y ejecutar una jornada de trabajo solidario de limpieza de la ribera. Evolución diagnóstica, preparación del material, evaluación final
3. generar material didáctico (guía y módulo de actividades) referido al medio biofísico, impactos y riesgos ambientales del área de laguna La Brava para los alumnos de la ESB 24 del Paraje La Brava para ser utilizado en la escuela

#### INTEGRANTES DEL EQUIPO EJECUTOR:

Dr. Massone Hector Enrique  
Dra. Miglioranza Karina  
Lic. Romanelli Asuncion  
Lic. Josens M. Laura  
Prof. Darwich Paula

Dra. Mirta Mennone

#### ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA A REALIZAR IDENTIFICACIÓN DEL BENEFICIARIO.

Habitantes de Villa La Brava y otros ribereños

Alumnos y personal docente de la ESB 24

Turistas y Pescadores que hacen de la laguna un lugar de esparcimiento y diversas prácticas deportivas.

#### IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS O NECESIDADES A RESOLVER.

Carencia de material didáctico referido al entorno próximo (Laguna y Cuenca de La Brava).

Falta de identificación con el entorno.

Desconocimiento sobre el funcionamiento de la laguna, su importancia ecológica y sitios de interés geológico en su entorno.

Aumento en la llegada de turistas y pescadores e incremento de la actividad turística; aumento en la cantidad de residentes permanentes

#### OTRAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES.

- ONG Laguna Brava.
- Consejo Escolar

**DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:** *Gestión Participativa de Recursos Naturales. Una Experiencia Comunitaria en Lagunas del Sudeste Bonaerense.*

**ÁREAS, DEPARTAMENTOS O UNIDADES ACADÉMICAS INTERVINIENTES**

Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, FCEN-UNMdP  
Departamento de Biología, FCEN-UNMdP  
Departamento de Ciencias Marinas, FCEN-UNMdP  
Centro de Investigaciones Ambientales, FAUyD-UNMdP

**DIRECTOR DEL PROYECTO.**

Unidad Académica de origen: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNMdP  
Apellido y Nombre: Massone, Hector Enrique  
Título: Dr. en Ciencias Naturales con Orientación Geología, MSc Gestión Ambiental Urbana  
Domicilio particular: Chaco 2457  
Localidad: Mar del Plata  
Teléfono particular: 4749539 E-mail: hmassone@mdp.edu.ar

**DURACIÓN DEL PROYECTO:** un año (2010-2011)

**OBJETIVOS DEL PROYECTO**

**OBJETIVO GENERAL**

Contribuir con los diversos actores sociales que tienen relación con Laguna de Los Padres y su entorno, a fin de concientizar sobre su función en el ecosistema y generar pautas consensuadas que aporten a la gestión sustentable del recurso hídrico.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. promover la difusión e intercambio de información técnica, histórica y social entre los residentes, docentes y alumnos de las Escuelas Agropecuaria N° 1 y Secundaria N° 13, Universidad Nacional de Mar del Plata y el Municipio de General Pueyrredón.
2. contribuir a afianzar y en algunos casos generar el vínculo entre docentes y alumnos de las escuelas y residentes, con la Laguna y su entorno.
3. generar las bases que permitan continuar el trabajo conjunto en pos de una mejor y más eficaz gestión de la laguna y su entorno.
4. consolidar la experiencia en trabajos de extensión del equipo de trabajo, particularmente de los profesionales jóvenes.

**INTEGRANTES DEL EQUIPO EJECUTOR:**

Dr. Massone Hector Enrique  
Dra. Miglioranza Karina  
Lic. Romanelli Asuncion  
Lic. Josens M. Laura

Prof. Darwich Paula  
Dra. Mirta Mennone  
Lic. Marisa Sagua

#### ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA A REALIZAR IDENTIFICACIÓN DEL BENEFICIARIO.

Habitantes de Sierra de Los Padres y de otros barrios cercanos a la Laguna de Los Padres (Santa Paula, El Coyunco).

Alumnos y personal docente de la Escuela Agropecuaria N° 1. Al ser la Escuela seleccionada para la experiencia piloto serán los que primero tengan contacto con el material. No obstante, el proyecto incluye la edición de unos 200 ejemplares del material didáctico, que serán distribuidos en todas las escuelas de las cercanías y otras en función de lo que la Secretaría de Inspección de Educación Secundaria considere más eficaz o relevante.

Centros de Recreo, Turistas y Pescadores que hacen de la laguna un lugar de esparcimiento y de diversas prácticas deportivas.

Agricultores vinculados a la horticultura.

Comunidad en general del Municipio de General Pueyrredón.

#### IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS O NECESIDADES A RESOLVER

A partir de trabajo de campo y la realización de entrevistas y encuestas a informantes calificados (propietarios de campos, centros de recreación y estudiantes) de la zona de influencia de la laguna de Los Padres, como parte de una tesis doctoral en desarrollo (Romanelli A.), se han podido identificar 4 necesidades básicas a las que el proyecto pretende aportar:

1. importante limitación para los actores involucrados a la hora de acceder a información referida al medio biofísico del entorno próximo (Laguna y Cuenca de Los Padres). En especial el funcionamiento de la laguna como sistema, su importancia ecológica y sitios de interés geológico en su entorno.
2. dificultades a la hora de lograr una cercana identificación con el entorno tanto en algunos residentes como alumnos de escuelas locales.
3. dificultades para difundir lo que la laguna significa como espacio natural a utilizar de manera racional y pautas para acercarse a ese objetivo.
4. aumento en la llegada de turistas y pescadores e incremento paralelo de la actividad turística en centros de recreo, camping, etc., como también aumento en la cantidad de residentes permanentes, en especial del Barrio Sierra de Los Padres.

#### OTRAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES.

- Escuela Agropecuaria 1
- Dirección de Inspección General-Sede de Inspectores de Educación Secundaria
- Centro de Recreo Islas Malvinas
- Club de Pesca Atlántico
- Recreo Camping La Isla
- Coordinación Reserva Integral Laguna de Los Padres