

**Tesis de Maestría**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS HÍDRICAS**

*Universidad Nacional de La Pampa*

**“Relación hidrológica e hidroquímica entre lagunas y  
acuíferos del noreste de la provincia de La Pampa,  
desde una perspectiva hidrológica - ambiental.”**



**Autor: Ing. Carla A. MOSCARDI**

**Director: Dr. Carlos J. SCHULZ**

**Año 2010**

## INDICE

### **CAPITULO I: Introducción, metodología y área de estudio.**

1.1 Introducción: Objetivos e hipótesis	1
1.2 Metodología	4
1.3 Ubicación y caracterización general del área de estudio	7
1.4 Selección y ubicación de los sitios de muestreo	8

### **CAPITULO II: Caracterización y análisis climático.**

2.1. Introducción	11
2.2. Metodología	12
2.3. Clasificación climática del área	13
2.4. Variables meteorológicas	16
2.4.1. Precipitaciones	17
2.4.2. Temperatura	27
2.4.3. Vientos	29
2.4.4. Evapotranspiración	31
2.4.5. Balance hidrológico	32

### **CAPITULO III: Descripción geológica, geomorfológica, hidrogeológica y edafológica.**

3.1. Introducción	
3.2. Metodología	34
3.3. Descripción de la geología e hidrogeología, geomorfología y edafología.	34
3.3.1. Geología e hidrogeología	35
3.3.2. Geomorfología	41
3.3.3. Edafología	43

### **CAPITULO IV: Análisis del funcionamiento hidrológico: Agua Subterránea.**

4.1. Introducción	47
4.2. Metodología	47
4.3. Regiones hidrológicas y caracterización de los acuíferos	48
4.4. Recarga	51
4.5. Drenaje subsuperficial	53
4.6. Piezometría	55

### **CAPITULO V: Análisis del funcionamiento hidrológico: Agua Superficial.**

5.1. Introducción	70
5.2. Metodología	71
5.3. Análisis espacio-temporal de las lagunas	73
5.4. Situación del río Quinto en la provincia de La Pampa	80

### **CAPITULO VI: Análisis fisicoquímico e isotópico de las aguas.**

6.1. Introducción	84
6.2. Metodología	86
6.3. Resultados físico-químicos obtenidos	89
6.4. Resultados isotópicos obtenidos	98

## **CAPITULO VII: Medio antrópico y biológico.**

7.1. Introducción	100
7.2. Aspectos demográficos, sociales y económicos	100
7.2.1. Antecedentes históricos	101
7.2.2. Niveles de doblamiento	103
7.2.3. Actividades económicas	107
7.2.3.i. Actividad agropecuaria	109
7.2.3.ii. Parque industrial de General Pico	110
7.2.4. Otros indicadores sociodemográficos	112
7.3. Aspectos biológicos	114
7.3.1. Vegetación	115
7.3.2. Fauna	118
7.3.2.1. Vertebrados nativos	118
7.3.2.2. Vertebrados introducidos silvestres	125
7.3.2.3. La fauna de vertebrados y las categorías UICN	125

## **CAPITULO VIII: Modelo conceptual de funcionamiento.**

8.1. Análisis y marco conceptual	130
8.2. Diferentes situaciones hidrológicas	133
8.2.1. Situación 1: Máxima	133
8.2.2. Situación 2: Mínima	135

## **CAPITULO IX: Conclusiones y recomendaciones**

9.1. Conclusiones	139
9.2. Recomendaciones	143

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXO A: Mapas**

Mapa N° 1: Área bajo estudio y sitios de muestreo

Mapa N° 2: Geología

Mapa N° 3: Cartas IGM 250000

Mapa N° 4: Suelos

Mapa N° 5: Regiones hidrológicas

Mapa N° 6: Fallas geológicas estructurales

### **ANEXO B: Fotografías**

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos los que de alguna u otra manera colaboraron y me ayudaron para poder concretar este trabajo de tesis:

- Schulz Carlos
- Dapeña Cristina
- Pereyra Ginestar Blanca
- Wisner Laura
- Gouts Nery
- Moscardi Natalia
- Peroni Ma. Ignacia
- Giambelli Gastón
- Secretaría de Recursos Hídricos: Lastiri Néstor, Pamela Pratts, Javier Shlegel
- Frank Federico
- Betelu Maite

A mi marido y a mis dos hijos quienes me impulsan día a día a continuar con mi trabajo y formación.

## CAPÍTULO I

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua superficiales continentales, pueden clasificarse de manera diferente y en función de distintos criterios y/o autores. Según su dinámica hidrológica se pueden diferenciar entre cuerpos lóticos y lénticos. Desde el punto de vista de la permanencia en el tiempo se los clasifica en cuerpos de aguas permanentes o no permanentes o temporales (Ringuelet, 1962). Los cuerpos lóticos se refieren a los ríos y arroyos en donde el agua no permanece en el mismo sitio por largo tiempo. Los cuerpos lénticos, en cambio, presentan aguas estancas o con muy baja velocidad de escorrentía, tal como los lagos y lagunas. Estos diferentes ambientes pueden estar conectados formando parte de cuencas hidrográficas endorreicas o exorreicas, cerradas sin salida al mar o abiertas con desembocadura al mar, respectivamente.

Se denomina cuenca hidrográfica, a la superficie terrestre en la cual todos los cuerpos de agua tanto superficial como subterránea se encuentran conectados o relacionados y drenan hacia un mismo sitio en común (Nadal Reimant, 1997). En el caso de las cuencas de zona de llanura donde la pendiente del terreno es mínima se dificulta la identificación clara de los límites de cuenca (Kruse y Zimmermann, 2002). Las aguas subterráneas almacenadas en los sistemas acuíferos, presentan límites y dinámicas que generalmente difieren de las aguas que se encuentran en la superficie. Los acuíferos pueden o no estar conectados con las lagunas de la superficie e influir en la calidad y en la dinámica del recurso hídrico superficial (Custodio, 1976).

En la región noreste de la provincia de La Pampa existen varias lagunas, cuerpos lénticos, de características permanentes y/o temporales. El tamaño de las mismas es muy variable a lo largo del tiempo en función de los períodos climáticos húmedos o secos, directamente influenciados por las precipitaciones

ocurridas en la región. Varias son utilizadas como cuerpos estabilizadores de efluentes, principalmente las más cercanas a los centros poblados. Otras se utilizan de manera recreativa: deportes náuticos, pesca, camping, etc. También en algunos casos se han explotado desde el punto de vista de la pesca deportiva y/o comercial. En todos los casos se encuentran enmarcadas en una zona de actividad agrícola - ganadera por excelencia. En la mayoría de los casos no se realiza un uso planificado u organizado de las mismas, y poco se sabe sobre su relación con las aguas subterráneas.

Por el contrario, las aguas subterráneas de la región noreste de la provincia de La Pampa se estudian desde el año 1970 principalmente por la necesidad de obtención de agua potable para los pobladores de la región. Desde el punto de vista del aprovechamiento sustentable del recurso también se estudian los mecanismos de recarga del sistema acuífero. Actualmente, las aguas subterráneas son el único recurso de abastecimiento de agua potable de toda esta área bajo estudio.

La situación hidrológica en el área es controvertida. Por un lado existe una necesidad de localizar nuevas fuentes de agua potable de buena calidad para abastecer la población habitante de la región y los usos productivos, así como conocer el volumen de explotación correcto a fin de no agotar o dañar el recurso. Por otro, se presentan periódicamente eventos extremos como sequías o inundaciones donde los déficits o excesos hídricos ocasionan daños de distinta índole, sumados a grandes pérdidas económicas. Para estos casos puntuales se han realizado estudios para mitigar esas situaciones, evaluar los impactos ambientales y lograr un manejo integrado de la cuenca.

El agua de lluvia, la subterránea y la superficial son parte del mismo ciclo hidrológico, por lo tanto, se considera de suma importancia obtener un modelo de funcionamiento de la dinámica del agua superficial y subterránea y la interacción entre ambas a fin de lograr un uso sustentable del recurso hídrico

de la región. La caracterización ambiental que incluye el uso que el hombre ha realizado históricamente y actualmente de estos ambientes, complementará y permitirá inferir sobre diferentes situaciones en el mismo modelo.

### **Objetivo general**

- Establecer un modelo conceptual de funcionamiento de los cuerpos de agua superficiales de la región Noreste de la provincia de La Pampa, en función de su relación con los acuíferos y su caracterización ambiental, a fin de poder establecer pautas de manejo integral y sustentable del recurso hídrico de la región.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar desde el punto de vista hidrológico, hidroquímico y ambiental los cuerpos de agua superficial presentes en la región noreste de la provincia de La Pampa.
- Obtener un modelo de funcionamiento regional y de cada una de las lagunas seleccionadas en función de los datos físico-químicos e isotópicos de las aguas superficiales y subterráneas.
- Plantear pautas de manejo integral y sustentable de los recursos hídricos presentes en la región Noreste de la provincia de La Pampa.

### **Hipótesis**

H1: La hidrodinámica e hidrogeoquímica de las aguas subterráneas de la región noreste de la provincia de La Pampa influyen en la calidad y dinámica de los cuerpos de agua superficial presentes en el área.

H2: El estudio de la calidad físico - química de las aguas y las relaciones isotópicas permiten inferir sobre la interacción entre el recurso hídrico superficial y el subterráneo.

H3: Las lagunas permanentes localizadas en cercanías de centros urbanos cumplen un rol fundamental en la dinámica hidrológica de la región Noreste de la provincia de La Pampa.

H4: Un modelo conceptual de funcionamiento hidrológico de estos ambientes es una herramienta clave al momento de tomar decisiones sobre el manejo de aguas en la región.

## **1.2 METODOLOGÍA**

A fin de poder cumplir con los objetivos planteados y poner a prueba las hipótesis de estudio, se realizó un trabajo basado en la integración e interpretación de la información existente, en la recopilación de datos propios y observación en el terreno.

Los pasos metodológicos generales han sido los siguientes:

- Recopilación de antecedentes y bibliografía general y específica de la temática, tanto de la región como de otros ambientes de similares características.
- Interpretación de imágenes satelitales del área bajo estudio, realizando un análisis temporal, de estimación de cambios en el uso del suelo y de cambios de la superficie cubierta de agua.
- Análisis climático de la región. Estudio de las series de datos climáticos.



- Descripción de los factores físicos: geología, geomorfología y edafología; factores biológicos: región biogeográfica, flora, fauna, biodiversidad; factores antrópicos: sociedad, población, uso del suelo, actividades económicas, agua potable, entre otros.
- Interpretación de los datos de calidad físico-química de las aguas, de la presencia de metales pesados e isótopos ambientales.
- Análisis de los datos, interpretación de los resultados y diseño del modelo de funcionamiento.
- Planteo de pautas de manejo en función de conocer el funcionamiento de estos sistemas.

#### Fuentes de información:

Se interpretaron las imágenes satelitales (LANDSAT) de la zona en diferentes períodos de tiempo, se compararon mapas y cartas topográficas como una manera de observación preliminar del terreno (1:50000 y 1:250000). Se interpretaron los mapas geológicos, geomorfológicos y de suelos a escala provincial. También, utilizando las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.), se determinaron períodos de máxima y mínima presencia de agua superficial y se correlacionaron con los datos de precipitaciones. A partir de allí, se visitó la zona y se pudieron identificar los sitios de muestreo para la toma de muestras de agua con el fin de realizar análisis físico químico e isótopos ambientales en las aguas.

La integración de la información existente se realizó de manera cronológica y diferenciando entre los trabajos específicos y generales, teniendo en cuenta los trabajos dependientes de organismos oficiales, universidades nacionales y publicaciones científicas.

La interpretación y descripción de la geología, geomorfología y edafología se basa en los estudios y antecedentes publicados y de referencia de la zona,

como así también el reconocimiento hidrogeológico de la región. La caracterización ambiental desde el punto de vista de la biodiversidad y de la presencia antrópica en el área se elabora teniendo en cuenta los estudios científicos de relevamientos de fauna y flora y las estadísticas oficiales respectivamente.

Para el análisis de las precipitaciones, los datos fueron obtenidos a partir del Servicio Meteorológico Nacional, la Estación Experimental INTA Anguil y se actualizaron a julio de 2009 con los datos diarios oficiales provenientes de la policía provincial.

Los niveles piezométricos, líneas equipotenciales y de flujo subterráneo se obtuvieron de la Administración Provincial del Agua, y de las cooperativas de servicios públicos de las localidades. Se completaron series a partir de los datos oficiales de la BDH – Base de datos hidrológica de La Pampa y fueron suministrados datos de calidad de agua de los cuerpos superficiales por la Secretaría de Recursos Hídricos, todos organismos del Estado Provincial.

Se realizaron muestreos de agua de las lagunas seleccionadas y de una perforación seleccionada al azar, cercana a cada laguna. A estas muestras recolectadas se les determinaron los parámetros físico-químicos completos, incluidos los metales pesados y también se les determinó Deuterio y Oxígeno 18, ambos isótopos ambientales y estables del agua.

En cada uno de los capítulos siguientes se describirá de manera detallada las metodologías específicas que se han implementado para cada uno de los tratamientos de datos abordados.

### **1.3. UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

La zona bajo estudio comprende el Noreste de la provincia de La Pampa, limitando al Norte con la provincia de Córdoba y al Este con la provincia de Buenos Aires (Figura 1.1.) Los límites Sur y Oeste se corresponden con el paralelo 36°50' y el meridiano de 64°00', respectivamente. La zona tiene una longitud norte-sur de aproximadamente 100 Km., y un ancho medio de 40 Km., lo que hace una superficie de unos 4000 km<sup>2</sup>.

Geomorfológicamente corresponde a la subregión “Planicies Medanosas”(Cano *et al*, 1980) o a la unidad “Llanura Pampeana de Modelado Eólico Superimpuesto (Calmels, 1996) y desde el punto de vista fisiográfico y en sentido regional, puede considerarse como una extensa llanura con suave pendiente hacia el Este, con un gradiente del orden de 0,4 m/km.

El clima del área de estudio, puede caracterizarse como sub-húmedo a semiárido del tipo templado según la metodología Thorntwaite (Cano *et al*, 1980), con una disminución de las precipitaciones de norte a sur y de este a oeste. Las temperaturas medias anuales para el período 1968/2006, rondan los 16,3°C y 15,7°C en el sector norte y sur del área respectivamente. El promedio de temperaturas máximas para la localidad de General Pico se da en el mes de enero, y alcanza los 30,7°C y el promedio de temperatura más baja llega a 1,7°C, en el mes de julio. Los vientos preferenciales pertenecen al sector N-NE y S-SW. El promedio anual de precipitaciones para la misma localidad, de la serie 1970-2006 es de 848,9 mm/año, con una tendencia a ser diciembre, enero y marzo los meses más lluviosos y julio el mes más seco.

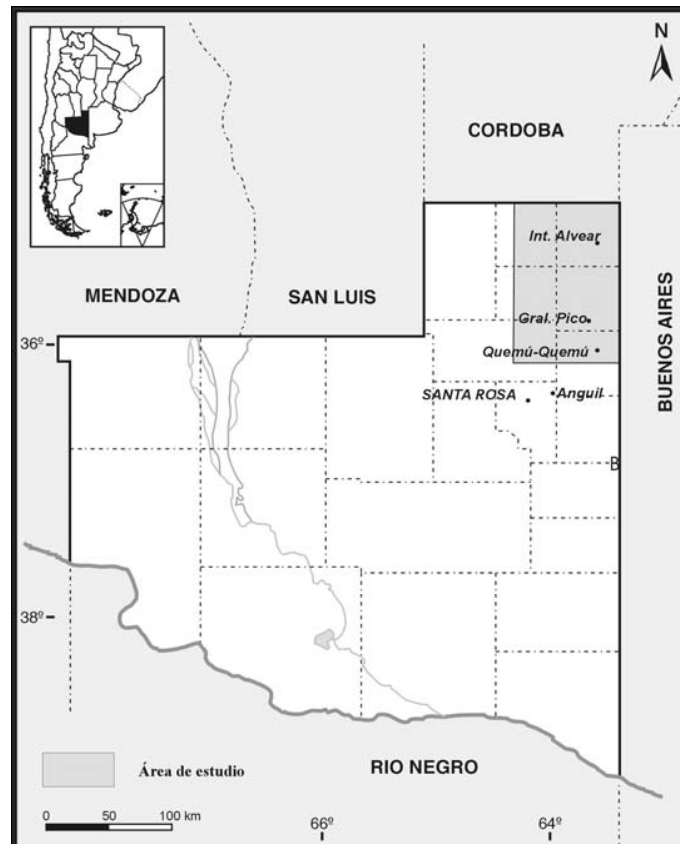


Figura 1.1. Ubicación de la zona de estudio

#### 1.4. SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Se seleccionaron diferentes sitios preliminares de muestreo a partir de la interpretación y comparación espacio temporal de las imágenes satelitales, intentando la representatividad del funcionamiento hidrológico a nivel regional.

Se utilizaron las imágenes Landsat 228/84 y 229/85 de los años 2000, 2001, 2006 y 2009.

Entre ellos, como representativo de la zona norte del área bajo estudio, se preseleccionó Intendente Alvear y la zona limítrofe con la provincia de Buenos Aires, área de derrame del río Quinto.

En la parte central se identificó la laguna La Arocena en cercanías de la localidad de General Pico por su característica permanente y con gran influencia antrópica. Al sur la laguna El Cañadón lindante a la localidad de Quemú Quemú, la cual ha sido objeto de varios estudios entre ellos las obras para el control de las inundaciones (Danish Hydraulic Institute, 2000; INA, 2000). También se identificaron sitios interesantes cuerpos superficiales en la zona de Intendente Alvear pero durante el transcurso de este trabajo los mismos permanecían sin agua a causa de las bajas precipitaciones de los últimos años.

Se identificaron molinos y perforaciones cercanos a cada uno de los cuerpos superficiales preseleccionados y se constató su funcionamiento a campo.

Para el momento (Enero-Febrero/2009), de la toma de muestras de los cuerpos de agua superficial y de una perforación cercana a cada uno de ellos, la situación hídrica se presentaba en déficit, con la mayor parte de los cuerpos de agua reducidos o desaparecidos. En la zona de Intendente Alvear no se pudo identificar ninguna laguna factible de muestrear, mientras que sí se tomaron muestras en el límite noreste, zona limítrofe con la provincia de Buenos Aires, en La Arocena de General Pico y en El Cañadón de Quemú Quemú. Los sitios mostraban ventajas operativas desde el punto de vista de la información disponible y del acceso. En la tabla 1.1. se pueden observar las coordenadas geográficas (Datum: WGS 84) de los sitios muestreados y su ubicación en el Mapa N° 1 del Anexo A.

<b>SITIO</b>	<b>LATITUD SUR</b>	<b>LONGITUD OESTE</b>
Límite NE Superficial	35° 04' 55,8"	63° 24' 01,9"
Límite NE Subterránea	35° 04' 49,1"	63° 23' 37,5"
La Arocena (GP) Superficial	35° 41' 02.7"	63° 41' 50.3"
La Pobrecita (GP) Subterránea	35° 40' 46.3"	63° 41' 18.2"
El Cañadón (QQ) Superficial	36° 05' 08.7"	63° 39' 16.9"
Aeródromo (QQ) Subterránea	36° 03' 16.5"	63° 37' 59.3"

GP: General Pico – QQ: Quemú Quemú

Tabla 1.1. Coordenadas Geográficas (WGS 84) de los sitios de muestreo

## CAPÍTULO II

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La caracterización climática de la región permite una primera visualización del ambiente a estudiar. Tomando al factor climático como fundamental en el estudio del funcionamiento hidrológico, así como modelador del paisaje y condicionante del desarrollo de la biodiversidad de un sector determinado.

La variable precipitación es la entrada que condiciona a todo el sistema bajo estudio. Junto con la precipitación, la temperatura y el viento condicionan la evapotranspiración, una de las variables de salida.

La región bajo estudio se encuentra directamente afectada por los cambios ocurridos en la variación del régimen pluviométrico, presentándose períodos en los cuales, ante elevadas precipitaciones, elevados niveles freáticos y la saturación del terreno, ocurren inundaciones. Las mismas han afectado grandes superficies del terreno en cuestión.

Así mismo, en períodos secos, con precipitaciones anuales menores a la media anual, este ambiente llega a presentar una sequía extrema ocasionando en ambos casos, grandes pérdidas económicas de la producción agrícola-ganadera.

Las lluvias locales recargan los acuíferos, los cuales constituyen la única fuente de agua potable para el abastecimiento de la población.

El clima de la región ha sido altamente estudiado principalmente por tratarse de una zona donde la producción agrícola – ganadera es la actividad económica principal y la única fuente de agua potable, es el agua subterránea.

## 2.2. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se realiza una caracterización climática en base a la bibliografía específica de la disciplina, teniendo en cuenta los trabajos realizados en la zona bajo estudio por especialistas y los diferentes trabajos científicos publicados. Se confrontan e integran las distintas fuentes de información.

Se tratan los datos meteorológicos (precipitación, temperatura y viento) específicos para cada uno de los puntos de muestreo, tomando la estación más cercana a cada uno de estos y de registros consistentes y extendidos en el tiempo. Tal como se menciona en la metodología general descrita en el capítulo anterior, los datos se obtienen a partir de las publicaciones de la Dirección de Estadísticas y Censos del gobierno de la provincia de La Pampa, se completan las series al año 2009 con los datos diarios que ofrece la Policía de la misma provincia, organismo responsable de la toma diaria de los datos pluviométricos a partir de la red provincial.

En la tabla 2.1. se detallan las estaciones de registros pluviométricos, de temperatura y de vientos consideradas.

Estación	Serie	Variabes	Observaciones
Quemú Quemú	1914 – 2009	Precipitación Temperatura Viento	Estación meteorológica a cargo UNLPam - INTA Anguil
General Pico	1911 – 2009	Precipitación Temperatura Viento	Estación meteorológica del SMN
Intendente Alvear	1956 – 2009	Precipitación	Registro Pluviométrico (Policía de la provincia LP)

Tabla 2.1 Variables y series climatológicas.



Se tomó la variable Precipitación y se realizó un análisis temporal de las series de datos de cada una de las localidades, analizando la dinámica de los totales anuales. Luego se interpretó la estacionalidad del régimen pluviométrico considerando las medias mensuales. Se compararon los totales anuales entre los tres sitios y se calcularon los porcentajes de ocurrencia de las mayores precipitaciones infiriendo, de esta manera una distribución espacial.

La variable Temperatura de las localidades Quemú Quemú y General Pico se interpretó también cronológicamente y espacialmente.

Los vientos permitieron corroborar las direcciones preponderantes, variable que influye directamente a la evapotranspiración potencial. El balance hídrico se toma a partir de la bibliografía consultada de referencia.

### **2.3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DEL ÁREA**

El clima de una región está caracterizado por un conjunto de valores medios y por los cambios anuales de la temperatura, la precipitación y otras variables meteorológicas.

Existen muchas clasificaciones climáticas, atendiendo generalmente a los aspectos puramente meteorológicos.

La clasificación tradicional en climas *cálidos, lluviosos y secos; templados, oceánico, mediterráneo y chino; y fríos, polar y subpolar*, atendía, más que nada, a la concepción del clima como el estado medio de la atmósfera, sin tener demasiado en cuenta su dinámica. A este concepto corresponde la clasificación climática de Koppen (1936).

Vladimir Köppen (op.cit.) propone la mencionada clasificación en la que se tienen en cuenta las variaciones de temperatura y precipitaciones y las temperaturas medias de los meses más cálidos o fríos, y hace hincapié en las consecuencias bioclimáticas. Pero no tiene en cuenta el funcionamiento del clima y la sucesión de tipos de tiempo.

La terminología que utiliza esta clasificación surge a partir de la división en grupos climáticos, subgrupos y subdivisiones.

Para la zona de estudio le corresponde, el clima del tipo BWk, clima seco, con la estación seca en invierno y temperatura media anual menor a 18°C. (donde **B** es “Clima seco o árido”, **W** implica “con estación seca en invierno” y **k**, que “la temperatura media anual no supera los 18°C”).

Actualmente se hace necesario otro tipo de noción del clima, una concepción que tenga en cuenta la sucesión de tipos de tiempo sobre un territorio, los centros de acción que actúan y las masas de aire que provocan esos tipos de tiempo. A esta idea responde la clasificación climática de Arthur Strahler (1974), aunque este autor no tiene suficientemente en cuenta las consecuencias bioclimáticas. No obstante, esta es una clasificación más descriptiva, ya que denomina a los climas con un lenguaje comprensible (Peroni, Informe inédito 2009). Tiene la ventaja de que se puede cruzar con la clasificación de las grandes biocenosis terrestres que hacen Lacoste y Salanon (1973), con lo que se puede obtener una clasificación climática y biogeográfica juntas.

Para la clasificación Strahler (op.cit.) el área bajo estudio estaría enmarcada dentro del clima subtropical seco (desértico). Dado que este clima se da entre los 25° y los 35° de latitud. El autor explica que *en realidad no es otra cosa que una extensión hacia el norte del clima tropical seco, pero la precipitación es mayor y la amplitud térmica anual también*. Está dominado por las masas de

aire tropical continental, pero en las épocas en las que la posición relativa del sol es más baja pueden llegar masas de aire polar continental o marítimo.

Por otro lado, la clasificación de Thornthwaite esta basada en un índice global que combina dos subíndices, uno de humedad (conjunto de los excesos de agua) y uno de aridez (porcentaje de falta de agua). Cano et al., (op. cit.) caracterizaron el área en estudio como sub-húmeda a semiárida del tipo templado.

Casagrande y Vergara (UNLPam, 2001) realizaron una caracterización de la misma región, a fin de evaluar los impactos ambientales de las inundaciones y de las obras que se proyectaban realizar, con el objetivo de prevenir los posibles impactos ambientales o mitigarlos.

En ese estudio se incluye al área bajo estudio en el Sistema Ambiental Pampeano, cuya dinámica de circulación atmosférica está dominada por: vientos del Océano Atlántico, vientos del Océano Pacífico y el Anticiclón Subtropical Semipermanente (ASTS).

Actualmente, los especialistas en la temática, por diversas alteraciones en dicha circulación, detectaron variaciones en el régimen térmico e hídrico, lo que fue evaluado a través del estudio de casos que se realizaron en las localidades de: General Pico, Quemú Quemú, Bernardo Larroudé, Realicó, Alta Italia, Intendente Alvear, Trenel, Eduardo Castex y Colonia Barón.

El Sistema Ambiental Pampeano está dominado por tres elementos climáticos:

- a) Vientos provenientes del oeste-sudoeste (Océano Pacífico)
- b) Vientos provenientes del este- noreste (Océano Atlántico)
- c) Anticiclón Sub-Tropical Semipermanente (ASTS )

Los vientos del oeste-sudoeste provienen del anticiclón del Pacífico Sur y en su origen son húmedos. Al ascender la Cordillera de Los Andes, estos se enfrían y

precipitan como lluvia o nieve llegando al llano argentino, secos y fríos. (Minetti et al, 1983)

Los vientos del este-noreste provienen del anticiclón del Océano Atlántico Sur y también son húmedos pero al no encontrar ninguna barrera orográfica producen lluvias al chocar con masas de aire de distinta característica térmica e hídrica (lluvias frontales).

La proyección en altura del ASTS está emplazada con carácter semipermanente sobre el Altiplano boliviano, la Puna Argentino Chilena y los Andes hasta la latitud de la provincia de Mendoza. Tal proyección del ASTS bloquea los vientos del oeste impidiendo que alcancen el llano argentino. La proyección del ASTS tiene un movimiento estacional en función de la alternancia de calentamiento y enfriamiento del Hemisferio Sur. En invierno migra hacia el norte y su límite austral llega a los 28/29° S. Durante el verano se desplaza hacia el sur y su límite austral alcanza los 33/34° S. Este movimiento tiene gran influencia sobre las condiciones hídricas de una importante porción del llano central y oriental argentino (Minetti y Vargas 1983).

## **2.4. VARIABLES METEOROLÓGICAS**

A continuación se presenta un análisis de las variables meteorológicas que cumplen un rol fundamental en la regulación del balance hidrológico del área bajo estudio: Precipitación, Temperatura y Viento. También se ha tenido en cuenta el contar con series de datos representativas y confiables para poder inferir conclusiones.

### 2.4.1. Precipitaciones

A escala regional se tomaron los datos pluviométricos de 29 estaciones de control ubicadas en las distintas localidades del noreste de la provincia de La Pampa. Ellas son: Anguil INTA, B. Larroudé, Ed. Castex, Catriló, Ceballos, Cnel. H. Lagos, Cnia. Barón, Dorila, Falucho, Gral. Pico Aerop., Int. Alvear, Lonquimay, M. Cané, M. Mayer, Mariano Miró, Metileo, Monte Nievas, Ojeda, Q. Quemú, Realicó, Sarah, Speluzzi, Santa Rosa Aerop., Trebolares, Trenel, Trilli, Uriburu, V. Praet, Vertiz.

La longitud temporal de los datos para todas las estaciones no es homogénea. Actualmente sólo 13 estaciones continúan con la tarea de toma de datos. En muchos casos la longitud de las series suministradas por el Servicio Meteorológico Nacional, son coincidentes con la existencia de los Ferrocarriles Argentinos, por lo que algunas de las estaciones poseen datos limitados entre los años entre 1960 y 1991.

Para los promedios anuales de la región, se utilizaron todos los datos existentes. En el gráfico 2.1. se encuentran representados los promedios anuales de precipitaciones de toda el área de estudio para el período 1911 – 2006. En éste, se observa una tendencia creciente en la precipitación anual ( $R^2=0,163$ ), con una alta variabilidad pluviométrica partiendo desde 349 a 1169 mm para los años 1937 y 1999, respectivamente.

Además, es posible identificar dos ciclos húmedos, con uno seco intermedio que se desarrolla a partir de la década del '20 hasta la década del '70, en que comienza un marcado aumento. Este aumento en las precipitaciones elevó el promedio histórico de 728,1 mm (serie 1911-2006) a 848,9 mm (serie 1970-2006).

La línea de color rojo en el gráfico, señala el valor del promedio anual de precipitaciones para los años 1970-2006. Y en contraste a la anterior, la línea verde indica el valor del promedio anual de los años 1911-1969. Se toma como referencia para esta división el quiebre ocurrido en la década del '70, estableciéndose un valor medio de precipitación acumulada mayor durante las décadas del 80 y 90.

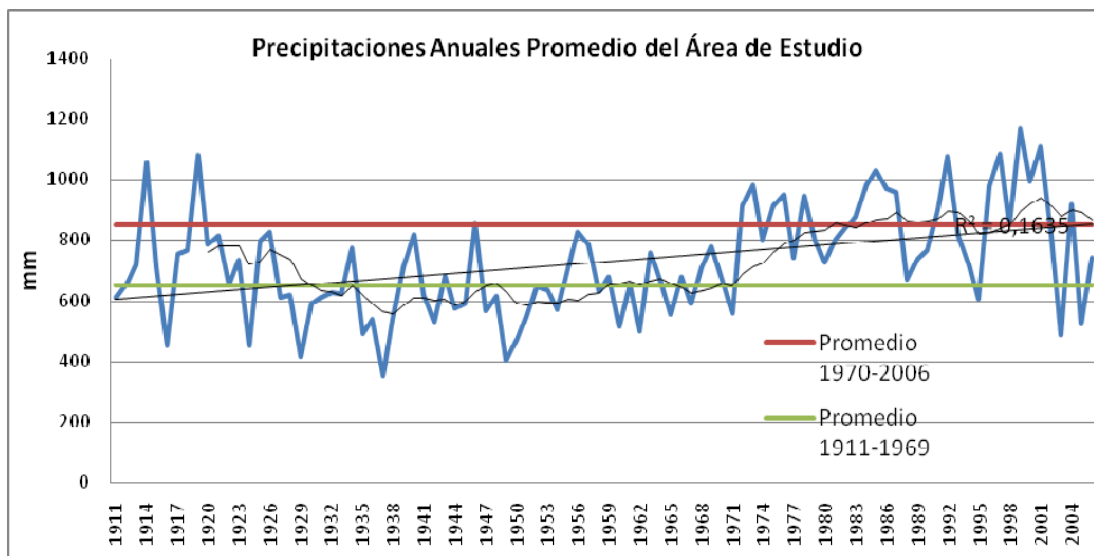


Gráfico 2.1. Promedio anual de precipitaciones de la región de estudio.  
Serie 1911-2006.

Un dato interesante es la diferencia entre los promedios de precipitaciones de los años 1911 a 1969 (653,4 mm) y de 1970 a 2006 (848,9), que llega a 196,6 mm. Es decir que hasta el año 70 el promedio regional era casi 200 mm menor.

Se analizaron localmente los datos de las localidades cercanas a los sitios de muestreo: Intendente Alvear, General Pico y Quemú Quemú. Para estos casos las series se completaron al 2009 con los datos de la policía provincial.

En los gráficos 2.2., 2.3. y 2.4. se puede observar la distribución anual de las lluvias a los largo de toda la serie y para cada una de las localidades arriba mencionadas.

A partir de esta distribución se identificaron los años extremadamente húmedos aquellos que superan la media anual más un desvío estándar (por encima de la línea azul) y años húmedos los que superan la media (por encima de la línea amarilla). También se consideran años extremadamente secos los que presentan valores menores a la media anual menos un desvío estándar (debajo de la línea roja) y años secos los que se encuentran por debajo de la media (debajo de la línea amarilla). Mientras que se consideran años medios los que se aproximan al promedio total anual de la serie de datos (sobre la línea amarilla).

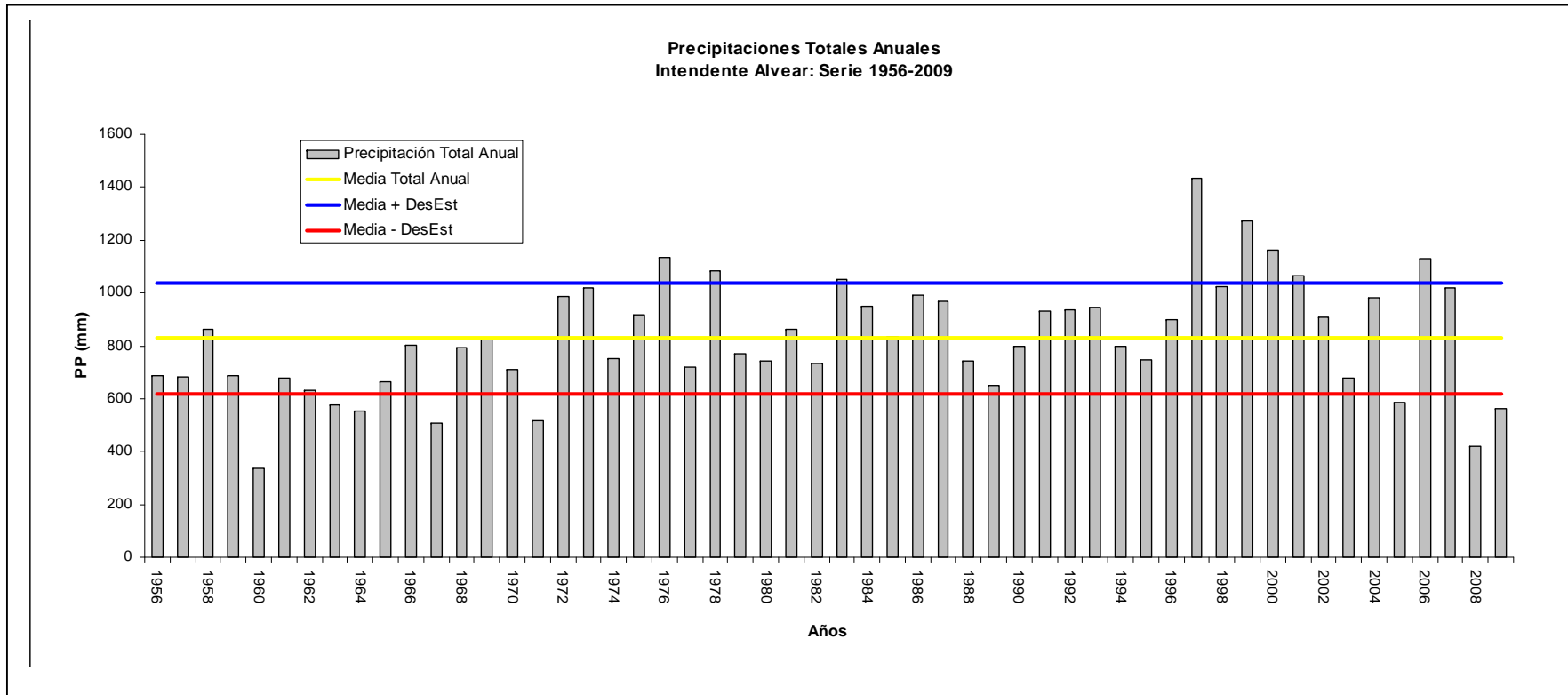


Gráfico 2.2. Intendente Alvear: Precipitaciones Totales Anuales (Serie 1956-2009)



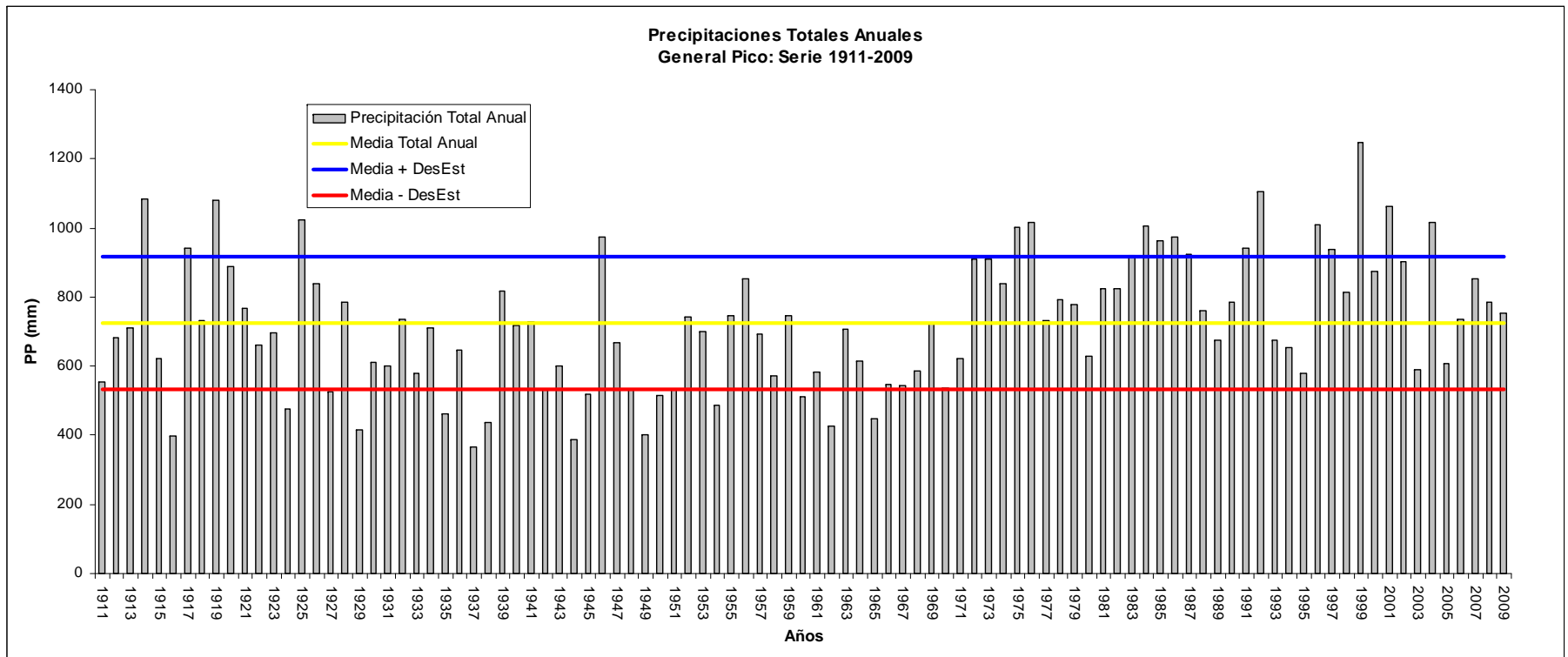


Gráfico 2.3. General Pico: Precipitaciones Totales Anuales (Serie: 1911-2009)

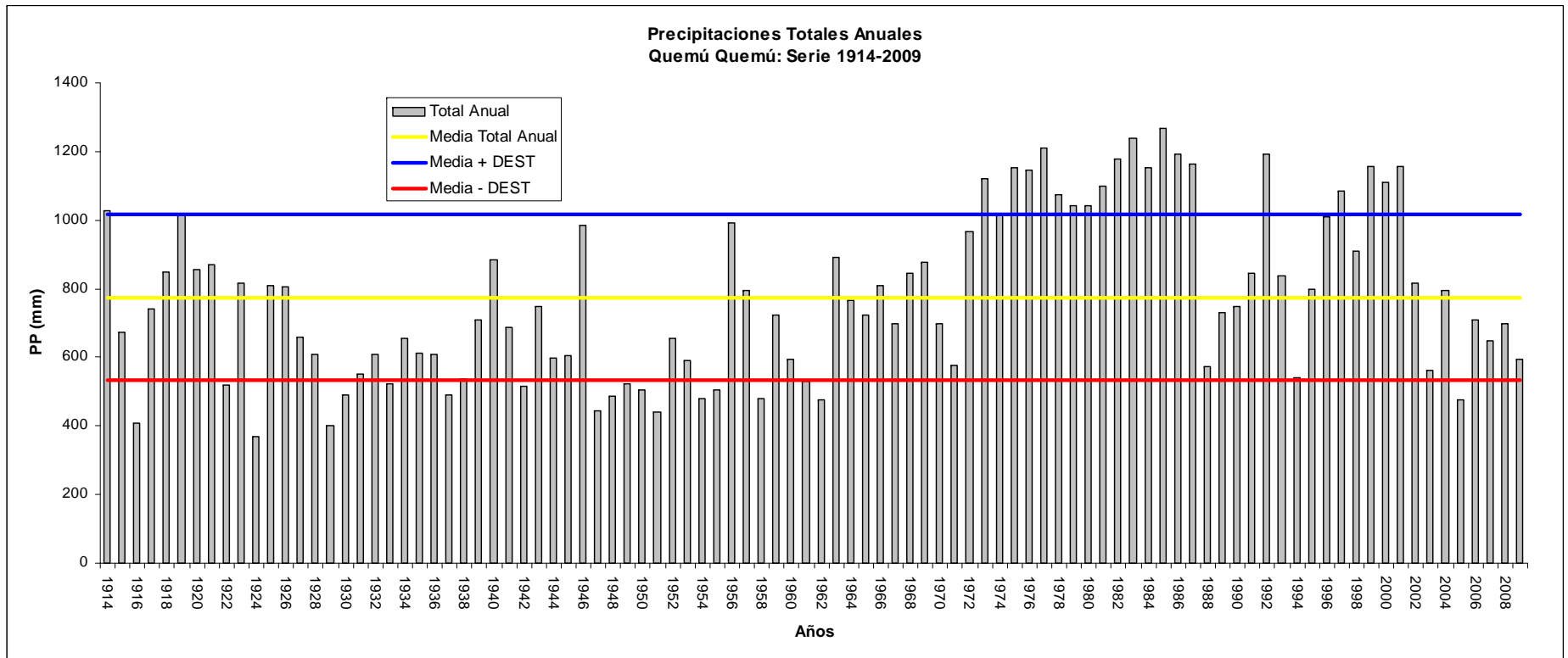


Gráfico 2.4. Quemú Quemú: Precipitaciones Totales Anuales (Serie 1914-2009)

Como resultado de esa clasificación se pueden observar las tablas 2.2., 2.3. y 2.4. que presentan la distribución de los años por su régimen pluviométrico para cada una de las localidades.

La estacionalidad de las lluvias coincide en las tres localidades (gráficos 2.5., 2.6 y 2.7.), presentándose los promedios mensuales mayores en el período estival.

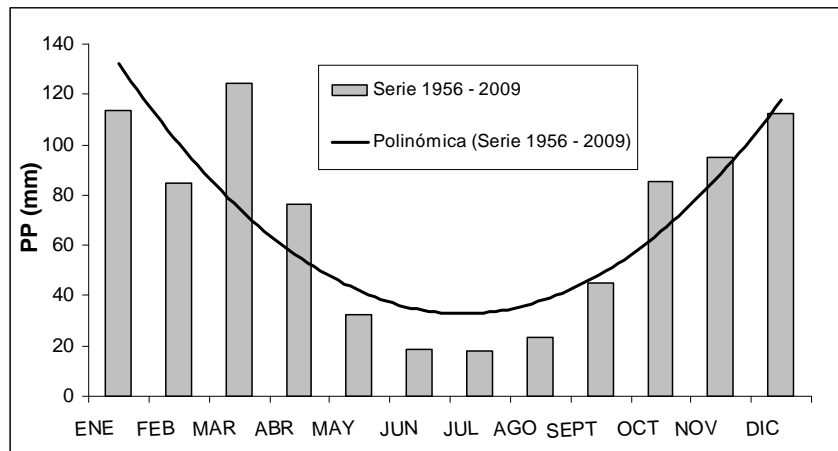


Gráfico 2.5. Intendente Alvear: Precipitaciones Medias Mensuales

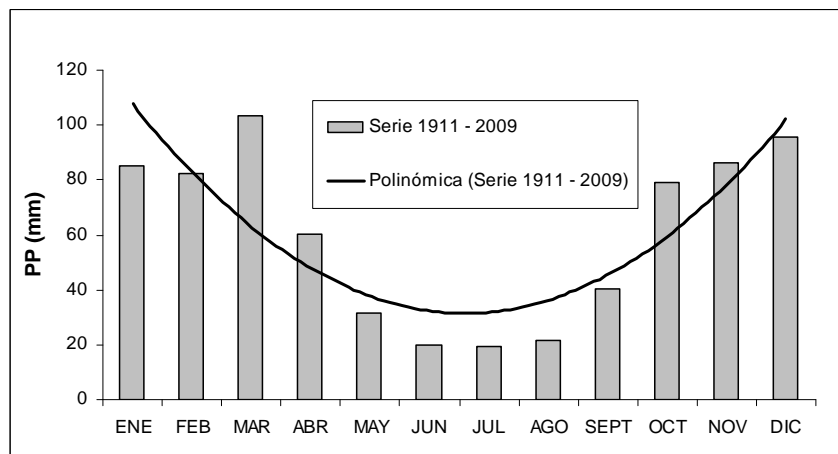


Gráfico 2.6. General Pico: Precipitaciones Medias Mensuales

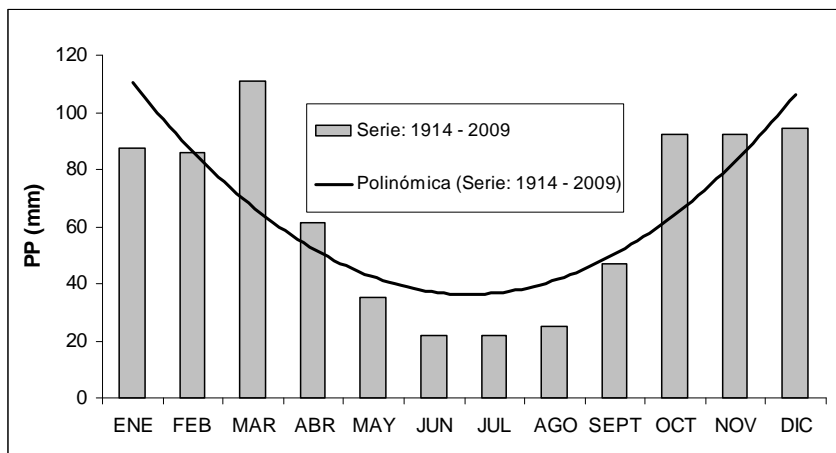


Gráfico 2.7. Quemú Quemú: Precipitaciones Medias Mensuales

Para las series coincidentes de datos de los tres sitios, los años 1956 a 2009, se realizó una comparación de los totales anuales, mostrando que el 53 % de las veces la localidad de Quemú Quemú presenta mayores precipitaciones que el resto (Gráficos 2.8. y 2.9.). Esto muestra una diferencia en la distribución regional que se afirma y consta en la bibliografía consultada, ya que en la misma se indica un aumento de 1mm/km de Suroeste a Noreste (Casagrande *et al*, 1999). Probablemente, esto se debe a un tratamiento localizado y no regional, de los datos y requiera de mayor profundización a fin de detectar las causas.

Capítulo II: Caracterización y análisis climático

<b>INTENTE ALVEAR</b>	<b>AÑOS</b>
<b>Años medios</b>	1958/66/68/69/81/85/90/94/96/2002
<b>Años húmedos</b>	1972/73/75/84/86/87/91/92/93/98/2004
<b>Años extremadamente húmedos</b>	1976/78/83/97/99/2000/01/06
<b>Años secos</b>	1956/57/59/61/62/65/70/74/77/79/80/82/88/89/95/2003
<b>Años extremadamente secos</b>	1960/63/64/67/71/2005/08/09

Tabla 2.2. Años según régimen pluviométrico. Intendente Alvear.

<b>GENERAL PICO</b>	<b>AÑOS</b>
<b>Años medios</b>	1912/13/18/21/23/28/32/34/40/41/52/53/55/57/59/63/69/77/78/79/88/90/91/2006/08/09
<b>Años húmedos</b>	1920/26/39/56/74/81/82/98/2000/02/07
<b>Años extremadamente húmedos</b>	1914/17/19/25/46/72/73/75/76/83/84/85/86/87/91/92/96/97/99/2001/02/04
<b>Años secos</b>	1912/14/22/30/31/33/36/43/47/58/61/64/68/71/80/93/94/95/2003/05
<b>Años extremadamente secos</b>	1911/16/24/27/29/35/37/38/42/44/45/48/49/50/51/54/60/62/65/66/67/70

Tabla 2.3. Años según régimen pluviométrico. General Pico.

QUEMÚ QUEMÚ	AÑOS
<b>Años medios</b>	1917/23/25/26/57/64/66/90/95/2002/04
<b>Años húmedos</b>	1918/20/21/40/46/56/63/68/69/72/91/93/98
<b>Años extremadamente húmedos</b>	1914/19/73/74/75/76/77/78/79/80/81/82/83/84/85/86/87/92/96/97/99/2000/01
<b>Años secos</b>	1915/27/28/32/34/35/36/39/41/44/45/52/53/59/60/65/67/70/71/80/89/2006/07/08
<b>Años extremadamente secos</b>	1916/22/24/29/30/31/33/37/38/42/47/48/49/50/51/54/55/58/61/62/94/2001/05

Tabla 2.4. Años según régimen pluviométrico. Quemú Quemú.

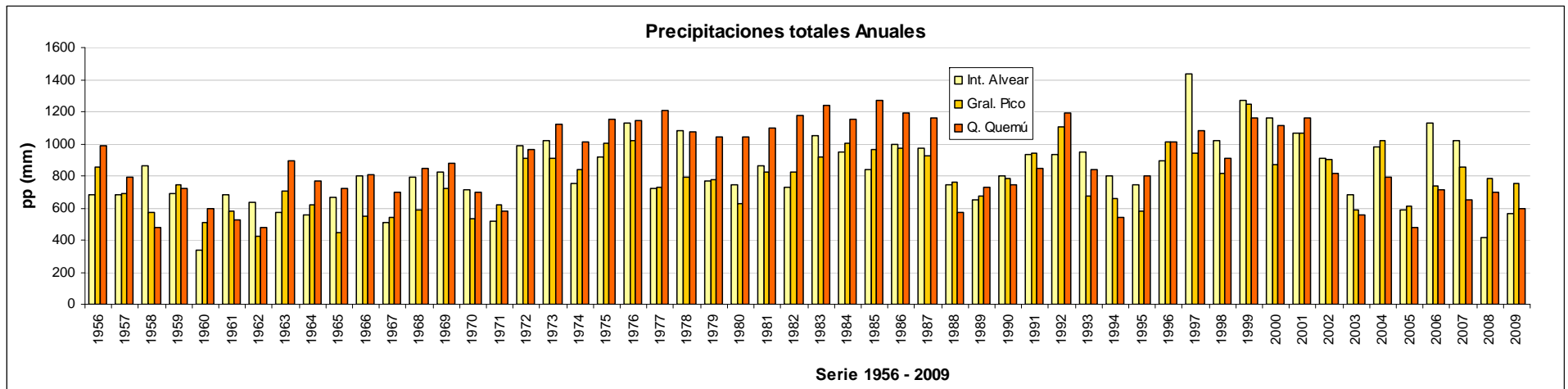


Gráfico 2.8. Comparación de los totales anuales de las localidades de Int. Alvear, Gral. Pico y Q. Quemú: Serie 1956-2009

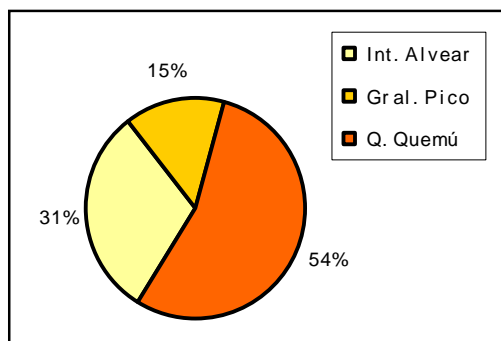


Gráfico 2.9. Proporción de ocurrencia de mayores precipitaciones entre las tres localidades.  
Serie: 1956 – 2009

### 2.4.2. Temperatura

La temperatura del aire es un elemento climático que influye con sus fluctuaciones diurnas y estacionales. A lo largo del año, dichas fluctuaciones térmicas determinan las distintas estaciones. En general, para caracterizar una región se considera el comportamiento de la temperatura del aire en dos épocas bien diferenciadas (verano e invierno). El verano está representado por el valor medio del mes más caliente (enero) y el invierno por el mes más frío (julio) (Casagrande y Vergara, 1999).

La temperatura media de enero de la zona en estudio no presenta diferencias marcadas de norte a sur y sus valores oscilan alrededor de 24.0°C. La temperatura media del mes de julio tiene un gradiente decreciente en sentido norte a sur con valores de 8,1°C para General Pico y 7,4°C para Quemú Quemú.

Las temperaturas máximas absolutas no difieren entre las distintas localizaciones de la zona en estudio lo que denota una mayor homogeneidad del verano acusando valores de 44,0°C.

Las temperaturas mínimas absolutas presentan una diferencia de alrededor de 1.0°C. entre ambas localidades con registros de -10.4°C. para General Pico y -11.5 °C. para Quemú Quemú. (Gráfico 2.10. y 2.11.)

Un factor importante a tener en cuenta dentro del régimen térmico lo constituyen las heladas, que limitan el ciclo evolutivo de las plantas (heladas meteorológicas: temperatura en abrigo meteorológico de 0°C o inferior). En esta zona el período de ocurrencia se extiende desde el otoño hasta la primavera. La fecha media de la primera y la última helada denota una variabilidad entre el extremo noreste y sudoeste del área. El período libre de heladas es de aproximadamente 225 días y el período con heladas de 140 días.

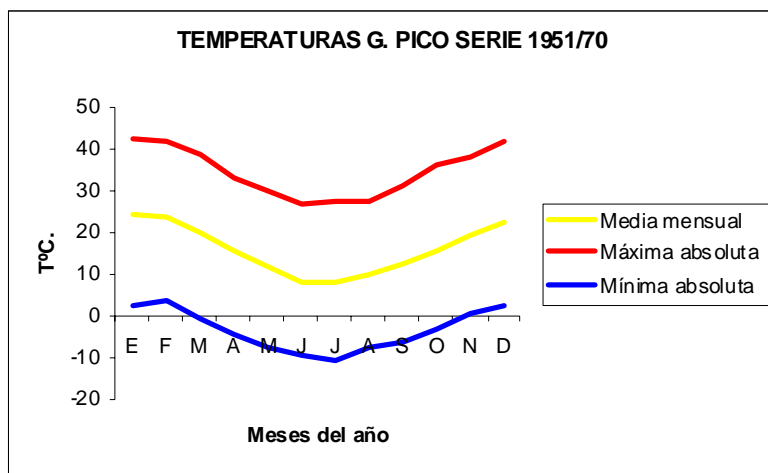


Gráfico 2.10. Régimen térmico General Pico



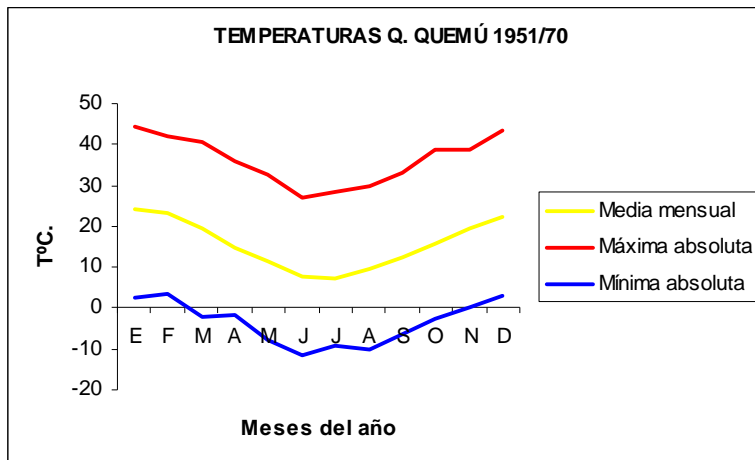


Gráfico 2.11. Régimen térmico Quemú Quemú

### 2.4.3. Vientos

El análisis de esta variable es importante porque influye fundamentalmente:

- a) en el proceso evapotranspiratorio
- b) en las características de las masas de aire que se desplazan sobre una zona
- c) en el proceso erosivo del suelo

Si bien la información meteorológica existente es escasa, se determinaron las siguientes distribuciones de frecuencias de direcciones:

- anual (Gráfico 2.12.)
- para la estación estival, representada por el mes de enero (Gráfico 2.13.)
- para la estación invernal representada por el mes de julio. (Gráfico 2.14.)

En correlación con los movimientos de las masas de aire y de acuerdo a la dinámica del sistema ambiental pampeano, las direcciones predominantes son del N-NE y S-SW

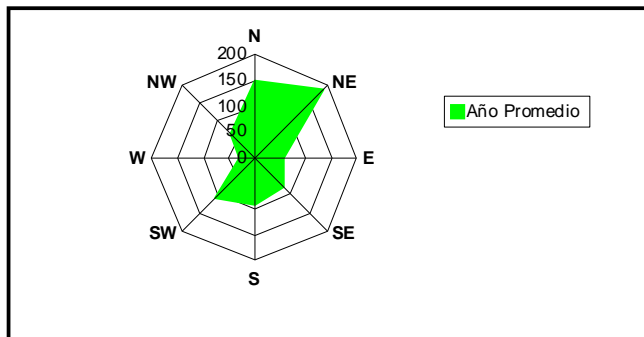


Gráfico 2.12. Distribución promedio anual (\*)

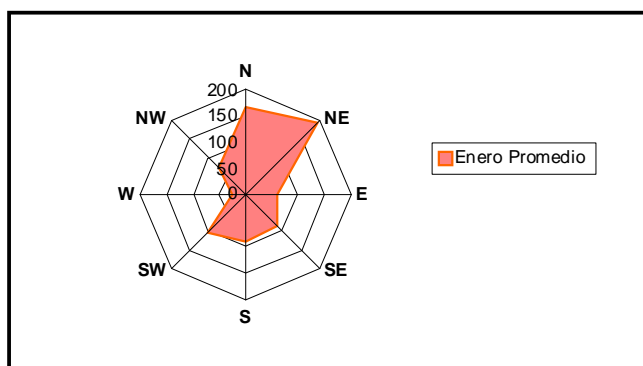


Gráfico 2.13. Distribución promedio Enero (\*)

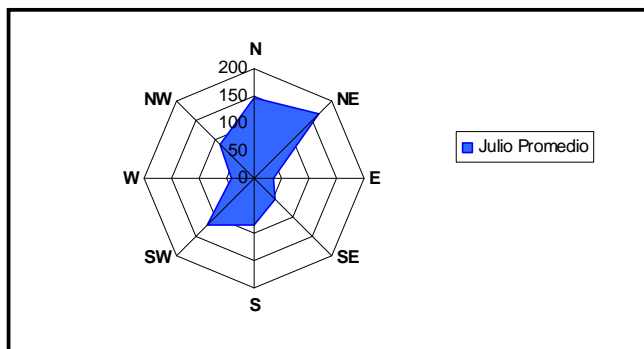


Gráfico 2.14. Distribución promedio Julio (\*)

(\*) Tomados de la EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS OBRAS PREVISTAS PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES EN EL NORESTE DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA. UNLPam - Abril de 2001.

#### 2.4.4. Evapotranspiración

La variable considerada constituye la principal salida del sistema hidrológico objeto de estudio, junto con, en menor medida, el escurrimiento superficial y el flujo subterráneo.

En los ambientes de llanura de regiones semiáridas esta variable reviste gran importancia ya que la estimación por diferentes métodos permite completar el balance hidrológico.

La estación experimental del INTA de General Pico, observa y publica una acotada cantidad de variables climáticas, entre ellas los valores de evapotranspiración potencial estimados por las expresiones metodológicas propuestas por Penman y Thornthwaite.

Comparando las dos series de estos autores, durante el periodo 1961 – 2006, se encuentran diferencias acumuladas del orden del 5% respecto del total evapotranspirado dentro del periodo. Esta diferencia, tal como lo menciona la publicación, puede adjudicarse al método de estimación.

En el trabajo de Castro (2009) se realizó una comparación de métodos de cálculo de la evapotranspiración real y se obtuvieron los resultados que figuran en la tabla 2.5. a continuación:

<b>Método de cálculo</b>	<b>Evapotranspiración Real (mm)</b>	<b>Porcentaje( % )</b>
Balance por Thornthwaite (1961-2006)	817,3	91.11
Turc (1961-2006)	681	69
Coutagne (1961-2006)	880,2	89
Balshort (1980-2006)	880,6	86.15

Tabla 2.5. Evapotranspiración por diferentes métodos (Castro, 2009)

### 2.4.5. Balance hidrológico

La conjunción de oferta (precipitación) y demanda (evapotranspiración) de agua constituye el balance hídrico y permite definir períodos de recarga, excesos, deficiencia y consumo del agua del suelo (Casagrande y Vergara, 2001).

A continuación se presentan los resultados del balance hídrico realizado por los especialistas en la temática Casagrande y Vergara (op. cit.) en el marco del estudio de Impacto Ambiental de las obras de mitigación de las inundaciones para el área bajo estudio, culminado en el año 2001.

En el mencionado trabajo el balance hidrológico mensual climático se calculó utilizando la metodología de Thornthwaite y se consideraron dos situaciones de capacidad de retención de agua en el suelo: 100 y 200 mm.

La evapotranspiración potencial (ETP), dato necesario para ejecutar el balance, refleja la demanda de agua por parte de la atmósfera. Se ha calculado por el método de Thornthwaite (1948).

En el estudio arriba mencionado, se seleccionaron Realicó, General Pico y Quemú Quemú, para calcular sus balances hídricos de los períodos 1921/70 y 1971/99, debido a la coincidencia manifestada en la distribución de las precipitaciones en cada una de las localidades. Estas resultan abarcativas del área en estudio por su ubicación geográfica ya que Realicó se sitúa más al norte, General Pico al centro y Quemú Quemú al sur.

En el contexto general del balance se encontraron para las tres localidades, diferencias muy marcadas entre el período 1921/70 y 1971/99. Durante el período húmedo los valores correspondientes a evapotranspiración real se han

aproximado a los de evapotranspiración potencial, hecho que indica elocuentemente el incremento de la disponibilidad de agua en la región.

Se observa un vuelco en la situación hídrica para estas localidades, ya que el balance hídrico climático del período 1921/70 presenta excesos anuales nulos y deficiencias hídricas anuales importantes. Por el contrario en el período 1971/99 se registran excesos importantes y deficiencias muy bajas.

Del análisis del balance hídrico anual surgen dos momentos bien diferenciados, casi coincidentes con la distribución de las precipitaciones. Ellos son abril/septiembre y octubre/marzo. Para el período 1921/70 en las tres localidades analizadas y las dos capacidades de campo consideradas (100 y 200 mm.) no hubo excesos de agua, en cambio se encontraron valores de deficiencia hídrica para los dos momentos, siendo muy importantes durante los meses estivales (octubre/marzo).

El período 1971/99 en las tres localizaciones acusó un comportamiento en los parámetros hídricos muy diferentes al anterior. En los meses estivales (octubre/marzo) hubo excesos de agua con un gradiente creciente en el sentido norte sur, mientras que las deficiencias fueron escasas y con gradiente decreciente en dirección norte sur. En la época otoño-invernal (abril/septiembre) la deficiencia fue nula y los excesos siguieron el mismo gradiente que en los meses estivales.

## **CAPÍTULO III**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

En los estudios integrales del ambiente en general y en los estudios del sistema hidrológico en particular, se deben tener en cuenta todos los factores físicos componentes, principalmente la geología, la geomorfología e hidrogeología, que actúan como condicionantes de la dinámica hidrológica. Estos factores también influyen directa o indirectamente en la calidad físico-química de las aguas.

Los suelos, otro componente físico del medio natural que afecta directamente a las aguas, ya que el agua de lluvia debe atravesar los suelos para poder recargar los acuíferos de la región. Así mismo los suelos intervienen en la dinámica superficial de las aguas por su diferente capacidad de retención y pendiente.

Estos factores físicos fundamentales son modificados naturalmente por el clima, analizado en el capítulo anterior, y artificialmente por la actividad del hombre. El hombre puede alterar la geomorfología y los suelos, de manera directa e indirecta, como consecuencia de sus actividades, favoreciendo los procesos de erosión, entre otras cosas.

### **3.2. METODOLOGÍA**

En el presente capítulo se desarrolla la geología, la geomorfología, la hidrogeología y la edafología de la región bajo estudio en base a la bibliografía consultada. Se integran las distintas fuentes en un mismo documento descriptivo, con el fin de caracterizar la zona desde el punto de vista de estos factores físicos como componentes de todo el sistema hidrológico estudiado.

Se complementa la información con el reconocimiento a campo de lo referenciado en la bibliografía.

### **3.3. DESCRIPCIÓN DE LA GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA.**

#### **3.3.1. Geología e hidrogeología**

El área está representando una zona intermedia entre la cuenca sedimentaria de Laboulaye (provincia de Córdoba) y la Cuenca de Macachín (provincia de La Pampa) (Mapa N° 2 – Anexo A), donde es altamente probable, de acuerdo a estudios de Zambrano J. (1974), que la zona represente un alto estructural entre ambas sobre el que la ingresión marina miocena quedó representada por un reducido espesor sedimentario compuesto de arcilitas. En el área de estudio no hay afloramientos rocosos y solo rompe la monotonía del paisaje algunas geoformas arenosa de origen eólico (Castro, 2009).

De acuerdo con los antecedentes regionales existentes basados en perforaciones profundas, entre los 235 y 265 metros de profundidad aparecen areniscas cuarzosas similares a las descritas para el subsuelo del noroeste de la provincia de Buenos Aires, consideradas triásicas (Giai y Gatto Cáceres, 1996). La secuencia continúa con unos 100 metros de arcillas verdes y castañas, arenas gruesas y medianas con arcillas grises intercaladas atribuibles al Mioceno, a las cuales suprayacen aproximadamente 137 metros de arenas finas a limosas cementadas por material calcáreo, con presencia de intercalaciones limo-arcillosas y de capas y nódulos de tosca, que se atribuyen a la Formación Cerro Azul (Linares et al., 1980) de edad Mioceno Superior (Goin et al., 2000).

Finalmente, se encuentra una capa arenosa reciente de potencia variable, desde unos decímetros en las depresiones hasta 10 metros en los cordones medianosos, constituida por arenas gruesas a medianas en la base y arenas más finas con abundante vidrio volcánico hacia la parte superior (Malán, 1983). También en Bernardo Larroudé, 30 km al Norte, existe información de perforaciones de hasta 250 m de profundidad aproximadamente, atravesando arcilitas verdes miocenas y no alcanzando el basamento técnico.

Por sobre las arcilitas citadas se encuentran los limos arenosos del Pampeano, con espesores del orden de los 150 m, y finalmente arenas eólicas holocenas. Las mismas adoptan la forma de cordones orientados del NNW al SSE, (Malan, 1983), alternándose con depresiones.

Ellorriaga y Tullio (1998) estudiaron las distintas formaciones geológicas y del basamento en profundidad, y su relación con el relieve y los lineamientos, especialmente la sucesión de altos y depresiones, de poco desarrollo en la zona oeste de la provincia pampeana, con una orientación dominante NO-SE y NE-SO. La morfología superficial observada se corresponde con las estructuras de subsuelo (Mapa N° 6 – Anexo A).

Además, las cartas hidrogeológicas (Buteler, 1983 y Miglianelli, 1992) en especial las piezométricas presentan en la zona occidental de la provincia de La Pampa una serie de variaciones cuyo desarrollo coincide con la disposición de los bloques resultantes de los sistemas de fracturas encontrados. Ellas se refieren a los cambios de los niveles hídricos, de la potencia y extensión de los acuíferos y a la orientación y relaciones entre las distintas regiones hidrogeológicas.

Desde el punto de vista geológico-estratigráfico, Figura 3.1, se reconocen en el área las siguientes unidades:



a.- Formación Junín (CFI., 1975), que presenta dos miembros:

a.1) El Miembro superior conformado por arenas de tamaño variable, a veces limosas, no consolidadas, prácticamente sin contenido cálcico, compuesta fundamentalmente por cuarzo, feldespatos, máficos y vidrio, de espesor variable, desde una capa delgada o ausente en las lomas, hasta 3 m en algunos puntos. Se desarrolla entre las áreas lagunares y bordes cuspidales, fruto de la remoción eólica del Lujanense y Cerro Azul por agentes principalmente eólicos. Sobre esta formación se desarrollan en general los suelos del sector.

a.2) El Miembro basal, que está integrado por arenas gruesas a finas y limosas o limosas-arenosas, son cuarzosas, tienen vidrio y en menor cantidad máficos y feldespatos. Se presenta desde consolidada a friable. El carbonato de calcio está presente fundamentalmente al estado pulverulento. Su potencia, de acuerdo a las observaciones efectuadas en distintos pozos de exploración efectuados en la zona varía desde 2,80 m hasta 6 m de profundidad.

b.- Formación Cerro Azul (Linares, *et al*, 1980): Con este nombre se designa un conjunto de capas alternantes limo-arenosas y arcillosas mezcladas de color pardo amarillento a pardo rosado de origen continental. Normalmente están consolidadas con presencia variable de carbonato de calcio, desde el estado pulverulento al de cemento de la entidad. Su potencia alcanza hasta los 190 mts y se le asigna edad Miocena superior (Mariño, 2003).

c.- Formación Paraná (Irigoyen, 1975): se atribuyen a las capas de origen marino que aparecen por debajo de 191 mb.b.p. (Giai, 1972). Está compuesta por arcillas verdes, a veces con restos de pellecípodos, con cristales tabulares de yeso y capas intercaladas de limos castaños. La edad de esta unidad es Miocena. La separación, parte a parte, entre las distintas formaciones, está representada en cada caso, por una discordancia de erosión.

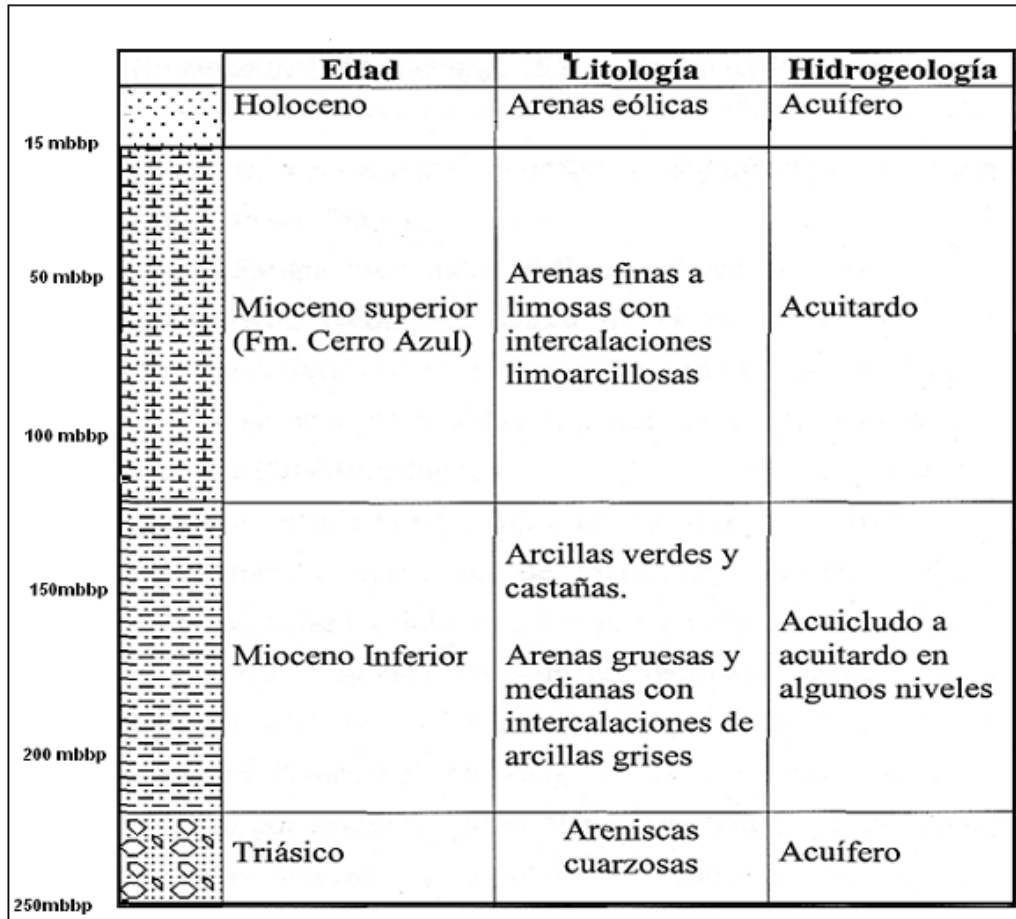


Figura 3.1. Perfil estratigráfico (tomado de Mariño et al, 2003)

El principal almacén hidrogeológico de la región, con carácter predominantemente acuitardo, lo constituye la formación Cerro Azul (Linares et al, 1980) y a la que se le ha asignado una edad del Mioceno Superior (Goin et al, 2000; Mariño et al, 2003). Ésta se caracteriza por constituir una secuencia sedimentaria integrada por arenas muy finas y limosas, en sus términos superiores, en tanto que en profundidad se hace más limosa hasta limoarcillosa.

Esta formación está cubierta por una capa arenosa eólica de espesor variable de granometría gruesa en la base y de fina a media en la mayor parte del perfil. En algunos sectores esta capa tiene una potencia muy reducida y no participa

como roca almacén del agua subterránea pero incide fundamentalmente en el proceso de infiltración del agua de lluvia.

Si bien el escurrimiento subterráneo regional es hacia el Este, la configuración geomorfológica determina distintas situaciones en cuanto a la dinámica del agua subterránea. Las formas elevadas del relieve se comportan como áreas de recarga, en tanto que las depresiones de ubicación ínter medanosas actúan como áreas de descarga, formando lagunas o bañados, permanentes o temporales. Las áreas de conducción se localizan en los sectores intermedios entre los anteriores, tienen un relieve predominantemente llano y pendiente oriental. Las áreas de recarga constituyen importantes acuíferos para la región, algunos de ellos objetos de explotación intensiva o parcial, para la atención de servicios públicos de provisión de agua potable. Su baja salinidad y contenido aceptable de elementos perniciosos se extiende solamente hasta profundidades de 25 ó 30 m, más allá de las cuales, si bien se mantiene un contenido salino apropiado, se hace notorio el incremento, tanto del flúor como del arsénico. Las aguas de descarga, por el contrario, resultan en muchos sectores, prácticamente inprovechables, tanto por los elevados tenores salinos o por excesos marcados de los oligoelementos mencionados, aun en aguas de moderada salinidad.

A continuación se describe brevemente el análisis hidrogeológico realizado por Malán J. M. en el año 1983, en su Estudio Hidrogeológico para el Abastecimiento de Agua Potable a la localidad de General Pico. En el mismo describió las formaciones superficiales del área de estudio. El autor identifica una formación superior "Formación Arenosa" y otra subyacente "Formación Pampa", y entre ambas un techo semipermeable derivado de esta última formación conocida como "Tosca".

La Formación Pampa o Pampeano está caracterizada por su naturaleza arenosa fina a limosa, variablemente consolidada por presencia de material calcáreo cementante que conforman las conocidas capas de tosca.

La Formación Arenosa se apoya sobre la Pampeana, constituida por arenas gruesas a medianas, en parte gravillosa fina, que pasa en superficie a una arena más fina, con abundante vidrio volcánico, y que constituye el material parental de los suelos. El espesor de esta formación es variable, en el eje de la dorsal topográfica de campos medanosos es de 10 metros, mientras que en las depresiones es de apenas unos decímetros.

Estas formaciones contienen dos acuíferos con particularidades hidráulicas bien definidas aunque íntimamente relacionadas entre sí: el acuífero freático alojado en la formación Arenosa y el subyacente alojado en la formación Pampa. El acuífero freático, por la naturaleza arenosa de los sedimentos, tiene una permeabilidad estimada en 20m/día. La presencia de agua en este acuífero depende del espesor del mismo, aunque en términos generales el espesor saturado oscila entre 2,50 m y 6,50 metros en épocas con pluviometría favorable y reduciéndose a la mitad en épocas menos favorables. El coeficiente de almacenamiento para este acuífero se estima entre 0,08 y 0,17.

El acuífero subyacente constituye la continuidad hidráulica del freático, aunque variando fundamentalmente las características hidrogeológicas. Si bien en algunos lugares la naturaleza sedimentológica se mantiene arenosa, en general la granulometría se hace más fina. Las permeabilidades calculadas según los ensayos de bombeo, oscilan entre los 2 m/día hasta los 8,8 m/día. El almacenamiento se calcula en  $2 \times 10^{-3}$ .

De los resultados de los ensayos de bombeo, en los cuales se utilizaron pozos de observación se desprende que existe un aporte vertical de agua desde el acuífero superior, de la formación Arenosa (freático propiamente dicho) a la

Formación Pampa. Este aporte tiene lugar a través del techo semipermeable (tosca con variable contenido carbonático) de la formación Pampa. En algunos ensayos los resultados parecerían indicar que más bien se trataría de fenómenos de drenaje diferido, aunque la información disponible no se considera lo suficientemente abundante y precisa como para confirmarlo.

### 3.3.2. Geomorfología

Geomorfológicamente el área que se estudia corresponde a la subregión “Planicies Medanosas” (Cano *et al*, 1980) o a la unidad “Llanura Pampeana de Modelado Eólico Superimpuesto (Calmes, 1996) y desde el punto de vista fisiográfico y en sentido regional, puede considerarse como una extensa llanura con suave pendiente hacia el Este, con un gradiente del orden de 0,4 m/km.

Sobreimpresas a este relieve muy uniforme se destacan, a lo largo del sector central de la región y con un rumbo aproximado NNW-SSE, geoformas medanosas elongadas o médanos aislados que hacia el Sur del área se enmascaran con otra alineación de rumbo transversal (Figura 3.2). Las geoformas mayores de rumbo NNW-SSE, se presentan como “dorsales” positivas y uniformes de importante extensión longitudinal, que limitan por el Oeste con amplias depresiones subparalelas y de carácter endorreico, en tanto que hacia el Este engranan suavemente con el ambiente de llanura.

En algunos sectores se presenta una alternancia de franjas con relieve positivo y negativo, en tanto que en otros se trata de elevaciones aisladas entre las cuales se disponen pequeños bajos ocupados por lagunas, ocasionalmente según la situación hidrológica imperante. Los procesos morfogenéticos que actuaron fundamentalmente en esta área fueron eólicos (de acumulación y deflación) produciendo una capa arenosa de espesor variable. Las geoformas mayores lucen como dorsales de significativa extensión longitudinal, las cuales limitan por el Oeste con amplias depresiones subparalelas y de carácter

endorreico y hacia el Este se enlazan paulatinamente con el ambiente de llanura. (Schulz y Castro, 2005).

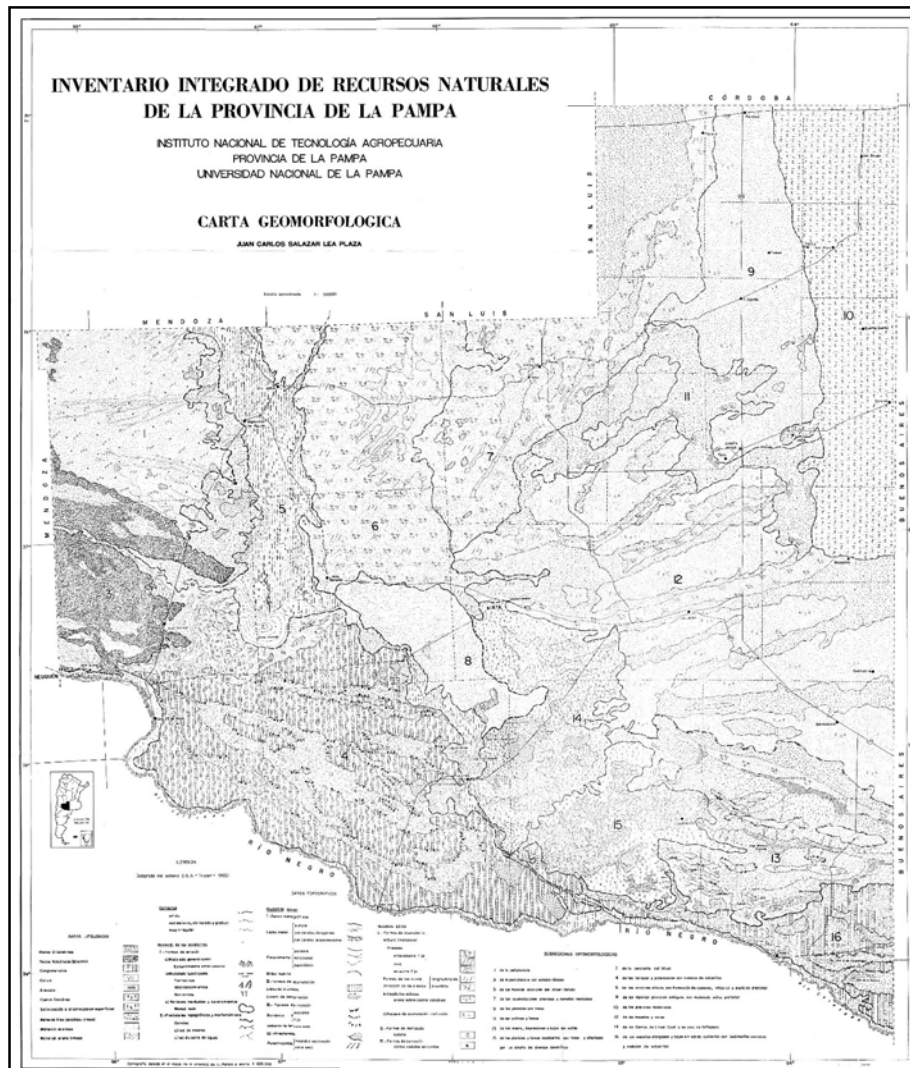


Figura 3.2. Carta Geomorfológica (Tomada del Inventario de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa, 1980)

### 3.3.3. Edafología

En el Inventario Integrado de los Recursos Naturales (1980) se realiza una descripción regional de los suelos dominantes. El área de estudio se caracteriza por estar dividida en dos subregiones: De las Planicies con Tosca y De Las Planicies Medanosas (Mapa N° 4. Anexo A).

a) La Subregión De las Planicies con Tosca se delimita geográficamente dentro de los departamentos de Realicó, Trenel y E de Conelo.

El material parental se describe como sedimentos de origen eólico y textura franco arenosa fina, con 12 % de arcilla y 28 % de limo total. Estos materiales descansan en discordancia sobre la tosca. Ésta aflora o se encuentra generalmente entre los 60 cm y 120 cm.

Según la clasificación taxonómica el suelo dominante es un Haplustol éntico, familia franco gruesa mixta térmica.

Otro suelo es el Haplustol típico, familia franco fina, mixta térmica. También aquí la tosca se presenta a 50 cm. La característica fundamental que lo diferencia del anterior es la presencia de un horizonte B. Estos suelos presentan películas arcillosas que recubren la superficie de los agregados estructurales. Se ubican en general cerca de las localidades de Trenel y Alta Italia.

Se presentan los resultados de dos perfiles típicos ubicados en las cercanías de Monte Nieves y Embajador Martini.

b) La Subregión De las Planicies Medanosas se ubica geográficamente en los departamentos de Chapaleufú, Maracó y Quemú Quemú.

El material parental es una arena loésica de reciente deposición, de textura franco arenosa fina, con 10 % de arcilla y 15 % de limo total.

Tienen permeabilidad rápida, es excesivamente drenado y su mayor limitación es la baja capacidad de retención.

La clasificación taxonómica responde a un Hapludol éntico, familia arenosa, mixta, térmica.

A escala regional, se distinguen, según el Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa (Cano *et al*, 1980) tres unidades cartográficas a saber:

- a) De las Planicies Medanosos con Cubetas (Hue2)
- b) De las Planicies Medanosas Onduladas (He1+Ut1) y
- c) De las Planicies Medanosas con Médanos Vivos (He1 +Ut1)fE3.

A los fines del presente estudio, solamente se citará la unidad que involucra al área del presente trabajo.

A - Unidad Cartográfica de las Planicies Medanosos con Cubetas:

Se encuentran ubicadas en el extremo NE de la Provincia, abarcando la mitad E del Departamento Chapaleufú, extendiéndose sin limitaciones hasta el Sur de la provincia de Córdoba y Oeste de la provincia de Buenos Aires, siendo el área de Intendente Alvear la más representativa.

Desde el punto de vista del paisaje y en una ligera caracterización general, se puede decir que se trata de llanos suavemente ondulados que incluyen cubetas de 10 a 50 m de diámetros con suelos ácidos. Se trata de zonas locales de descarga que representan menos del 1% de la unidad cartográfica. En cuanto a su material parental está compuesto de arenas loessicas de reciente deposición, de textura franco arenosa fina con 10 % de arcilla y 25 % de limo



total. A partir de 1.20 a 1.50 m de profundidad presenta alrededor de 2% de Carbonato de Calcio en concreciones y en la masa.

Con respecto al suelo dominante, tiene incipiente evolución genética con un sencillo perfil del tipo A-AC-C y la tosca se encuentra cercana a los 2 m. El suelo es profundo con un buen contenido de materia orgánica, cercano al 2% , reuniendo las exigencias de un epipedón mólico. Presentan drenaje algo excesivo, con una permeabilidad rápida, un escurrimiento nulo y capa freática algo profunda (7 a 8 m), aunque en algunos sectores puede tener menos de cinco metros, un régimen de humedad údico, marginal al ústico, temperatura térmica y su clase granulométrica es franco gruesa.

Sus limitaciones son las características para suelos de áreas semiáridas, es decir regular capacidad de retención de la humedad, erosión eólica ligera y sequías estacionales. El suelo dominante es Hapludol éntico, familia franca gruesa, mixta térmica y el asociado es de reacción ácida y moderadamente bien drenado. En líneas generales, la descripción de esta unidad sería como se detalla a continuación en la Tabla 3.1 y Figura 3.3.

Profundidad	Descripción litológica
0-10 cm	Ap- Color pardo(10YR 5/3) en seco. Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, franco arenoso fino, bloques subangulares medios moderados, que rompe a granular, débil, suelto, firme, no plástico, no adhesivo, Ph 6,0, límite inferior abrupto, suave, raíces abundantes.
10-32 cm	A12- Gris, (10YR 5/1) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, franco arenoso fino no plástico, no adhesivo, Ph 6,0, límite inferior claro suave, raíces abundantes, ceniza volcánica de 2 cm de espesor, a veces muy mezclada por el laboreo.
32-62 cm	AC- Gris claro(10YR 6/1) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo, franco arenoso fino, bloque subangulares medios débiles, no plásticos, no adhesivos, Ph 6.7, límite inferior suave, raíces abundantes.
62-110 cm	C1- Gris claro (10YR 4/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo, franco arenoso fino, débilmente estructurado en bloques, muy

	débiles, no plástico, no adhesivo, Ph 6.9, límite inferior gradual y suave, a los 80 cms un nivel de lamelas no muy manifiestas.
+ de 110 cm	C2.ca. Gris claro (10YR 6/1) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo. franco arenoso fino sin estructura, grano suelto no plástico, no adhesivo, Ph 8.1, concreciones calcáreas abundantes y fuerte reacción a la masa. La observación macroscópica a los 2 m no revela ningun cambio de las características anotadas.

Tabla Nº 3.1. Conformación de un suelo típico de planicie medanosa

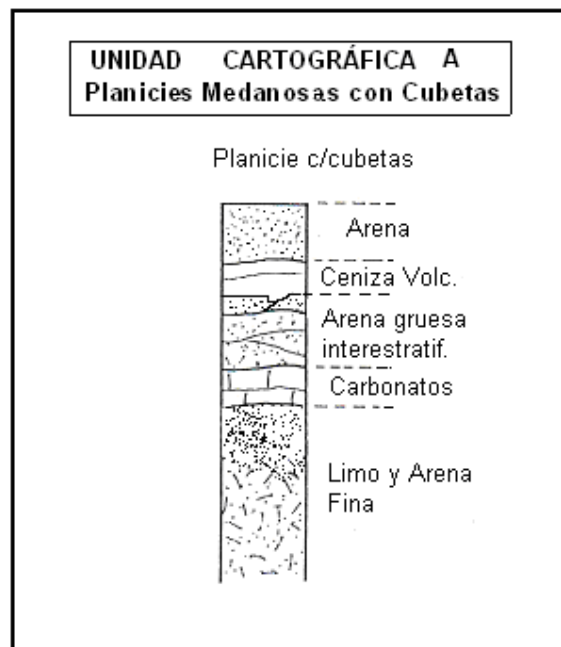


Figura 3.3.: Unidad de suelo (Modificado de Cano *et al*, 1980)

## **CAPITULO IV**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

El análisis del funcionamiento hidrológico del área bajo estudio es el eje fundamental de este trabajo de tesis, el mismo inicia de manera específica en este capítulo y se complementa en los dos capítulos siguientes. El presente capítulo detalla en primer lugar las unidades hidrológicas representadas en toda la región bajo estudio, ubicando en esa clasificación los cuerpos de agua superficial que se muestrearon. Luego se caracteriza la recarga del sistema estudiado y la dinámica del drenaje subsuperficial teniendo en cuenta diferentes factores influyentes del medio.

El análisis piezométrico permitirá inferir el movimiento del agua subterránea y la dirección de esos flujos, también se podrá observar la conexión hidráulica entre las lagunas y acuíferos. Las variaciones del nivel freático a lo largo del tiempo, de cada una de las series de datos aportarán datos fundamentales para establecer el modelo conceptual de funcionamiento.

### **4.2. METODOLOGÍA**

El análisis se fundamentó en un primer lugar, en base a la bibliografía de referencia, se profundizó en la búsqueda específica de diferentes fuentes científicas abocadas al estudio de la recarga y del estudio de los acuíferos en la zona noreste de la provincia de La Pampa. Los datos de niveles freáticos fueron obtenidos de la Administración Provincial del Agua y se trataron mediante herramientas informáticas para su sistematización.

En el plano de ubicación y en el mapa de isopiezas se seleccionaron los piezómetros a tener en cuenta en el análisis, tomando como criterio la ubicación sobre la geomorfología del terreno, la cercanía a los sitios

muestreados y conexión hidráulica probable. Se calcularon los parámetros estadísticos descriptivos y se establecieron las variaciones de los niveles piezométricos a lo largo de todas las series de datos disponibles. Se unificaron las series de datos de niveles de cada localidad con las series de precipitaciones y se confrontaron los datos.

#### **4.3. REGIONES HIDROLÓGICAS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ACUÍFEROS**

En el área bajo estudio se encuentran representadas dos unidades hidrológicas diferentes la ***Región medanosa de la llanura oriental*** y la ***Región de la planicie pampeana central***, según el mapa de las regiones hídricas elaborado entre la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y la Secretaría de Recursos Hídricos del Gobierno de La Pampa (Giraut y Lupano, 2005). Se pueden observar los límites de estas áreas en el Mapa N° 5 del Anexo A.

A continuación se describen de manera resumida las características particulares que diferencian una región con la otra (Hernández Bouquet, 2009).

##### ***- Región medanosa de la llanura oriental.***

Situada en el extremo noreste de la provincia, abarca los departamentos de Chapaleufú, Maracó, Quemú-Quemú, Catrilo y el norte de Atreucó, con las porciones orientales de Realicó y Trenel. Es una continuación del paisaje del oeste bonaerense y sur cordobés caracterizado por una intensa actividad antrópica manifestada por la concentración poblacional y actividades agropecuarias.

La modelación de la región está relacionada con agentes erosivos hídricos y eólicos que han delineado una suave pendiente hacia el este con alturas que oscilan entre 119 m en Miguel Cané y 140 m en Macachín.

Del punto de vista hidrológico la región presenta las mayores precipitaciones provinciales con promedios anuales de 750 mm para el período 1921/2000 aunque disminuyen de norte a sur tal como se observa al comparar Bernardo Larroudé (774 mm), Miguel Riglos (700 mm) o Rolón (655 mm). La mayor parte del norte y centro de la región se vio afectada por grandes inundaciones a fines de la década del '90 y comienzos del presente siglo.

En el departamento Chapaleufú se produjo, a partir del año 1979, el ingreso de aguas del río Quinto desde la provincia de Córdoba las cuales drenaron rumbo NW a SE para continuar hacia la provincia de Buenos Aires.

Las aguas subterráneas presentan una salinidad variable registrando los menores valores asociados a las áreas medanosas; la profundidad media del nivel de agua oscila en los 10 m aumentando hacia el sur llegando a unos 20-25 m.

Las zonas de agua apta para consumo humano están asociadas a las formaciones medanosas en general; se detecta la presencia natural de arsénico y flúor.

#### ***- Región de la planicie pampeana central.***

La mayor parte de los departamentos Realicó, Trenel, mitad este de Conhelo, oeste de Quemú Quemú y sectores del departamento Capital, quedan comprendidos en esta región.

El relieve regional se manifiesta por medio de una planicie uniforme, suavemente ondulada alternando pequeñas lomas y depresiones. La presencia de una costra calcárea cubierta por sedimentos de origen eólico, condicionan el espacio cuya altura máxima es de 225 msnm en Conhelo y la mínima con 141 msnm en Metileo. Santa Rosa, ubicada en el sector sur se sitúa a 177 msnm. El drenaje regional es reducido con la presencia de algunos bajos que constituyen reservorios circunstanciales tales como la laguna Chadi Lauquen en inmediaciones de Embajador Martini.

Las precipitaciones anuales promedian más de 600 mm anuales descendiendo los valores desde el sector norte hacia el sur. Los cuerpos de agua

superficiales se hallan muy condicionados por las lluvias y es frecuente que las lagunas comiencen a secarse al final del verano como consecuencia de la evaporación. En circunstancias excepcionales como fue la década del '90 que mostró valores pluviométricos anuales superiores a 1000 mm, se generaron inundaciones que cubrieron vastas extensiones regionales.

Las aguas subterráneas se hallan a una profundidad media de 10 m y la salinidad varía de acuerdo a la profundidad; existe presencia de oligoelementos tales como flúor y arsénico.

Es en la **Región Medanosa de la Llanura Oriental** dónde se ubican los sitios de muestreo de este trabajo de tesis, en esta zona cabe resaltar la caracterización de los acuíferos estudiados y delimitados, de Norte a Sur:

El acuífero que abastece de agua potable a la localidad de Intendente Alvear se ubica en la denominada Estancia Las Mercedes, este reservorio se encuentra al suroeste de Intendente Alvear, entre esta localidad y Ceballos. El área con agua subterránea de buena calidad posee médanos con un relieve marcado, por haberse activado en épocas recientes. El agua está contenida en la parte superior del Pampeano, de carácter arenoso, por lo cual los caudales específicos son relativamente altos, alrededor de 1,5 m<sup>3</sup>/hm, alcanzando como valor máximo 6 m<sup>3</sup>/hm.

El mayor acuífero de esta región hidrológica los constituye el denominado acuífero Speluzzi - Gral. Pico - Dorila – Trilí, este se ubica, sobre una faja de unos 10 Km de ancho de rumbo nor-noroeste sur-sureste, sobre la que se encuentran varias lentes con agua de buena calidad. El basamento hidrológico no se alcanzó en ningún punto del área. Inmediatamente al norte de la ciudad de Gral. Pico, entre 235 y 265 m se atravesaron areniscas cuarzosas, por debajo de 100 m de arcilitas verdes y grises asignables al Mioceno (Giai et al., 1995), tal como ha sido descrito en el capítulo II. Con relación a las mismas y al basamento cristalino, al norte y al sur de esta zona se encuentran las cuencas sedimentarias de Laboulaye y Macachín, respectivamente. Es

altamente probable que el área correspondiente a Gral. Pico represente un alto estructural entre ambas (Zambrano, J., 1974), sobre el que la ingresión miocena, por esa circunstancia, quedó representada por un reducido espesor sedimentario. Por sobre las arcilitas se encuentran los limos arenosos del Pampeano, con espesores del orden de los 150 m, y finalmente arenas eólicas. Las mismas adoptan la forma de cordones orientados del nor-noroeste al sur-sureste (Malan, 1983), alternándose con depresiones.

El nivel freático en la gran mayoría de los casos se encuentra dentro de las arenas eólicas superiores, y se continúa dentro del Pampeano infrayacente. Los caudales específicos normales están en el orden de  $1.3 \text{ m}^3/\text{hm}$ , aunque en el tramo superior, arenoso, puede alcanzar a  $5 \text{ m}^3/\text{hm}$ .

En el caso del acuífero ubicado en la zona de Quemú Quemú la información que se posee del mismo deriva de la evaluación efectuada para abastecer con agua potable a Quemú Quemú (Malan *et al.*, 1988). La composición del subsuelo profundo en el área no se conoce. La más superficial registra la presencia de limos arenosos conocidos genéricamente como "pampeano", cubierto por arenas eólicas de entre 3 y 15 m de espesor. El acuífero de Quemú se comporta como libre con drenaje diferido. Los caudales específicos en los limos arenosos inferiores varían entre  $1.5$  y  $2.3 \text{ m}^3/\text{hm}$  y las transmisividades entre  $100$  y  $200 \text{ m}^2/\text{día}$ .

#### **4.4. RECARGA**

La estimación de la recarga de acuíferos adquiere una relevancia especial para planificar una explotación sustentable, especialmente en regiones subhúmedas que dependen exclusivamente de sus recursos hídricos subterráneos y además, deben atender una demanda gradualmente creciente con elevados consumos estacionales.

Tales valoraciones se ven frecuentemente influidas por las limitaciones presupuestarias de los estudios realizados y por la insuficiencia de registros históricos que con llevan a incertidumbres propias de los métodos aplicados en algunos casos y en otras relacionadas a la verosimilitud de los datos utilizados. Mediante distintas metodologías aplicadas se presentan algunos resultados obtenidos en los trabajos realizados por expertos en la temática.

Una de las técnicas mayormente utilizadas es el cálculo del balance de agua en el suelo, en este se considera el factor climatológico, la respuesta del acuífero, el suelo y la vegetación. El agua infiltrada dependerá de la capacidad de infiltración del suelo, propiedad que es una función parabólica decreciente del contenido de humedad del suelo (Ley de Horton) y que será máxima cuando el suelo tenga una humedad igual al punto de marchitez. La capacidad de infiltración será constante cuando la humedad sea superior a la capacidad de campo, produciéndose escorrentía superficial cuando la precipitación supere la capacidad de infiltración (Custodio, 1997). Otros de los métodos utilizados son el balance de masa del ión cloruro, el cálculo de la infiltración eficaz por las variaciones de los niveles freáticos (Schulz y Castro, 2005)

Para el acuífero de Quemú se ha estimado (Malan, et al., 1988) que la recarga está en el orden de los 50 mm/año, con la cual, en el área evaluada la reserva reguladora alcanza a  $0.25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ , aunque, como la extensión del acuífero es mayor a la estudiada, estas reservas también lo son.

En General Pico se han efectuado varios cálculos de recarga (Malan, 1983; Miglianelli, 1984), a partir de freáticos, balances hídricos seriados a nivel del suelo y escurrimiento subterráneo, que arrojan valores de entre 32 y más de 100 mm/año dependiendo de la pluviometría y el método utilizado para el cálculo. Para las precipitaciones medias de la zona, un valor regional conservador aceptable, es de 60 mm/año, con el cual, considerando la extensión del acuífero de  $175.6 \text{ Km}^2$  (Tullio et al., 1990), se obtiene un volumen de reservas reguladoras de  $10.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ .



En Intendente Alvear, respecto a las reservas reguladoras, se han estimado infiltraciones variables entre el 50 y el 10 % de las precipitaciones (Castro, et al., 1993), con las que se llega a un volumen de  $0,91 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año, con la infiltración ponderada.

#### 4.5. DRENAJE SUBSUPERFICIAL

En el estudio “Diagnóstico de Inundación en la Región Noreste de la Provincia de La Pampa, Argentina”, realizado en el año 2000 se mostró un interesante estudio del drenaje subterráneo regional. En este se afirma que el área no cuenta con un drenaje superficial, sin embargo, los acuíferos subsuperficiales son altamente permeables. De manera resumida se determina que en general, la región de estudio es muy plana (Mapa N° 3 – Anexo A), con pendientes de Oeste a Este con una inclinación del orden de 1m por cada km (1/1000).

Teniendo en cuenta que el acuífero principal está compuesto principalmente por arenas, con una transmisividad (T) medida, de hasta 335 m<sup>2</sup>/día, y asumiendo en forma conservadora, que este valor es representativo del acuífero en su conjunto, es posible calcular el flujo subsuperficial a través del borde Este del modelo, por unidad de ancho (1 m).

$$Q = - T * dh/dx = - 335 \text{ m}^2/\text{d} * 1/1000 = 0.335 \text{ m}^2/\text{d}$$

Asumiendo que los niveles de agua subsuperficial, acompañan la pendiente natural del terreno

Longitud de infiltración (L) = 100,000 m

Que expresado en mm de infiltración equivale a:

$$Q \text{ (mm)} = Q(\text{m}^2/\text{d}) / L * 1000\text{mm}/\text{m} = (0.335 \text{ m}^2/\text{d} * 365 \text{ días /año}) / 100 \text{ (mm/año)}$$
$$\Rightarrow Q = 1,2 \text{ mm}$$

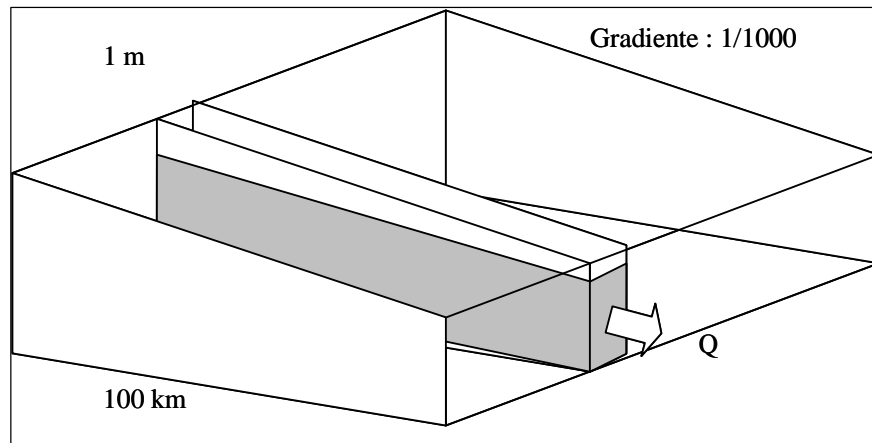


Figura 4.1. Descripción del drenaje subterráneo en el área de estudio  
(Tomada de Danish Hydraulic Institute, 2000)

Si se considera que la precipitación anual acumulada es del orden de aproximadamente 850 mm/año (años húmedos o extremadamente húmedos) el drenaje del área en su conjunto resulta insignificante. Además, estos cálculos no tienen en cuenta la entrada de agua subterránea de las zonas de aguas arriba y este flujo de entrada puede ser mayor que el drenaje.

Durante años normales o medios, la precipitación compensa la evapotranspiración, eso se puede observar en los valores de evapotranspiración citados en el capítulo II. En años húmedos la precipitación excede la evapotranspiración y como estos excesos no pueden ser drenados por el flujo subsuperficial, el nivel freático se eleva hacia la superficie del terreno donde escurren hacia los bajos que cuando se llenan, producen inundaciones de amplias superficies y escurrimientos superficiales sin cauces definidos. Así mismo en los bajos topográficos el agua de los acuíferos descarga en la superficie.

#### 4.6. PIEZOMETRÍA

El sector noreste de la provincia de La Pampa está cubierto por una extendida red de piezómetros construida y operada por la Administración Provincial del Agua del Gobierno de La Pampa.

La recarga de los acuíferos se produce por la infiltración del agua de lluvia y está condicionada por la variabilidad geomorfológica del área (Schulz y Castro 2005; Giambelli *et al*, 2008) La alternancia de áreas bajas y elevadas permite la existencia de acuíferos de baja salinidad, ya que estas últimas se comportan como zonas de recarga, en tanto que las primeras actúan como zonas de descarga (Malán, 1981).

De acuerdo al trabajo sobre la morfología de la superficie freática de la provincia de La Pampa realizado por Giai (1987), el sitio en estudio estaría comprendido dentro del “área nororiental”. El rasgo más saliente de la superficie freática de esta zona se manifiesta a través de isopiezas aproximadamente paralelas, a grandes rasgos coincidentes con las topográficas, indicando una dirección de flujo oeste-este (Figura 4.2).

La superficie piezométrica de la región se encuentra a una profundidad variable en un rango de 0 y 10 metros, dependiendo de los factores enunciados: clima, geomorfología, perfil estratigráfico, entre otros. En rasgos generales la superficie freática acompaña, de manera atenuada, a la topográfica, con niveles estáticos más profundos en las partes elevadas, hasta aflorar en los bajos, que actúan como áreas de descarga local.

La ubicación de freatímetros instalados en el área de estudio responde a la necesidad de investigar la capacidad para suministro de agua potable a localidades cercanas. La lectura se realiza manualmente con periodicidad mensual.

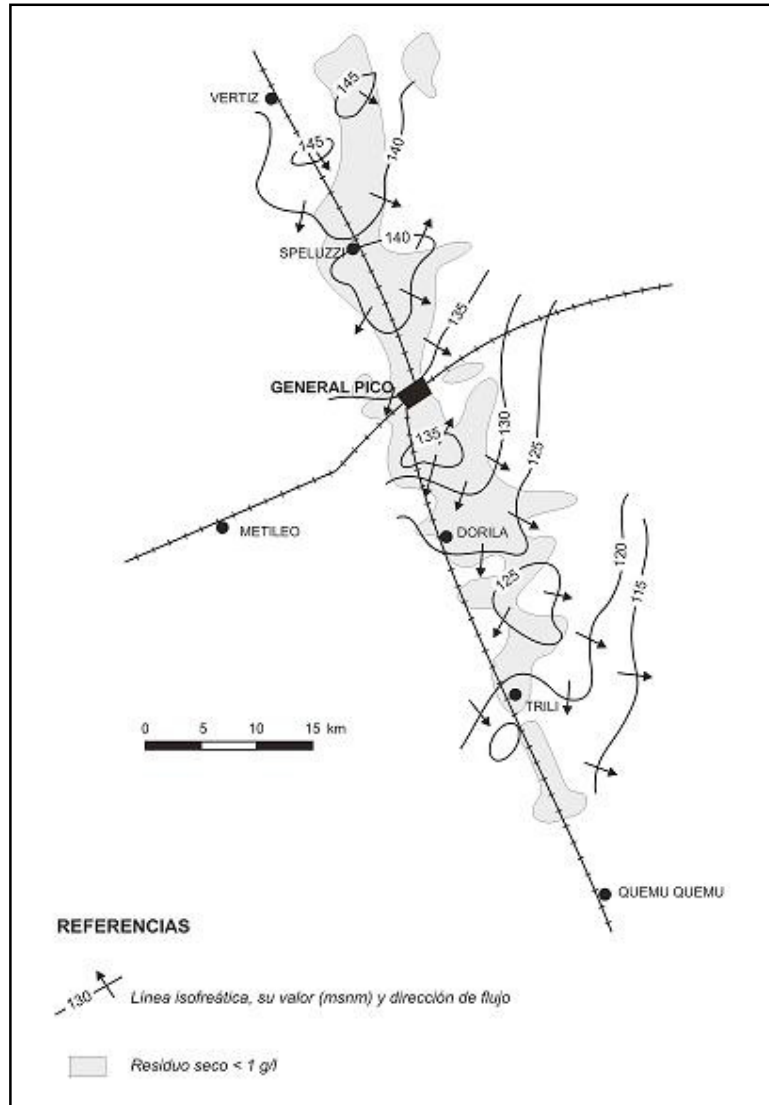


Figura 4.2. Isopiezas y dirección del flujo subterráneo en la zona bajo estudio (Tomado de Gai y Tullio, 1998).

Para este análisis se tomaron los datos de los piezómetros de las localidades lindantes a los cuerpos de agua considerados, ellas son: de Sur a Norte: Quemú Quemú, General Pico e Intendente Alvear.

La localidad de Quemú Quemú cuenta con 3 freáticos, ubicados al NO de la misma (Figura 4.3.). Dos de ellos, los piezómetros N° 2 y 3, están dentro del área de influencia de la explotación del acuífero mientras que el N° 1, está más alejado. Los mismos están a una distancia en línea recta de aproximadamente 9500 m a la laguna El Cañadón.

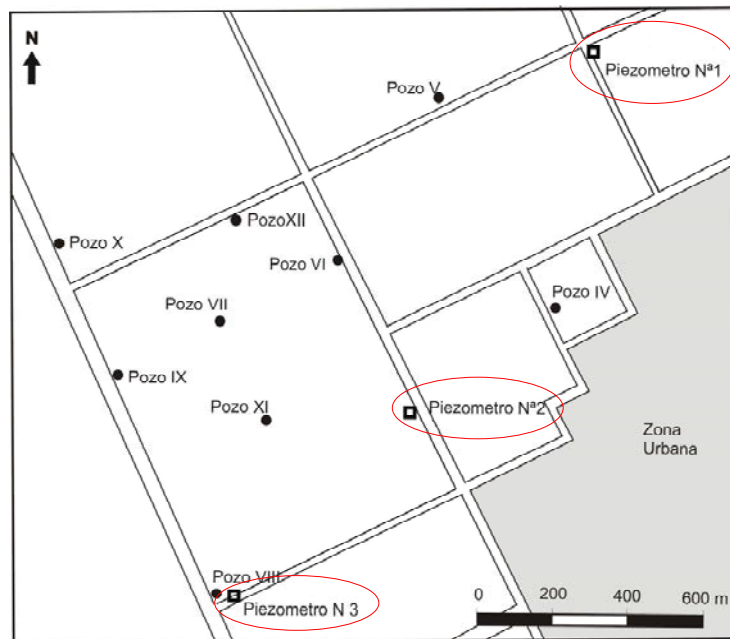


Figura 4.3. Ubicación de los pozos y piezómetros en Quemú Quemú.

General Pico posee tres líneas de control, originalmente compuestas por 23 piezómetros. La línea II coincide con la divisoria subterránea, con una ubicación aproximadamente NNO-SSE, y las dos restantes la atraviesan al sur de la planta urbana, con una orientación NE-SO. Los piezómetros seleccionados para el análisis son los indicados dentro de la elipse roja (Figura 4.4.). Estos se encuentran a una distancia aproximada entre el piezómetro N° 3 de la línea III, de aproximadamente 2100 m en línea recta a la laguna La Arocena.

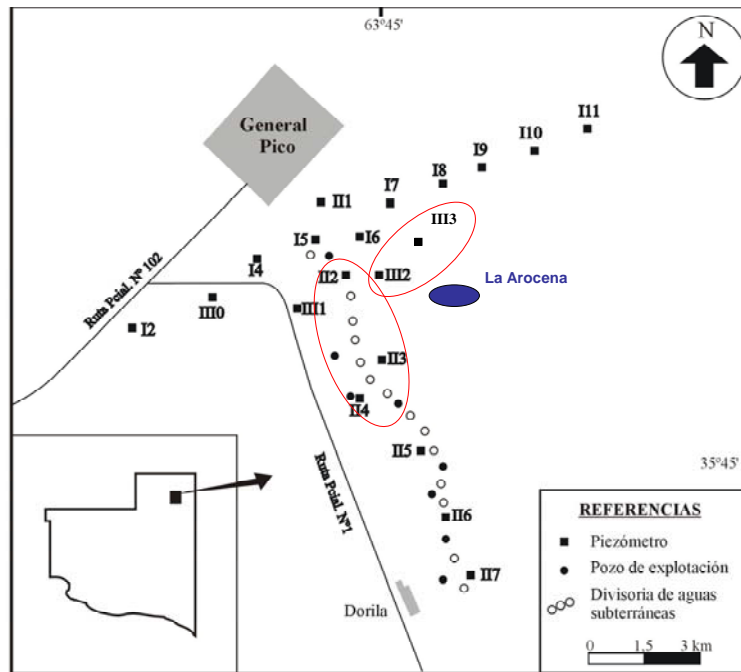


Figura 4.4. Ubicación de los pozos y piezómetros de General Pico.

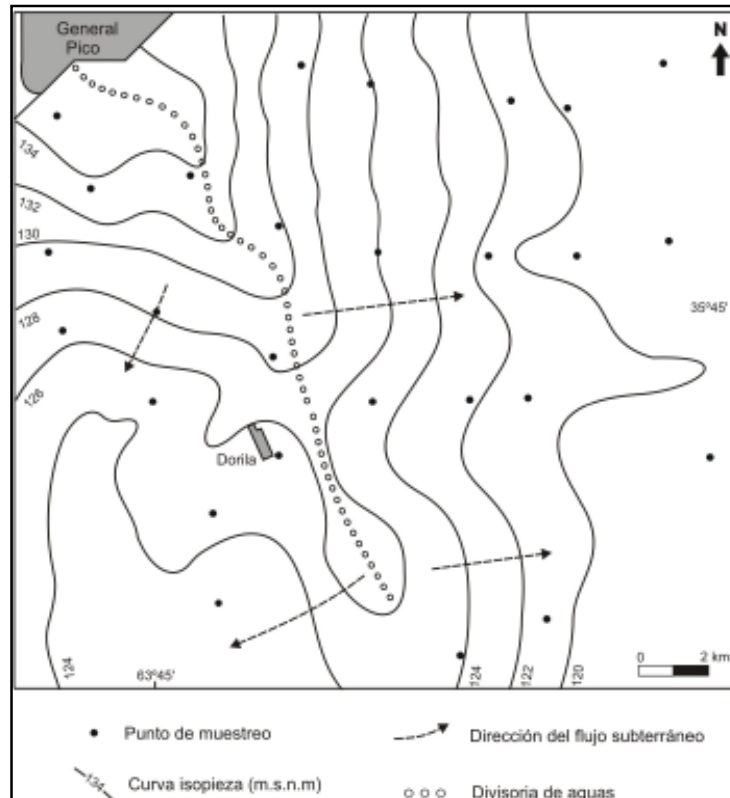


Figura 4.5. Líneas equipotenciales y de flujo. General Pico. (Tomado de Mariño y Schulz, 2008)

La piezometría pone de manifiesto direcciones de escurrimiento hacia el sureste y suroeste, a partir de líneas equipotenciales en forma de V con el vértice orientado hacia el sur-sureste (Figura 4.5.).

Además sobre el eje del acuífero se destacan dos domos con direcciones de escurrimiento radiales divergentes. La conformación de la superficie freática hacia el este tiene pendiente uniforme y queda representada por líneas equipotenciales aproximadamente paralelas, mientras que hacia el oeste tiene una conformación más compleja, con algunas curvas cerradas y flujo convergente, por corresponder a una área de descarga regional subparalela al acuífero.

Intendente Alvear tiene 16 freaímetros, ubicados al suroeste de dicha localidad (Figura 4.6.), distribuidos adecuadamente para cubrir el sector de explotación, cuya superficie aproximada es de 750 has.

En línea recta desde los piezómetros al cuerpo de agua y pozo muestreado en la zona limítrofe con la provincia de Buenos Aires, hay 36 km, en dirección Noreste, por ello, en este caso se lo considera como un dato de aporte regional y no una dato comparativo, ya que el agua muestreada no se corresponde con este acuífero sino con el escurrimiento del río Quinto.

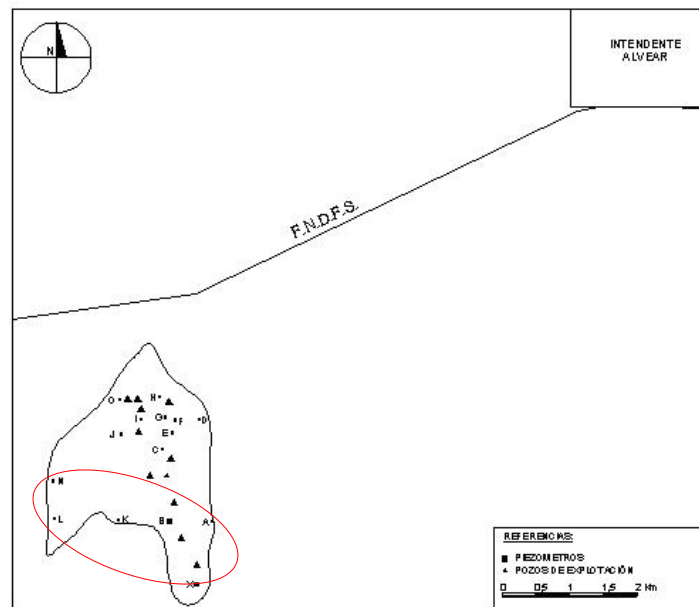


Figura 4.6. Ubicación de pozos y piezómetros de Intendente Alvear.



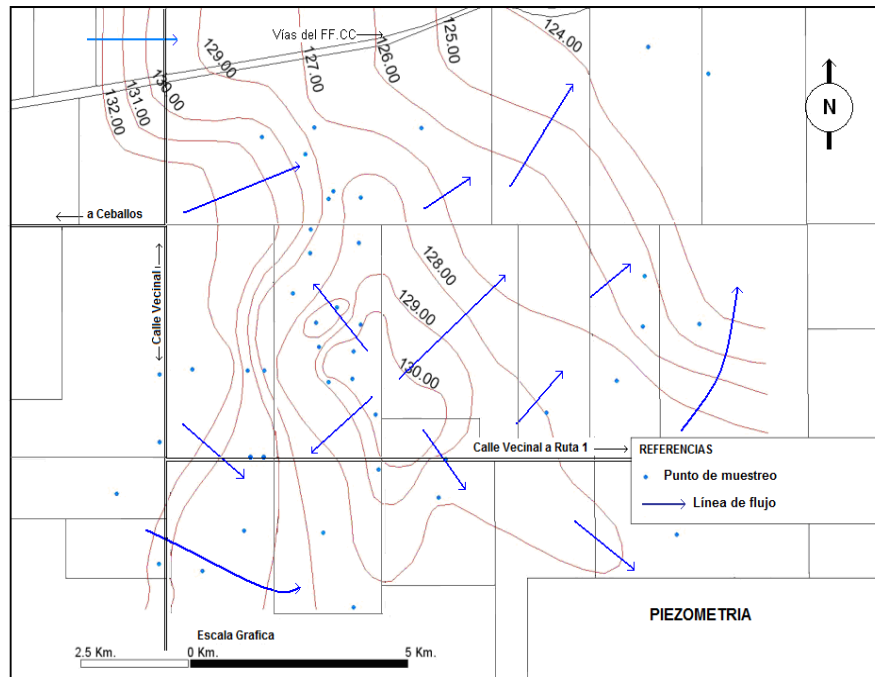


Figura 4.7. Diagrama de líneas Isopiezas: Pozos Int. Alvear. (Tomada de Castro, 2009).

La Figura 4.7. muestra las direcciones del flujo subterráneo en la zona de explotación del acuífero de Int. Alvear, de manera localizada. A escala regional predominan las direcciones indicadas en la Figura 4.2.

A continuación se presenta la dinámica de los niveles piezométricos para cada uno de los sitios considerados:

Los piezómetros de la localidad de Quemú Quemú presentan datos de niveles del acuífero desde fines del año 1986. Comparando la dinámica a lo largo de la serie de los tres en conjunto se puede observar (gráfico 4.1.) una variación similar a lo largo del tiempo. Los períodos de disminución o aumento de la profundidad del nivel piezométrico coinciden. Sin dejar de relacionar las variables nivel piezométrico con la precipitación analizada y descrita en el capítulo II, los períodos de menor profundidad del nivel freático coinciden con los años húmedos y extremadamente húmedos determinados en el mencionado capítulo de este trabajo de tesis.

Tesis de Maestría: “Relación hidrológica e hidroquímica entre lagunas y acuíferos del noreste de la provincia de La Pampa, desde una perspectiva hidrológica - ambiental.”

Autor: Carla A. Moscardi

La comparación de estas variables (precipitación y nivel piezométrico) puede analizarse en los gráficos 4.5. al 4.8. y observar el “retraso natural” entre la precipitación caída y la recarga del acuífero, propio del tiempo de infiltración a través de la zona no saturada del agua de lluvia.

Así mismo, el gráfico 4.1. permite corroborar que la diferencia de nivel entre los piezómetros 1, 2 y 3 se mantiene a lo largo de la serie y es la siguiente:

	Piez 1/Piez 2	Piez 2/Piez 3	Piez 1/Piez 3
Diferencia promedio nivel piez.	<b>2,19 m</b>	<b>0,68 m</b>	<b>1,48 m</b>
Distancia en línea recta	<b>602 m</b>	<b>985 m</b>	<b>1000,4 m</b>

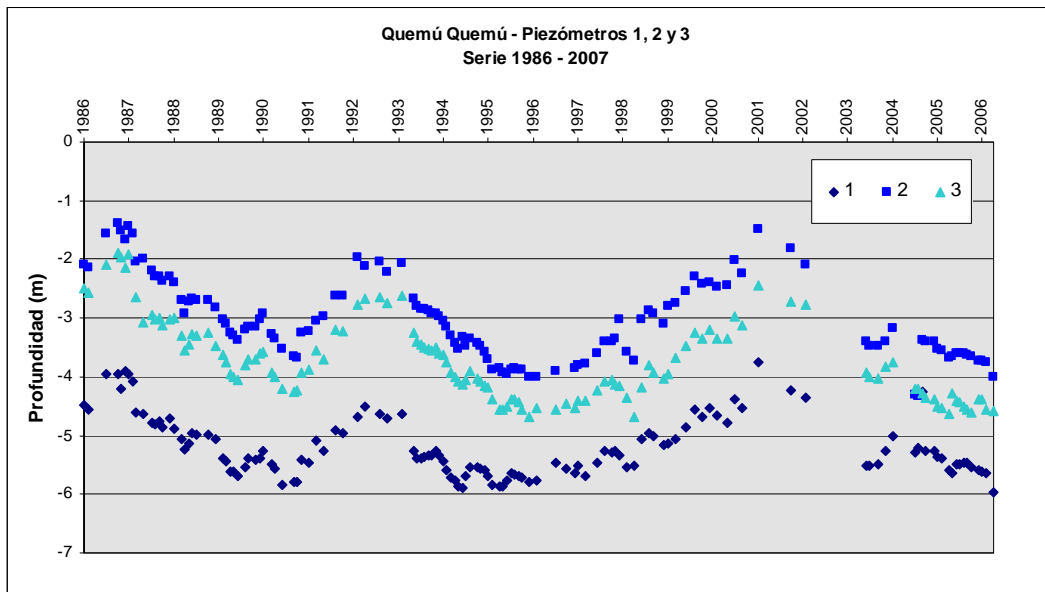


Gráfico 4.1. Variación Piezométrica - Serie 1986 – 2007. Quemú Quemú.

Cabe destacar que como se describió anteriormente el piezómetro 1 se encuentra fuera del área de explotación del acuífero y tiene los niveles piezométricos más bajos entre -4 m y -6 m. En cambio los piezómetros 2 y 3 se encuentran entre un mínimo de -1 m y un máximo de -4,7 m.

La localidad de General Pico se encuentra ubicada sobre uno de los acuíferos más estudiados de la provincia, el denominado acuífero Pico-Dorila. Su amplia red de piezómetros permite un seguimiento y control del mismo a lo largo del tiempo. Los datos de niveles de agua subterránea se obtienen desde el año 1978. En los gráficos 4.2. y 4.3. se puede ver la variación temporal de los niveles de los piezómetros seleccionados.

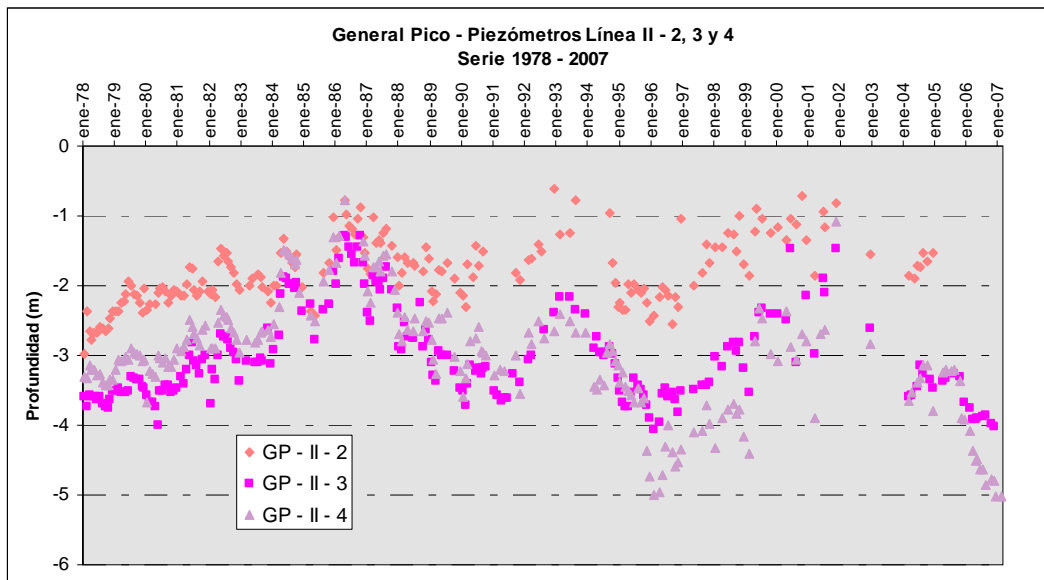


Gráfico 4.2. Variación Piezométrica – Serie 1978 – 2004. General Pico – Línea II.

El piezómetro 2 de la línea II presenta un rango de niveles de -0,6 a -2,5 m, el piezómetro 3 presenta una variación entre -1 y -4 m, el 4 tiene niveles desde -0,7 a 5 m.

En el gráfico 4.3. se pueden observar niveles menos profundos que los de los piezómetros de la línea II. Los valores de los piezómetros 2 y 3 de la línea III rondan entre 0 y -3,6 m. En este caso se observa una descarga o afloramiento del acuífero en el sitio.

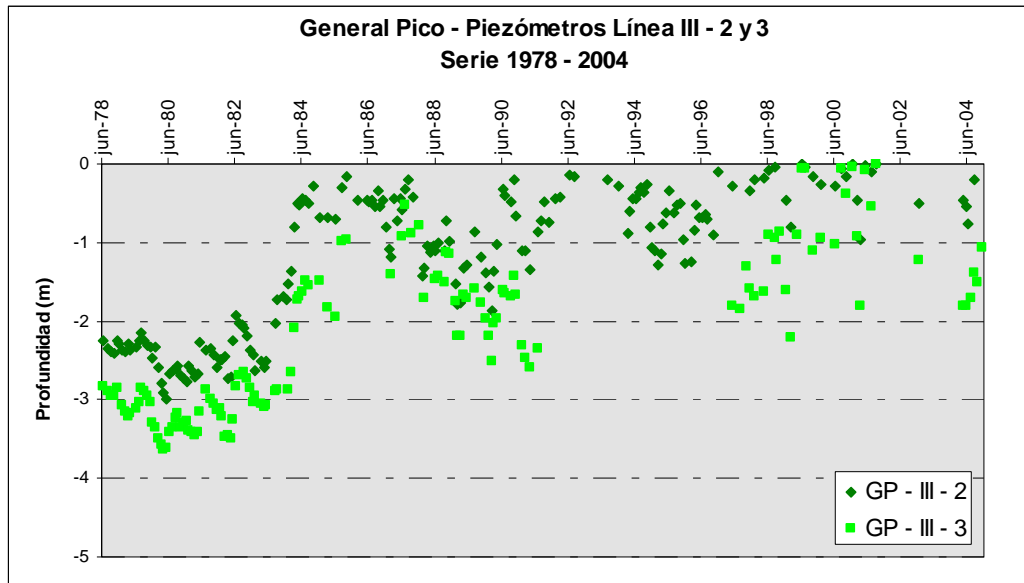


Gráfico 4.3. Variación Piezométrica – Serie 1978 – 2004. General Pico – Línea III.

Así mismo se confrontan las precipitaciones registradas en la localidad de General Pico con los niveles de estos dos últimos piezómetros y se obtiene el gráfico 4.6.

La localidad de Intendente Alvear como punto más al Norte del área bajo estudio aporta un dato importante respecto al acuífero subyacente, el mismo también ha sido objeto de varios estudios puntuales para la explotación con el fin del abastecimiento de agua potable para la población. Los datos de registro inician en 1993 y hasta el año 2007, en ese período se identifica un ascenso del nivel freático desde 1996 al año 2001 y luego un descenso que se estima continúa en la actualidad por la relación con las precipitaciones (Gráfico 4.4.).

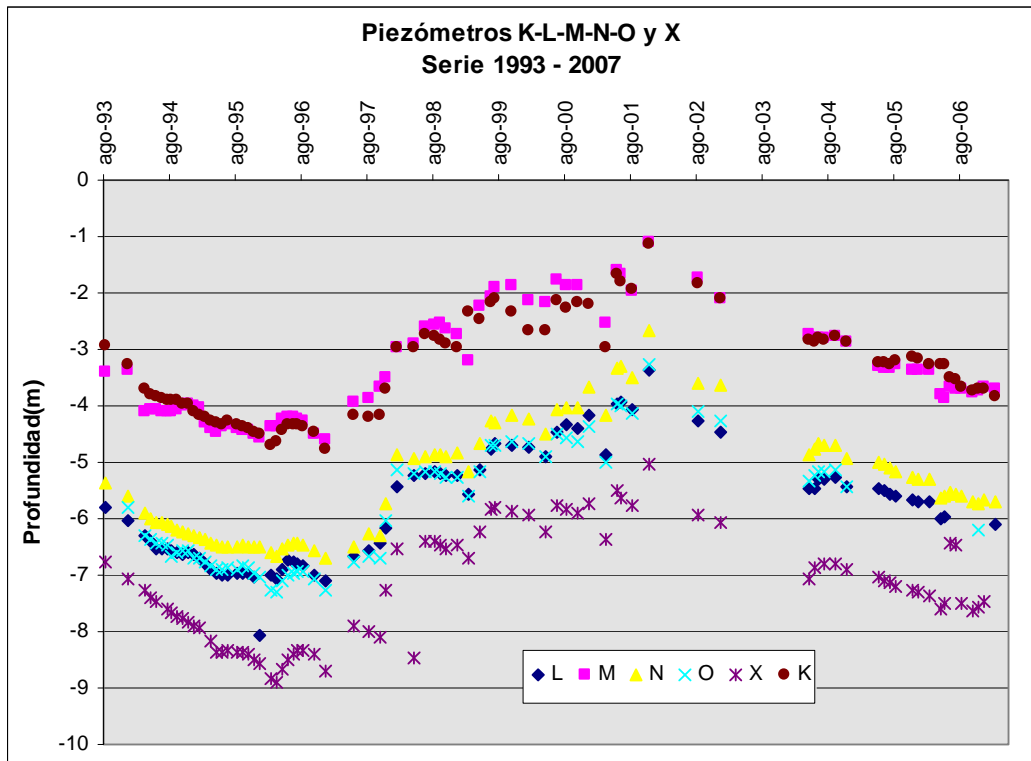


Gráfico 4.4. Variación Piezométrica. Serie 1993 – 2007. Intendente Alvear.

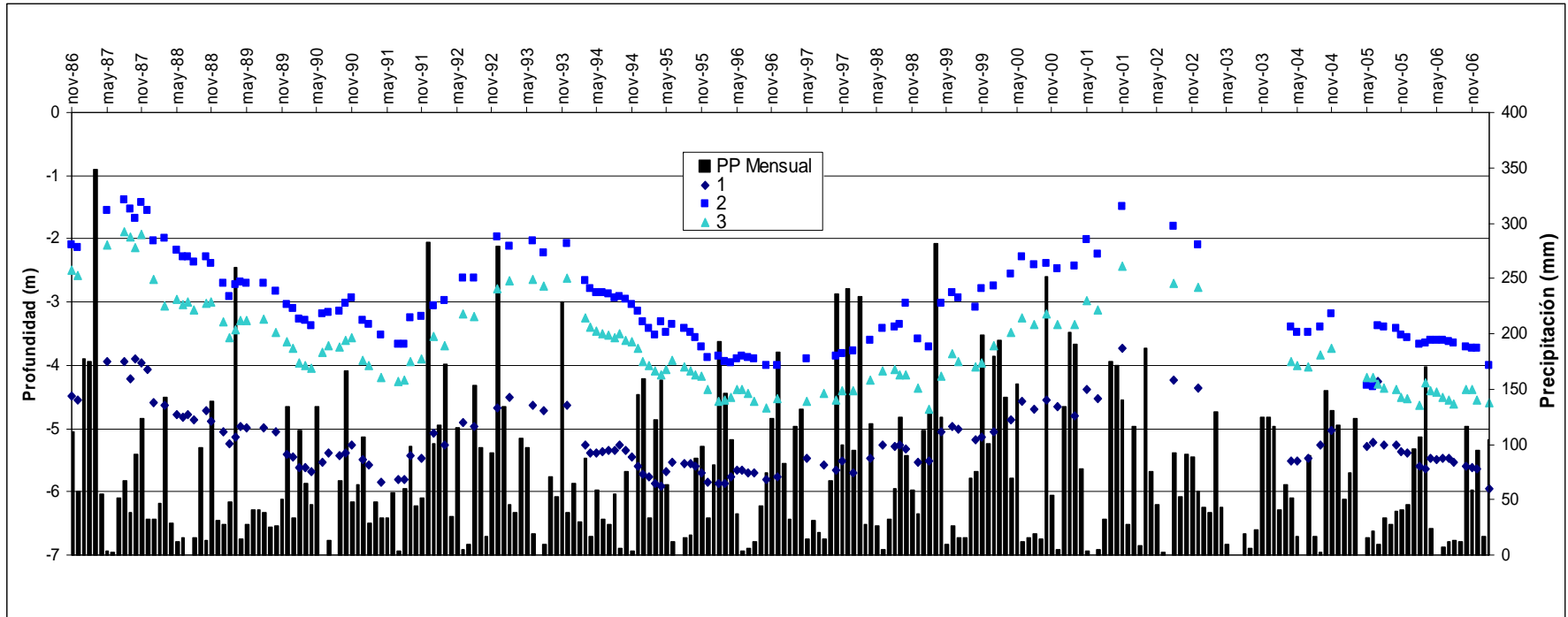


Gráfico 4.5. Quemú Quemú – Niveles piezométricos y Precipitaciones mensuales – Serie 1986 – 2007

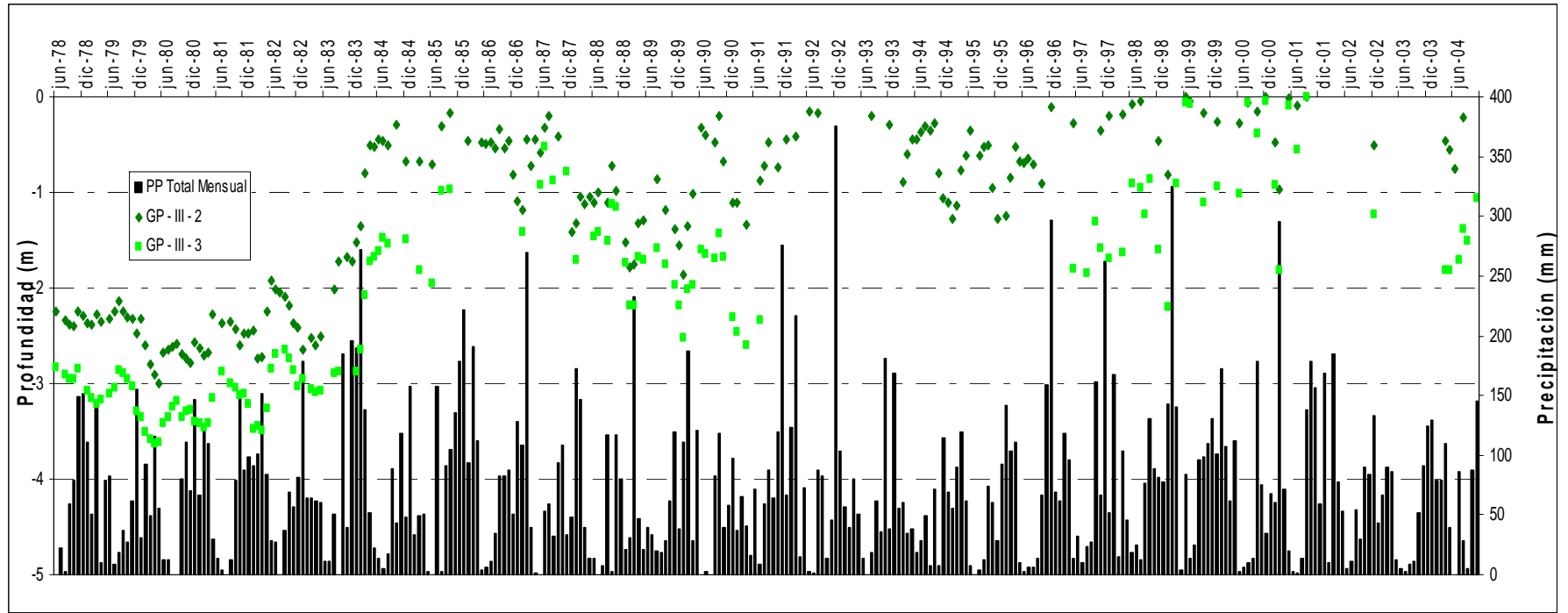


Gráfico 4.6. General Pico – Niveles piezométricos y Precipitaciones mensuales – Serie 1978 – 2004

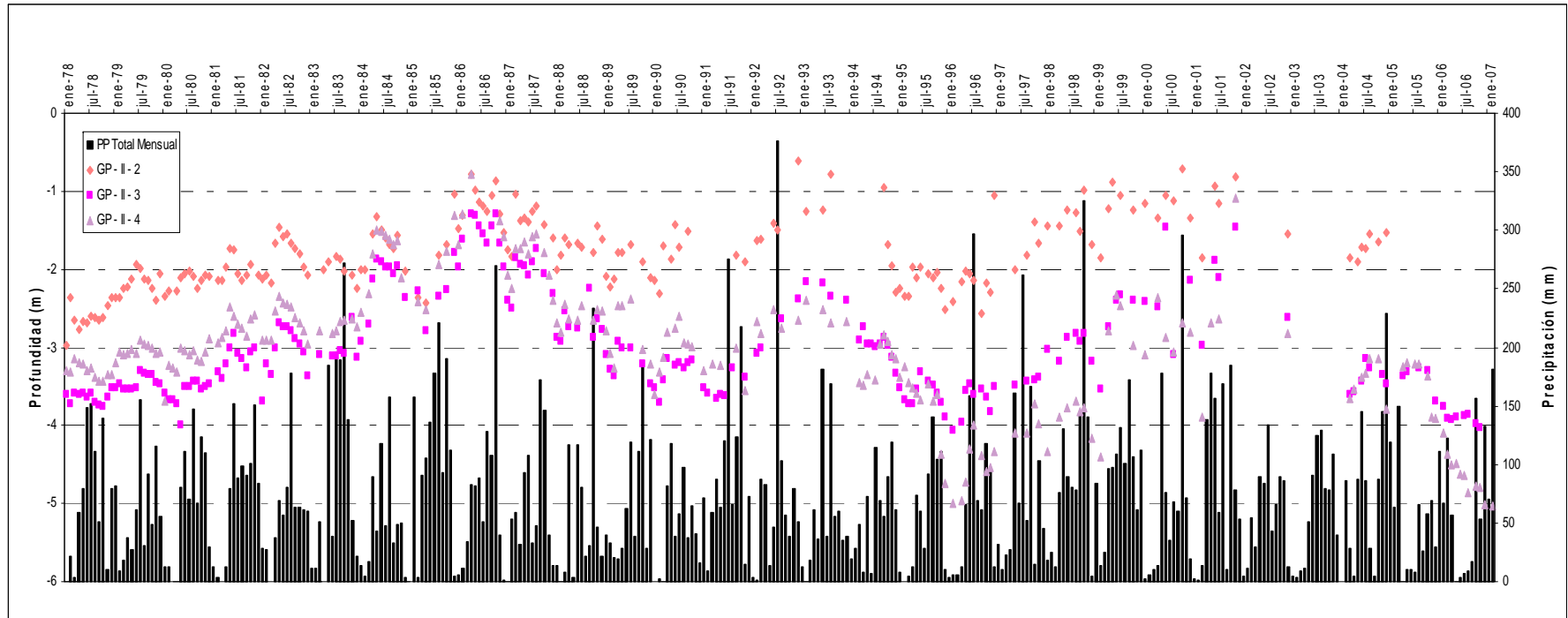


Gráfico 4.7. General Pico – Niveles piezométricos y Precipitaciones mensuales – Serie 1978 – 2007



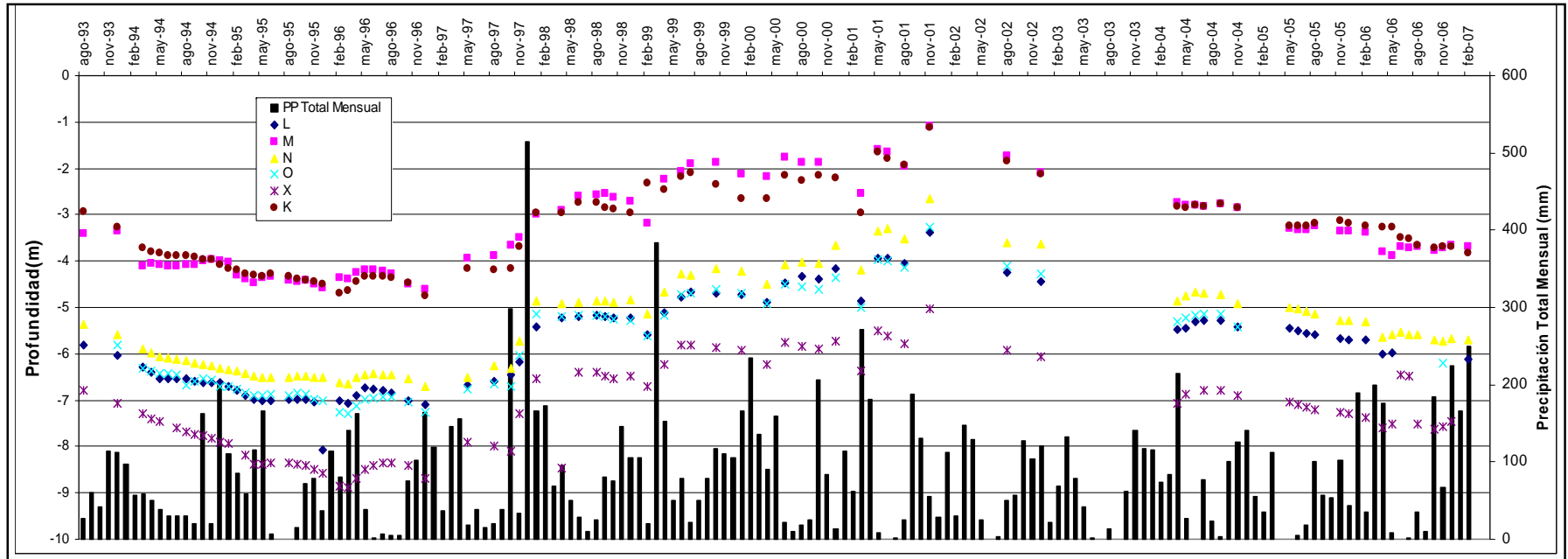


Gráfico 4.8. Intendente Alvear – Niveles piezométricos y Precipitaciones mensuales – Serie 1993 – 2007

## CAPÍTULO V

### 5.1. INTRODUCCIÓN

Entre los objetivos específicos de esta tesis de maestría, se pretende caracterizar los cuerpos de agua seleccionados desde el punto de vista hidrológico y ambiental. El trabajo basado en la interpretación y comparación espacio-temporal de imágenes satelitales permite la corroboración de épocas de máxima y mínima situación hidrológica y el cálculo de las superficies de las lagunas en diferentes situaciones.

Las imágenes satelitales representan una fuente de información de la cual es factible extraer datos espacialmente distribuidos a partir del análisis y procesamiento digital. Esta información puede consistir en variables continuas, categorización de la imagen en clases temáticas, análisis de cambios, medición de la estructura espacial del territorio, entre otras; utilizándose como una herramienta complementaria a los demás estudios disciplinares.

Estas imágenes tomadas desde satélites, se entienden como un conjunto sistemático de medidas cuantitativas y representan importantes herramientas para la observación de una parte del universo, con el objetivo de realizar afirmaciones o proposiciones acerca del espacio observado.

El trabajo realizado y descrito en este capítulo incluye la selección y procesamiento de las imágenes, la ubicación de los puntos y sitios de interés, y la comparación en diferentes períodos de las superficies de los cuerpos lagunares. También se interpretó la geomorfología del terreno y algunos cambios observados en el uso del suelo.

## 5.2. METODOLOGÍA

Desde el punto de vista metodológico cabe detallar brevemente las diferentes metodologías de trabajo en teledetección. En esta disciplina, se puede realizar una clasificación de los métodos disponibles en dos grupos en función de la metodología utilizada en la generación de información (Chuvienco, 2002):

1) Métodos inductivos: se basan en la observación experimental para extraer leyes. Intentan establecer una relación cualitativa y cuantitativa entre el parámetro a estimar y los valores del sensor, a partir de observaciones *in situ*, tomadas en el momento de adquirir la imagen. Es decir, se pueden obtener funciones de ajuste local que ponen en relación los datos de la imagen con el parámetro de interés. Las técnicas de ajuste más habituales son las regresiones matemáticas o las redes neuronales (Hines et al. 1998). Entre las ventajas del método inductivo se pueden mencionar la sencillez, facilidad de calibrar y posibilidad de estimar su exactitud, ya que se contrastan con observaciones de la misma variable que se estima. Así mismo, como desventaja principal se encuentra la escasa capacidad de generalización, ya que sólo podrían aplicarse con las mismas o similares condiciones a la situación en que se generaron.

2) Métodos deductivos: se basan en la aplicación de modelos físicos o matemáticos que permitan estimar los parámetros de interés a partir de los datos adquiridos mediante teledetección. Analizan los factores físicos que intervienen en los procesos de reflexión, absorción y dispersión de la radiación incidente, y plantean métodos para estimar la reflectividad global observada por el sensor a partir de una serie de parámetros de entrada (propiedades ópticas de las hojas, ángulo de observación, etc.). Establecen una relación de validez general, lo más independiente posible de las condiciones de observación. Parten de demostrar la relación física entre el parámetro a estimar (ejemplo: reflectancia) y la información espectral contenida en la imagen (ejemplo: nivel

de gris o digital). Luego de establecida esta relación, el método se invierte, de tal forma que pueda estimarse la variable a partir de la imagen. Esto implica un proceso de ajuste que generalmente no es muy preciso (Peroni y Kruse, 2008), ya que se deben asumir condiciones que rara vez se dan en la naturaleza, como isotropía en las hojas, reflectividad lambertiana (sobre superficie especular), entre otras. (Pagot, 2003)

En el análisis del presente capítulo se utilizó el método inductivo, comparando las variables de la imagen con las variables tomadas a campo, principalmente las de los factores físicos descriptos, el clima, la geología y geomorfología y los suelos. Para evaluar los cuerpos de agua seleccionados se utilizaron las imágenes del satélite Landsat 5 TM y 7/Path and Row 228-084 y 288, correspondientes a los años 2000, 2001, 2006 y 2009, las mismas fueron cedidas por la Subsecretaría de Asuntos Agrarios, Ministerio de la Producción de la provincia de La Pampa y la Subsecretaría de Ecología del Gobierno de La Pampa.

Las fechas de las imágenes fueron elegidas a partir del análisis previo de las precipitaciones en el área que se incluye en el capítulo II de este trabajo de tesis, tomando la clasificación en años extremadamente húmedos, húmedos, medios, secos y extremadamente secos allí considerada. Para un mejor contraste y visualización de la presencia o no de agua en el terreno se trabajó con la combinación de bandas: Falso Color Compuesto (bandas 4,3,2), en donde el agua se observa de color negro oscuro.

Una vez seleccionadas las imágenes de los años 2000 y 2009 se realizaron recortes de cada una de ellas centralizando en la situación de los cuerpos de agua observados y muestreados. Se digitalizaron los perímetros de las superficies cubiertas de agua y se calculó el área en metros cuadrados, utilizando el programa ARC GIS 3.1. Se graficaron en forma conjunta a fin de lograr la observación comparativa.

### 5.3. ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LAS LAGUNAS

En las figuras 5.1, 5.2. y 5.3. se puede observar la selección de los recortes y la primer comparación temporal.

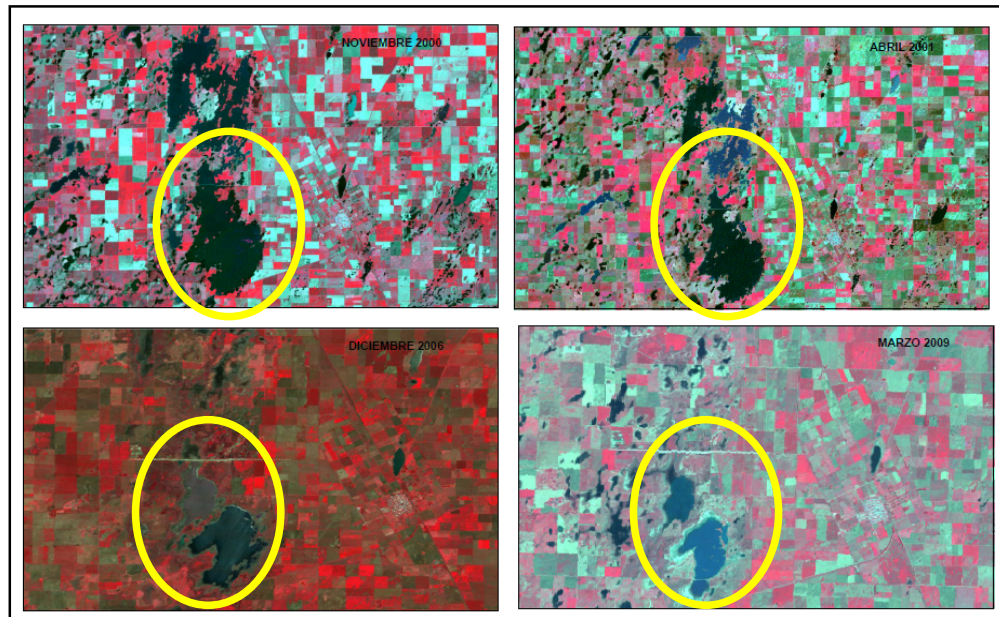


Figura 5.1. Laguna El Cañadón. Quemú Quemú

La primera instancia de observación de imágenes permitió corroborar los sitios de muestreo y seleccionar las imágenes que se utilizarían en los cálculos espaciales. En el caso de la figura precedente, El Cañadón se compone por un cuerpo de agua principal el ubicado en el extremo inferior del círculo amarillo, en épocas de máxima presencia de agua se conecta con los bajos más al norte formando una cadena de diferentes cuerpos lagunares.

En épocas de sequía se puede observar los terrenos salinos producto de la gran evaporación e infiltración del agua circundante. Esta laguna cercana a la localidad de Quemú Quemú ha sido estudiada desde el punto de vista biológico por la factibilidad de ser un punto de explotación pesquera. También las obras

proyectadas para el control de las inundaciones centralizan el manejo de excedentes en este cuenco.

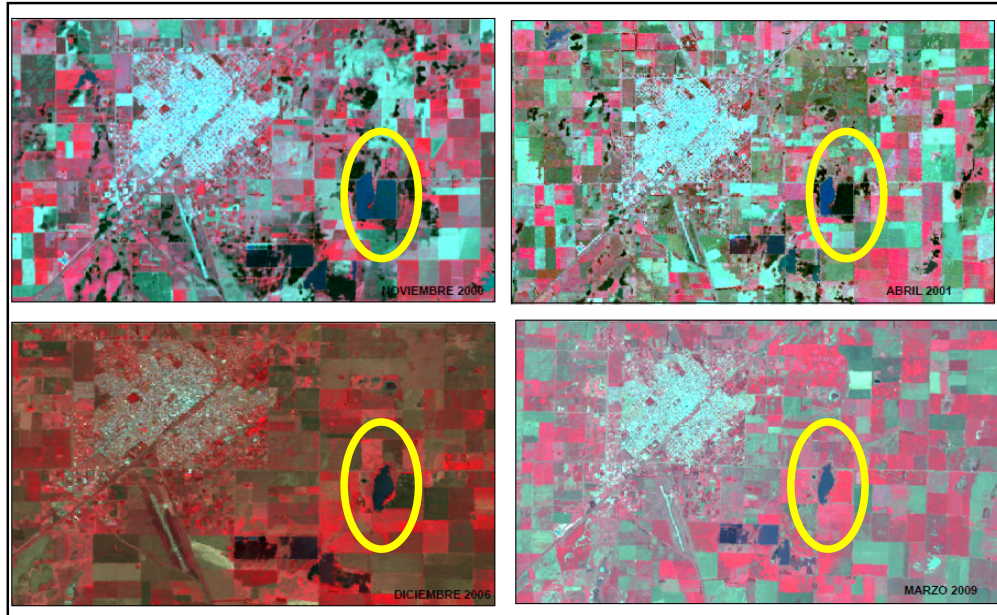


Figura 5.2. Laguna La Arocena. General Pico.

En la figura 5.2. se observa la localidad de General Pico y la laguna La Arocena dentro del círculo indicativo, al igual que para la laguna El Cañadón los años de máxima presencia de agua se consideran 2000 y 2001 y de sequía extrema el 2009.

La Arocena según el contorno observado en las imágenes satelitales no se modifica significativamente la superficie del cuenco principal. Sí se identifican las zonas inundadas en los campos aledaños al cuerpo de agua, en los períodos de máxima. En la figura 5.5. se digitalizaron los perímetros para el cálculo de las superficies. Cabe destacar que las zonas aledañas a la laguna presentan diferencias visuales las cuales pueden atribuirse al aporte desde el flujo subterráneo y al flujo superficial desde la laguna.



En cambio en El Cañadón (Figura 5.1.), la superficie inundada se cubre uniformemente y en el período de mínima, año 2009, se pueden diferenciar las líneas de ribera o las diferentes cotas alcanzadas.

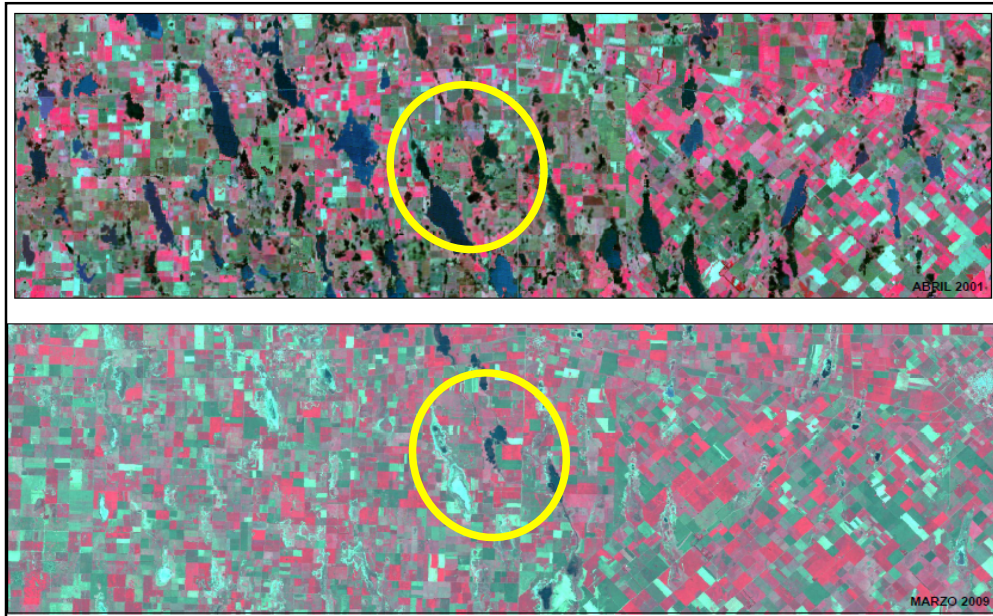


Figura 5.3. Río Quinto. Provincia de La Pampa

A simple vista, la figura 5.3. comprueba las diferencias en el funcionamiento hidrológico del río Quinto, dependiendo de las condiciones meteorológicas predominantes. En este caso se considera como cuerpo de agua el ambiente de bañado o laguna de dónde se obtuvo la muestra para el análisis, siendo este parte del escurrimiento natural del curso fluvial.

Los resultados de la digitalización de los perímetros de cada uno de los ambientes estudiados y en cada una de las imágenes, en período de sequía y de inundación, permitió obtener las figuras 5.4., 5.5. y 5.6. Sobre esas figuras se obtienen los cuantitativos de la tabla 5.1. para su comparación.

Ambiente Superficial	2000	2009
El Cañadón	31.421.648 m <sup>2</sup> 3.142,2 has.	446.354 m <sup>2</sup> 44,6 has.
La Arocena	2.649.263 m <sup>2</sup> 264,9 has. (Total inundado) 60,8 has. (Cuenco principal)	493.290 m <sup>2</sup> 49,3 has.
Río Quinto	4.883.610 m <sup>2</sup> 488,4 has.	200.099 m <sup>2</sup> 20,0 has.

Tabla 5.1. Superficies

A fin de comparar con un dato histórico antecedente se consulta la cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM), a escala 1:250.000 (Mapa N° 3 – Anexo A), 1:50.000 y 1:100.000, de las hojas que comprenden al área de estudio, hojas que fueron levantadas entre 1952 y 1953 en la faja este, y en 1979 en la parte oeste. Dado que el criterio de mapeo de los topógrafos del IGM está normalizado, pueden compararse a pesar de que entre uno y otro han transcurrido más de dos décadas. En las cartas del IGM no figura la presencia de la laguna La Arocena, entendiéndose como producto de la ausencia de agua permanente en ese lugar y los bañados del río quinto no coinciden con el que fue muestreado en este trabajo. La laguna El Cañadón si se observa muy similar y respecto a la superficie, se aproxima al período de máxima ocurrido en los años 2000/01.



Figura 5.4.

*El Cañadón: Cambios espacio temporales*

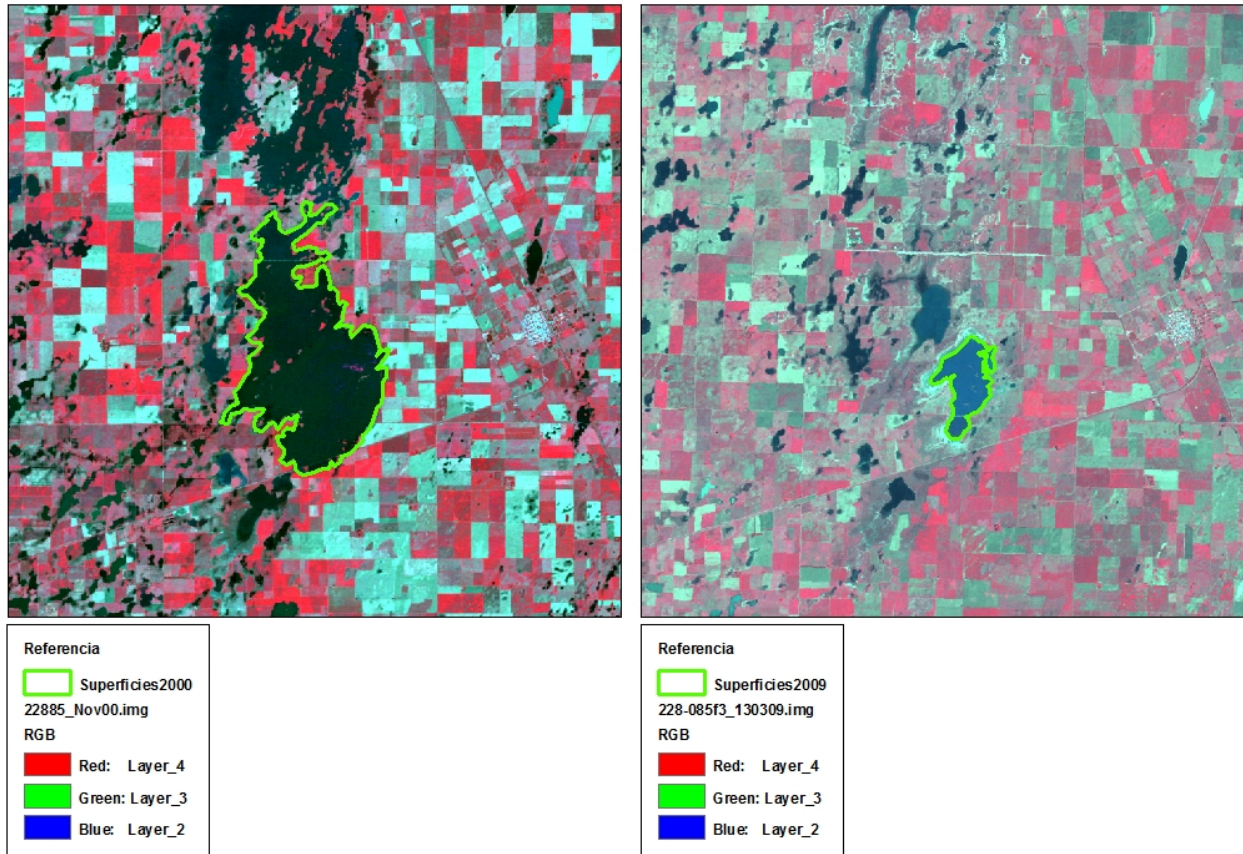
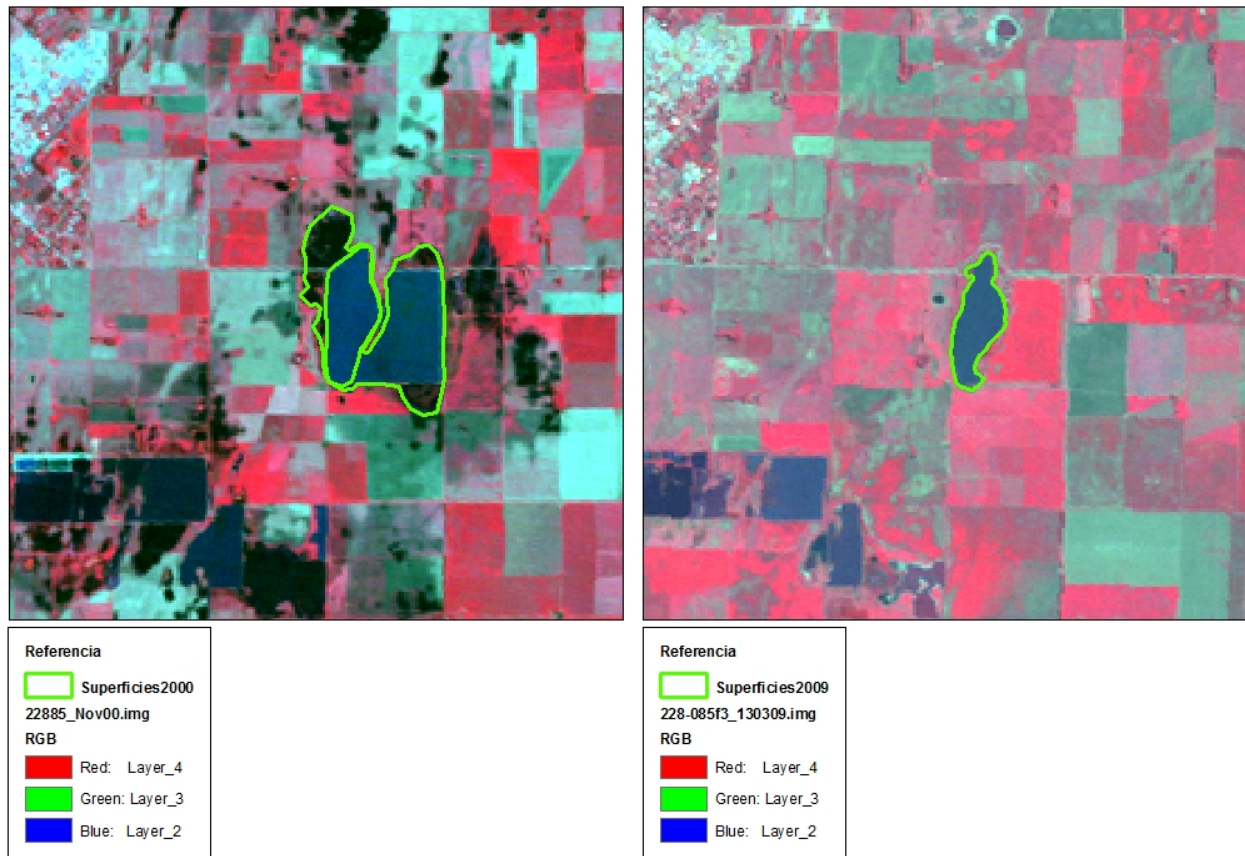
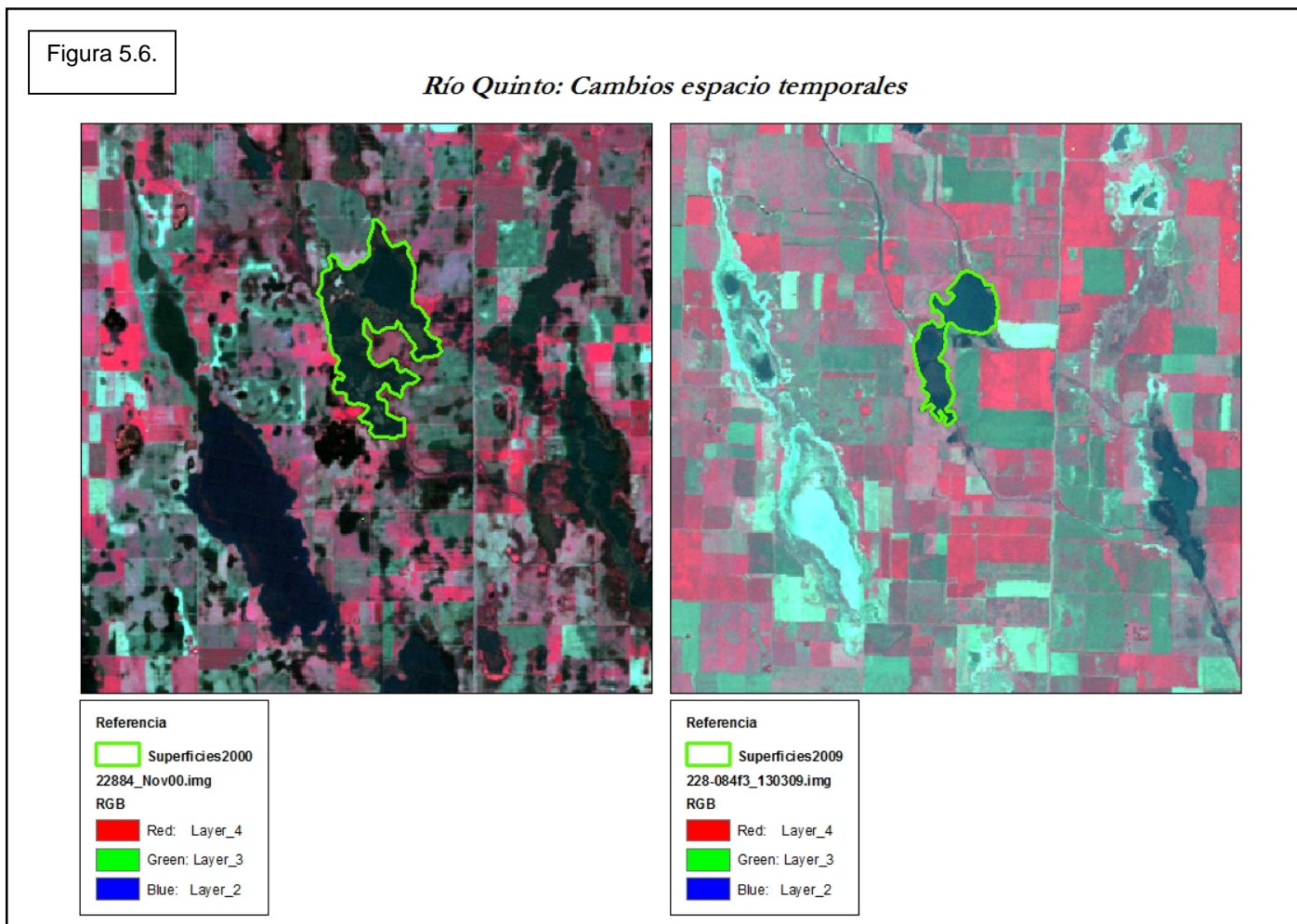


Figura 5.5.

*La Arocena: Cambios espacio temporales*





#### **5.4. SITUACIÓN DEL RÍO QUINTO EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA**

En base a la bibliografía de referencia (INA, 2000; Dirección de Obras Hidráulicas-Córdoba, 2008), a la observación a campo y a la interpretación de las imágenes satelitales se puede deducir que no existe conexión superficial entre los sectores de lagunas dentro del área de estudio y los escurrimientos originados por el Río V.

Dichos excedentes ingresan a la provincia de la Pampa en las inmediaciones de la localidad de Larroudé y escurren aguas abajo sobre una traza definida por bajos naturales y canalizaciones artificiales hacia el límite con la provincia de Buenos Aires, en las cercanías de la localidad de Villa Sauze. En este punto, conocido como el sector de alcantarillas del Camino del Meridiano, se aforan los caudales mensualmente bajo la responsabilidad de la Secretaría de Recursos Hídricos (Gráfico 5.1.).

Una vez ingresado a la provincia de Buenos Aires, los escurrimientos son encauzados en la canalización La Dulce – Cuero de Zorro – Complejo Lagunar Hinojo – Las Tunas. Durante este trayecto, los volúmenes de agua son almacenados transitoriamente en bajos y lagunas que atraviesa la citada canalización. El destino final de los excedentes depende del nivel de agua en el Complejo Hinojo - Las Tunas, ya que este posee un umbral en cota 81 m IGM por encima del cual comienza a escurrir hacia el Río Salado a través del denominado Canal del Oeste.



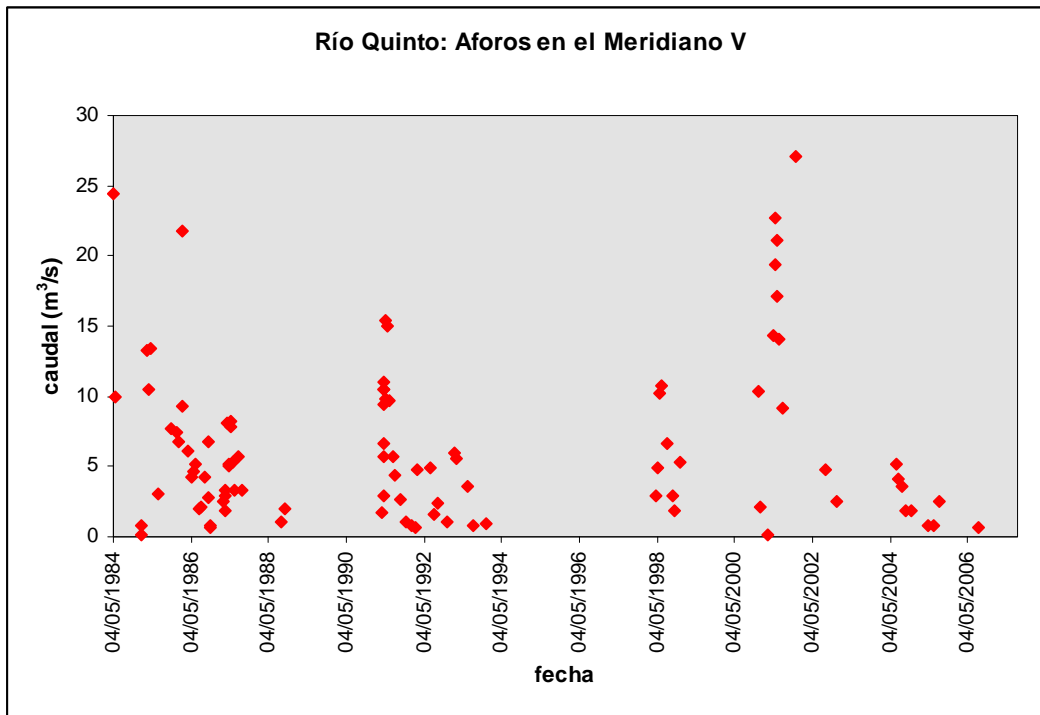


Gráfico 5.1. Caudales del río Quinto. Sitio Meridiano V: Cruce La Pampa/Buenos Aires.  
Serie 1984 - 2007

Se pueden identificar claramente los períodos de crecida, coincidente con las grandes inundaciones, 1983/84 y 2000/01.

Respecto a los antecedentes de los desbordes del río V, a partir del año 1979 estos desbordes penetran a la provincia de Buenos Aires entre las localidades de Banderoló y Villa Sauze, luego de discurrir por parte de las provincias de Córdoba y La Pampa.

Las características de estos desbordes pueden apreciarse en la Figura 5.7., que corresponde a un mapa elaborado mediante interpretación de imágenes satelitarias de los días 3 y 19 de febrero de 1986 (Oficina de Sensores Remotos del INTA).

Allí puede apreciarse el ingreso del Río Quinto a los bañados La Amarga en la provincia de Córdoba (extremo superior izquierdo de la figura), su corto paso por la provincia de La Pampa (en el extremo noreste de la provincia), para luego alcanzar el límite interprovincial (Camino del Meridiano) y llegar a la provincia de Buenos Aires entre las localidades citadas en el párrafo anterior.

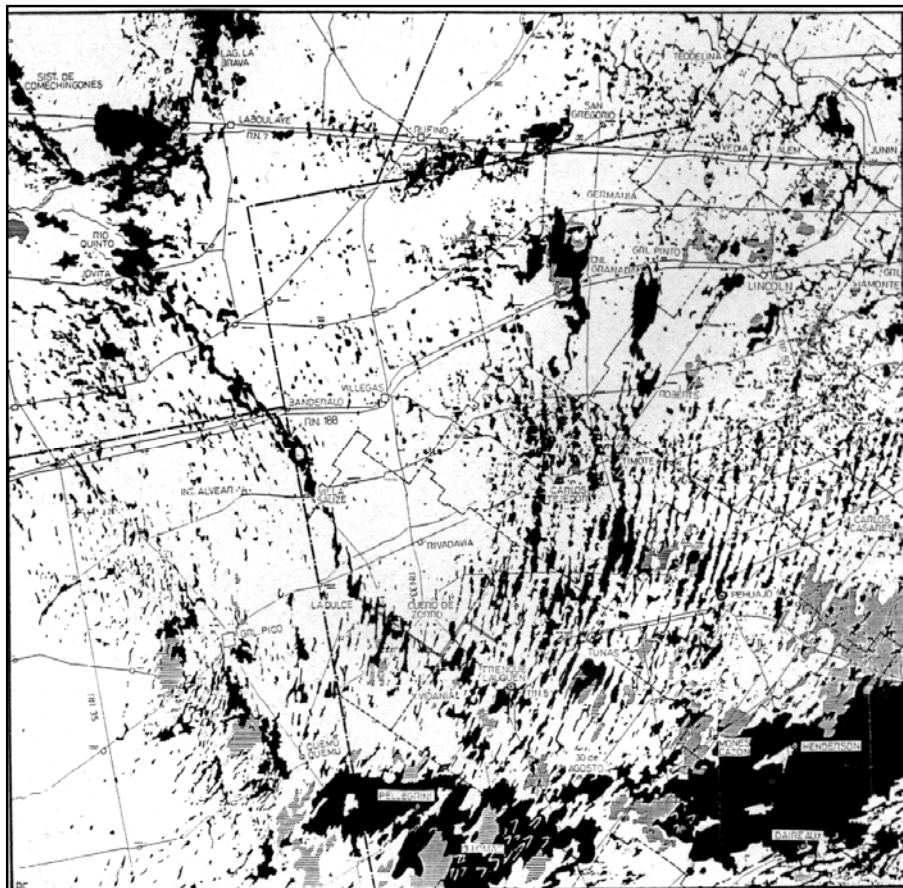


Figura 5.7.

De acuerdo a los antecedentes analizados y a las referencias recogidas, el Río Quinto no sobrepasó el límite interprovincial entre La Pampa y Buenos Aires en épocas anteriores a través del curso que presenta en la actualidad. Esto no ocurrió ni aún en ocasión de la crecida más antigua importante desde que se tienen registros: 1930-1931.

### **5.3. Cambios en el uso del territorio**

Cabe mencionar que las imágenes utilizadas en la comparación espacio temporal de los cuerpos de agua también permitieron corroborar los cambios en el uso del territorio, aumentos de la superficie urbana, cambios en la explotación agropecuaria, nuevas vías de comunicación, entre otras. En el capítulo 7 se abordará el tema desde el punto de vista del medio antrópico en el área bajo estudio, teniendo en cuenta la observación realizada en el presente.

## CAPÍTULO VI

### 6.1. INTRODUCCIÓN

La hidroquímica al proveer información sobre la distribución de los elementos y su evolución espacial y temporal en el sistema hídrico, complementa los estudios hidrodinámicos y la caracterización de los acuíferos. El conocimiento de los procesos que ocurren en los ambientes acuáticos es fundamental para caracterizar y manejar el recurso y en particular, para planificar su aprovechamiento. La importancia de los métodos hidrogeoquímicos e isotópicos ambientales reside en que al basarse en la observación y medida de flujos másicos son en muchos aspectos independientes de los métodos hidrodinámicos (Custodio, 2005).

El estudio de las relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas mediante técnicas ambientales, sean éstas hidrogeoquímicas o isotópicas, se basa en observar y medir el flujo que se produce entre ambas, la penetración física del agua de un origen en otro cuerpo hídrico (Custodio, 2005). Puede ocurrir que todo o parte del cuerpo de agua penetrado conserve su identidad dentro del otro (cuando la dispersividad es pequeña) y en otros se produce una mezcla y dilución, como cuando se produce descarga de aguas subterráneas a un río turbulento, por ejemplo. En esos casos se observan características del agua y sus solutos que sean diferentes y claramente identificables.

Los elementos disueltos, como los isótopos del agua, permiten tener información sobre la renovación de las aguas en los acuíferos (recarga), identificación de aguas antiguas (origen y edad del agua), interconexiones hidráulicas entre varios acuíferos, mezcla de aguas de origen diferente, interacciones rocas-CO<sub>2</sub>, hidrodinámica de los acuíferos (flujos y edad), disolución de evaporites, intrusión de aguas marinas en acuíferos costeros,



vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación (origen y circulación de los contaminantes), identificación de las aguas termo-minerales.

Las propiedades de los diferentes isótopos de un mismo elemento son muy similares, pero las pequeñas diferencias de movilidad iónica, tensión de vapor y difusividad hacen que el agua natural tenga ligeras diferencias de composición isotópica según su origen en el ciclo hidrológico (FCIHS, 2009). En el caso de los isótopos de la molécula del agua, en las condiciones de presión y temperatura más habituales, éstos se comportan como conservativos. En esas condiciones es frecuente que las aguas subterráneas conserven memoria de la composición isotópica de su origen durante períodos muy largos (>10000 años), pero a temperaturas en torno a 80°C los cambios de composición son muy rápidos y la marca meteórica se pierde.

Los contenidos de los isótopos estables pesados de oxígeno ( $^{18}\text{O}$ ) y deuterio ( $^2\text{H}$  o D), determinados en este trabajo de tesis, son utilizados como trazadores del origen de las aguas subterráneas dado que sus contenidos se consideran conservativos una vez que el agua ha entrado en el acuífero, es decir, sus contenidos (i.e. relación O18/O16) no se ven afectados por las interacciones del agua con la matriz del acuífero. La relación entre las concentraciones de los isótopos pesados y las especies más abundantes se expresa como desviación en tanto por mil (‰) respecto a un patrón (V-SMOW) que representa el valor medio de dicha relación en el agua de mar. Los contenidos isotópicos de la precipitación (como principal fuente de recarga de los acuíferos) están condicionados por diversos factores climáticos y geográficos (temperatura, grado de condensación de la masa nubosa, altitud, latitud, etc.), siendo la temperatura el principal factor que controla, en última instancia, los valores absolutos observados en la composición isotópica de la precipitación.

Custodio (2005) afirma que hay que poder diferenciar entre los cambios hidráulicos, derivados de modificaciones del potencial hidráulico, y la

transferencia física de agua a través de una interfaz y su transporte en el otro medio. Así, una elevación o descenso piezométrico no implica la llegada física en cantidad significativa de un agua superficial de recarga al acuífero. También un cambio de la composición química o isotópica del agua de un pozo o en un lugar de muestreo de un medio acuático superficial puede ser debido a una modificación del modo en que se realiza una mezcla y no a la penetración desde otro cuerpo de agua.

En los acuíferos, el flujo puede tener un marcado carácter tridimensional, con características químicas e isotópicas del agua y sus solutos variables horizontal y verticalmente. Esta situación con frecuencia se ignora o se conoce mal a causa de observaciones inadecuadas, o insuficientes o inapropiados puntos de acceso al acuífero. En los manantiales y en los pozos con filtros múltiples o de gran longitud convergen líneas de corriente de diferentes orientaciones y profundidades, y en la descarga se produce una mezcla. Esta mezcla puede ser variable en el tiempo a causa de cambios de potencial en el entorno, y en la vertical en particular, sin necesidad de que se modifique la disposición espacial.

El objetivo de este capítulo es corroborar la relación entre los acuíferos y las lagunas seleccionadas en base a las particularidades físicas y químicas de las aguas. También se consideran las relaciones isotópicas del Deuterio y el Oxígeno 18 como una herramienta complementaria del análisis. Los resultados que se presentan pueden ser el inicio de una investigación con mayor número de muestras y repeticiones.

## **6.2. METODOLOGÍA**

A modo de comparación con los parámetros de base en la región se toma la bibliografía específica sobre estudios de calidad de agua en la zona bajo estudio. También se profundiza en el estudio de las técnicas de determinación de los elementos considerados.

De cada uno de los sitios de muestreo se extrajeron tres muestras de agua, una para la determinación de los parámetros físico-químicos, otra para metales y otra para isótopos, tanto en el ambiente superficial como de la perforación. En el caso del río V sólo se logro obtener los datos isotópicos ya que hubo inconvenientes con las muestras destinadas para el análisis completo. Se toman como datos de referencia del río V, los datos promedio del monitoreo periódico que realiza la Secretaría de Recursos Hídricos sobre este río.

Para el estudio físico –químico y de metales se enviaron las muestras al laboratorio CIPROMIN del Segemar - Intemin: INSTITUTO DE TECNOLOGÍA MINERA, a continuación se detallan las técnicas empleadas para cada uno de los elementos y/o parámetros determinados:

- **Sólidos disueltos totales.** La determinación se llevó a cabo siguiendo el método 2540 del Standard Methods, 18<sup>th</sup> Edition.
- **Sulfatos, fluoruros, cloruros, nitratos y nitritos.** La determinación se llevó a cabo por cromatografía iónica.
- **Sólidos en suspensión totales.** La determinación se llevó a cabo por gravimetría.
- **Calcio, magnesio, sodio y potasio.** La determinación se llevó a cabo por espectrometría de absorción atómica por llama.
- **Conductividad.** La determinación se llevó a cabo por conductimetría.
- **Manganeso, arsénico, cadmio, cinc, cobre, hierro, aluminio, antimonio, berilio, boro, talio, vanadio, cobalto, plata, selenio, molibdeno, níquel, cromo, bario y plomo.** La determinación se llevó a cabo por espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo (ICP).
- **Mercurio.** La determinación se llevó a cabo por espectrometría de absorción atómica por la técnica del vapor frío.
- **Estroncio.** La determinación se llevó a cabo por espectrometría de absorción atómica por llama.

- **Fósforo total y silicio.** La determinación se llevó a cabo por espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo (ICP).

La determinación de los isótopos, Deuterio y Oxígeno-18, se realizó en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS-UBA/CONICET), Ciudad Universitaria, Buenos Aires.

Para la medición de Deuterio ( $^2\text{H}$ ), las muestras se trataron siguiendo la técnica enunciada por Coleman *et al.* (1982). Esta consiste en la reducción de agua a hidrógeno al hacer reaccionar 5 miligramos del agua a analizar con zinc metálico a  $485\pm 2^\circ\text{C}$  durante 35 minutos. De esta forma se obtiene hidrógeno gaseoso, apto para ser medido en el espectrómetro.

En la medición de Oxígeno-18 ( $^{18}\text{O}$ ) en los laboratorios del INGEIS se utiliza la técnica descrita en Panarello y Parica (1984) que incluye referencias a las metodologías desarrolladas por Epstein y Mayeda (método de equilibración) y Roether y está adaptada a las posibilidades del INGEIS. En líneas generales, este método se basa en la transferencia del oxígeno-18 contenido en la muestra de agua a analizar, al dióxido de carbono de un tubo, en condiciones de equilibrio a temperatura constante ( $25^\circ\text{C}$ ). Posteriormente el gas se somete a una purificación criogénica, se colecta mediante nitrógeno líquido y transfiere al espectrómetro de masas (Panarello y Parica, 1984).

Las mediciones de las relaciones isotópicas se realizan en un espectrómetro de masas Finnigan MAT Delta S de colector múltiple y sistema de introducción automático. Los resultados obtenidos se expresan como desviaciones ( $\delta$ ), definidas como sigue:

$$\delta = 1000 \frac{R_M - R_P}{R_P} \text{‰}$$

$\delta$ : desviación isotópica en ‰

M: muestra.

P: estándar internacional, Vienna Standard Mean Ocean Water (V-SMOW; Gonfiantini, 1978)

R: relación isotópica:  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  o  $^2\text{H}/^1\text{H}$

La relación isotópica se define como el cociente entre el número de moléculas de la especie más pesada, menos abundante y de la especie más ligera, más común. En el caso del oxígeno-18 y deuterio les corresponde, respectivamente, las siguientes expresiones:

$$R_D = \frac{H^2H^{16}O}{H_2^{16}O} \quad R_{18} = \frac{H_2^{18}O}{H_2^{16}O}$$

Por definición, el valor  $\delta_{\text{V-SMOW}} = 0 \text{ ‰}$ . Por lo tanto, un  $\delta$  positivo indica una mayor concentración de los isótopos pesados  $^{18}\text{O}$  o  $^2\text{H}$  que el Standard. La incertidumbre para  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  es de  $\pm 0,2\text{‰}$  y  $\pm 1\text{‰}$ , respectivamente.

### 6.3. RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS OBTENIDOS

De manera general el acuífero denominado Speluzzi - Gral. Pico - Dorila – Trili (Giai y Tullio, 1998) se caracteriza por que las sales totales en coincidencia con el cordón de médanos que actúan como área de recarga, son menores a 1 g/l. Este contenido aumenta hacia ambos lados, en especial hacia el suroeste. En las áreas de recarga es bicarbonatada cálcica. El contenido salino aumenta con la penetración en el acuífero en forma normal, al igual que el flúor y el arsénico. Estos últimos se incrementan notablemente en el sentido del flujo. Se ha considerado que los caracteres hidrodinámicos del acuífero guardan relación con este aumento.

El espesor útil de este acuífero desde el punto de vista de su calidad química, está en el orden de los 25 a 30 m para agua potable, y en los 100 m para otros fines que requieran agua de hasta 2000 mg/l, en algunos sectores.

El acuífero ubicado en la zona de Quemú presenta valores de residuo seco, en general, menores a 2000 mg/l, excepto en coincidencia con las depresiones, en las que las curvas de isocontenido presentan máximos cerrados de hasta 6000 mg/l. Estas últimas ocupan una superficie reducida. Los tenores de flúor varían entre menos de 1 y más de 8 mg/l. En profundidad, con la penetración en el acuífero dicho tenor aumenta, aunque en las secciones de menor contenido se mantiene por debajo de los 2 mg/l hasta los 24 m de profundidad.

La bibliografía consultada afirma que los acuíferos de la región son aprovechables para el consumo humano, por limitaciones de calidad, hasta los 25 a 30 m de profundidad. Por debajo, si bien se mantiene el contenido salino apropiado, aumentan significativamente los valores de flúor y arsénico (Tullio, 1998).

En un primer lugar, se obtuvo el tipo de agua a partir de los iones mayoritarios. Los resultados del análisis se pueden observar en la tabla 6.1.

Cada una de las muestras se representó gráficamente en el diagrama de Piper y a partir de allí se determinó la tipología. Se graficaron por un lado las muestras de agua superficial y por otro las subterráneas (Gráficos 6.1. y 6.2.). Luego en la tabla 6.2. se detalla cada una de estas, basándose en la bibliografía de referencia (Custodio, 1976).

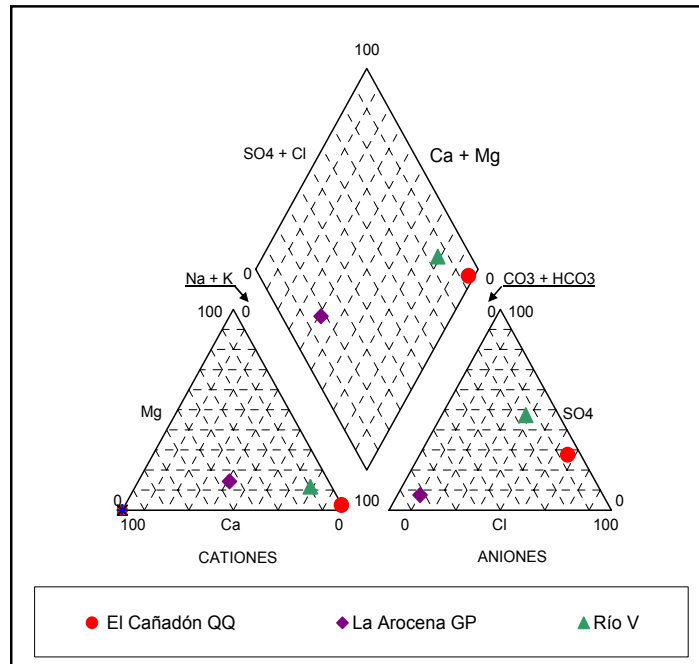


Gráfico 6.1. Diagrama de Piper: Agua superficial

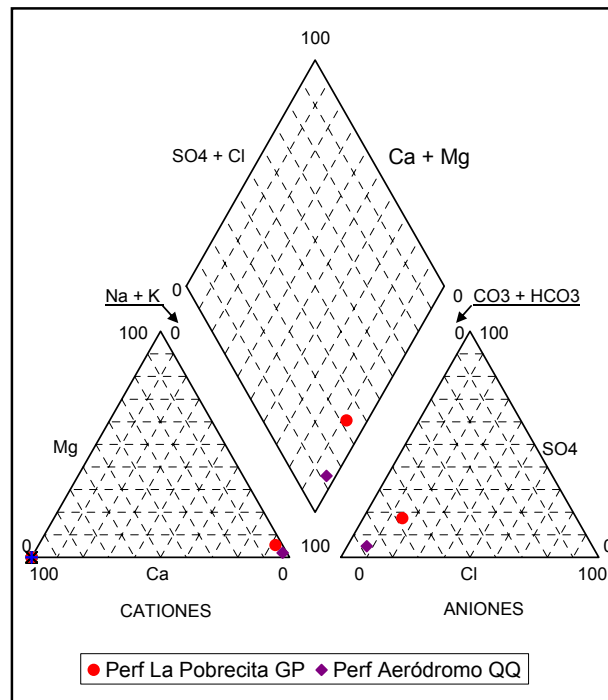


Gráfico 6.2. Diagrama de Piper: Agua subterránea

Sitio	La Arocena GP	La Pobrecita GP	El Cañadón QQ	Aeródromo QQ	Río V
<b>Analito (mg/L)</b>	<b>feb-09</b>	<b>feb-09</b>	<b>feb-09</b>	<b>feb-09</b>	<b>sep-07</b>
Litio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	s/d
Sodio	18	675	36905	162	518
Potasio	12	12	260	6,1	18
Calcio	17	17	40	2,3	188
Magnesio	3,3	21	504	1,8	68,5
Cloruros	6,6	141	40075	17	600
Sulfatos	6,6	217	22494	15	700
<b>Nitratos + Nitritos (N)</b>	<1	<1	<1	<1	s/d
Fluoruros	<1	5,5	9	2,5	2,4
SST	< 20	< 20	< 20	< 20	s/d
SDT	135	2080	110000	460	2600
<b>Alcalinidad Total (como CaCO<sub>3</sub>)</b>	92	1082	6803	348	380
<b>Bicarbonatos (como CaCO<sub>3</sub>)</b>	92	1078	6097	340	380
<b>Dureza Total</b>	56	131	2174	13	470
pH	6,5	7,6	9,1	8,4	7,5
<b>Conductividad (us/cm) (25°C)</b>	221	3144	96440	729	3740

Tabla 6.1. Resultados de los análisis

SITIO	TIPO DE AGUA
Laguna EL CAÑADÓN (QQ)	Clorurada y/o sulfatada sódica
Laguna LA AROCENA (GP)	Bicarbonatada cálcica y/o magnésica
Río QUINTO (La Pampa)	Clorurada y/o sulfatada sódica
Perf. Aeródromo (QQ)	Bicarbonatada sódica
Perf. La Pobrecita (GP)	Bicarbonatada sódica

Tabla 6.2. Tipología de las aguas



Cabe señalar que esta tipología corresponde para el momento de toma de la muestra, y con el fin de ver la relación entre los subsistemas del sistema hidrológico en ese determinado momento. Es decir, el análisis de estos datos brinda información de lo que sucede cuando las condiciones ambientales (clima, meteorología, geomorfología, uso del territorio, etc.), son iguales o similares con las reinantes en ese momento.

Las muestras de agua subterránea, tanto en General Pico como en Quemú Quemú coinciden y se las considera Bicarbonatadas sódicas. El Cañadón y el río Quinto llaman la atención por la similitud en la tipología ya que como se ha visto hasta el momento parecen no pertenecer a un mismo sistema de funcionamiento, pero sí pueden estar atravesando una situación hidrodinámica similar (gran pérdida por evaporación y descarga del acuífero).

La Arocena con aguas altamente bicarbonatadas propias de una zona de recarga y/o de un aporte continuo de procedencia antrópica al medio.

Las relaciones iónicas principales permitieron obtener los resultados siguientes:

	<b>Relación Iónica</b>	<b>El Cañadón</b>	<b>La Arocena</b>	<b>Río Quinto</b>	<b>Perf. Aeródromo</b>	<b>Perf. La Pobrecita</b>
<b>1</b>	rNa/rK	241,30	2,55	37,05	45,15	96,63
<b>2</b>	rMg/rCa	20,83	0,32	1,23	1,29	2,04
<b>3</b>	rSO <sub>4</sub> /rCl	0,42	0,74	1,25	0,65	1,14
<b>4</b>	rCl/rHCO <sub>3</sub>	11,29	0,12	2,53	0,09	0,22

Tabla 6.3. Relaciones Iónicas

Tomando como referencia la Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea en su libro editado: "Hidrogeología. Conceptos básicos de hidrología subterránea.", se analizan las relaciones iónicas presentadas.

La relación 1 indica que en todos los casos el origen del K es continental y no marino. En la número 2, se puede observar que las aguas del Cañadon presentan valores elevados, mientras en resto de los sitios presentan rangos normales para los ambientes continentales. El aumento de esta relación podría estar indicando la precipitación de carbonato de calcio.

En la relación iónica 3 el aumento de los valores puede indicar contaminación agrícola o industrial, en esta las muestras que podrían considerarse elevadas respecto lo esperable son el río Quinto y el agua subterránea de La Pobrecita (Gral. Pico).

En el caso siguiente, la relación entre el cloruro y el bicarbonato, ocurre lo mismo que en la 2, la laguna El Cañadon sobrepasa lo normal demostrando un proceso de precipitación de carbonato de calcio o una mineralización.

Se estableció el índice SAR de aptitud de agua para riego, este parámetro indica el riesgo de salinización y alcalinización según la calidad de las aguas. Al igual que en los gráficos anteriores se separaron según la procedencia superficial o subterránea (Gráficos 6.3. y 6.4.). Sólo las aguas de La Arocena presentan aptitud para su uso en riego.

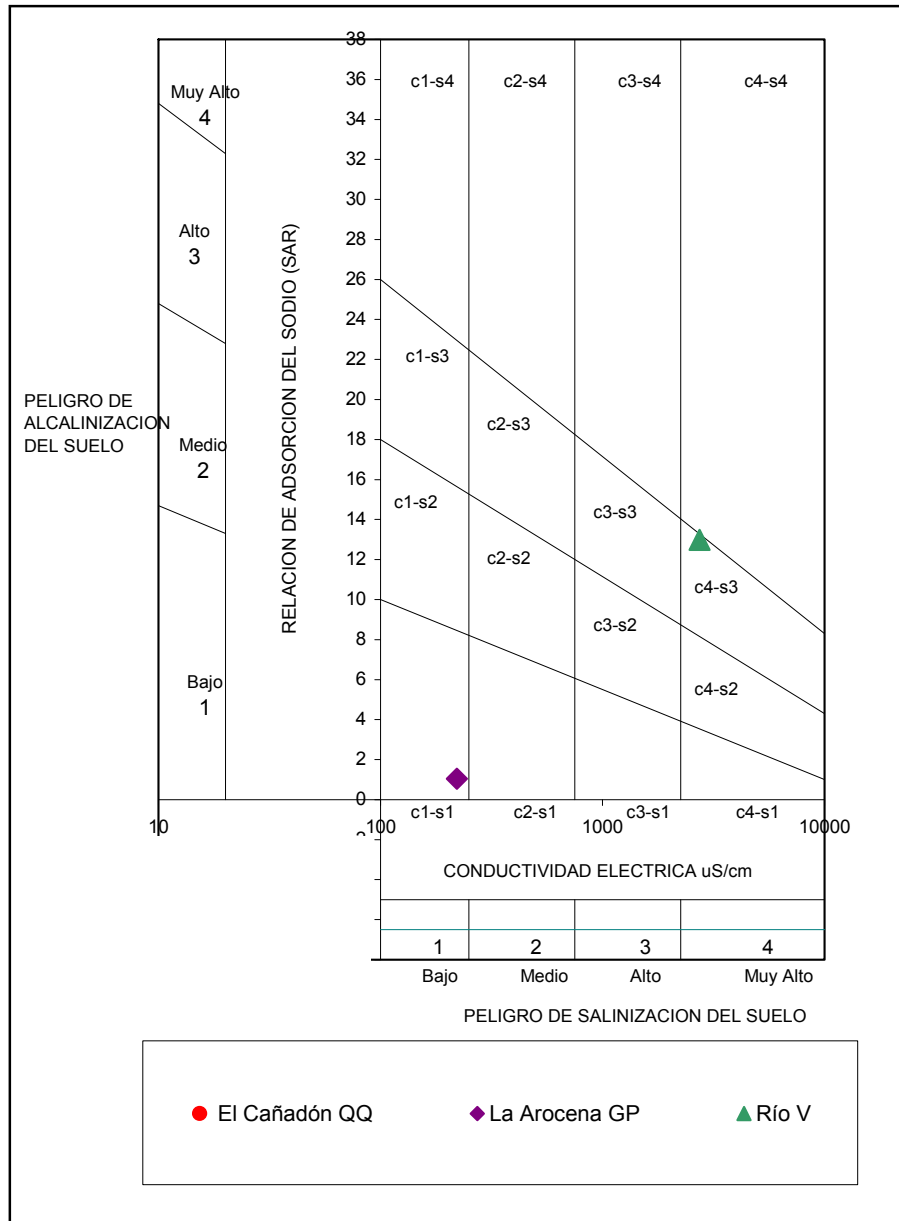


Gráfico 6.3. Índice SAR: Clasificación del agua para riego. Agua superficial

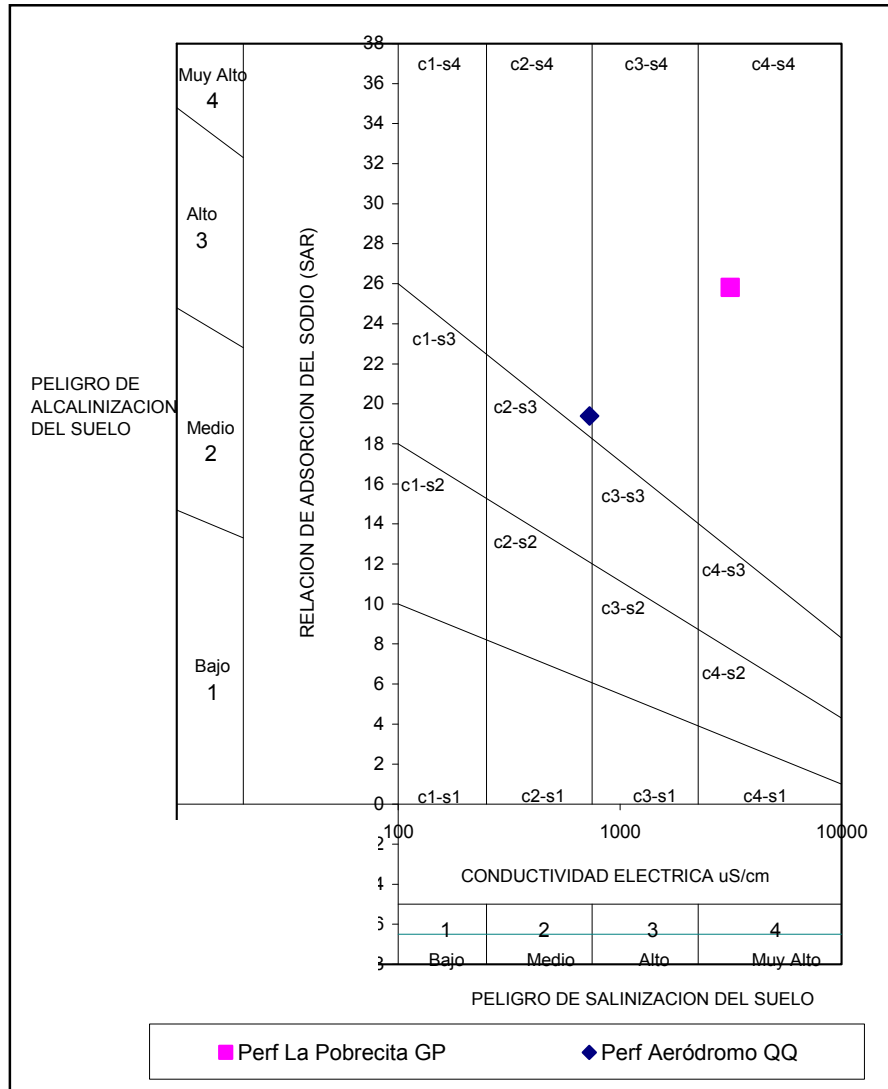


Gráfico 6.4. Índice SAR: Clasificación de las aguas para riego: Agua Subterránea.

Las muestras de General Pico y Quemú Quemú, fueron sometidas a un análisis de barrido y cuantificación de un gran número de elementos traza, metales y metaloides. En la tabla 6.4. se pueden observar esos parámetros. Los mismos indican algunas anomalías o rarezas (marcadas en color amarillo) en función de lo naturalmente esperable por las condiciones del medio en el que se encuentran o han atravesado. También se toma como valor referente

los límites permisibles para consumo del agua potable, según la normativa vigente (CAA, 2007).

Sitio	Laguna La Arocena GP	Perf. La Pobrecita GP	Laguna El Cañadón QQ	Perf. Aeródromo QQ
<b>Analito (ug/L)</b>				
Manganeso	103	8	4	42
<b>Arsénico</b>	<b>&lt; 10</b>	<b>295</b>	<b>234</b>	<b>66</b>
<b>Cadmio</b>	< 0,5	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>Cinc</b>	<b>448</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>4077</b>
Cobre	3	2	< 2	69
Hierro	317	< 10	156	563
Aluminio	367	< 4	16	89
Antimonio	< 2	< 2	< 2	< 2
Berilio	< 1	5	< 1	< 1
<b>Boro</b>	<b>111</b>	<b>4399</b>	<b>74292</b>	<b>2169</b>
Talio	< 1	< 1	< 1	< 1
<b>Vanadio</b>	18	<b>822</b>	12	<b>178</b>
Cobalto	< 1	< 1	< 1	< 1
Plata	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Selenio	< 10	24	12	< 10
Mercurio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
<b>Estroncio</b>	<b>115</b>	<b>428</b>	<b>1876</b>	<b>37</b>
Cromo	< 2	< 2	< 2	< 2
Níquel	< 2	< 2	20	2
Molibdeno	< 10	78	88	< 10
<b>Plomo</b>	< 5	< 5	< 5	<b>10</b>
Bario	59	62	62	6
Fósforo Total (mg/L)	0,21	< 0,05	0,38	< 0,05
Silicio Total (como SiO <sub>2</sub> ) (mg/L)	4,8	53	1	43

Tabla 6.4. Elementos trazas, metales y metaloides

Se observa elevados valores de Boro y Estroncio provenientes de los sedimentos de la formación Pampeano o Loess (Schulz, Com. Pers.), los mismos están presentes en la mineralogía y al ser altamente solubles en agua ingresan fácilmente al ciclo hidrológico. Similar a lo que ocurre con el flúor y el arsénico.

Un análisis de estos elementos marcados en la tabla 6.4., excede el presente trabajo de tesis permitiendo el establecimiento de líneas de investigación en el futuro.

#### 6.4. RESULTADOS ISOTÓPICOS OBTENIDOS

La relación entre los isótopos del oxígeno y del hidrógeno se pueden observar en la tabla 6.5., mientras que la desviación respecto al patrón normal del agua del océano (V-SMOW) se detalla en el gráfico 6.5. presentados juntos con la curva patrón permiten interpretar los procesos de particionamiento ocurridos.

Sitio de Muestreo	$\delta^2\text{H}\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}\text{‰}$
	$\pm 1$	$\pm 0,2$
Laguna El Cañadon QQ	42	9,1
Perf. Aeródromo QQ	-28	-4,9
Laguna La Arocena GP	26	4,6
Perf. La Pobrecita GP	-28	-4,8
Laguna Límite NW Río V	13	3,6
Perf. Límite NW Río V	-16	-2,0

Tabla 6.5. Deuterio y Oxígeno-18 en las muestras

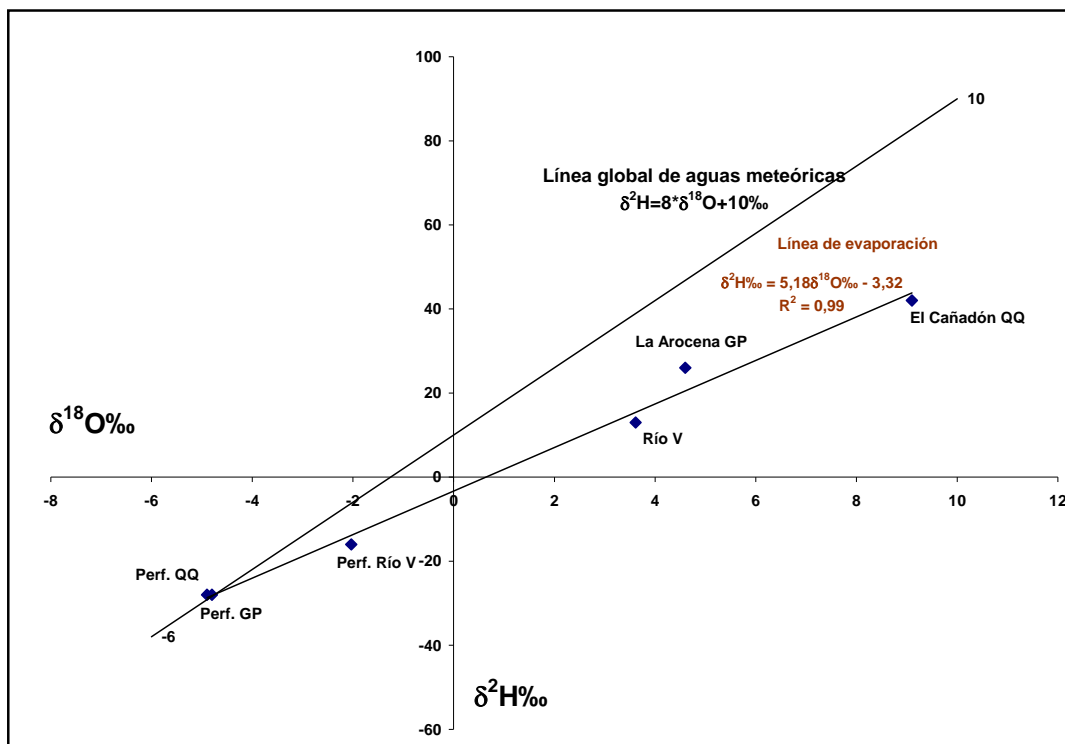


Gráfico 6.5. Curva isotópica

El resultado de una primera interpretación del gráfico 6.5. indica que las aguas están relacionadas con el ciclo hidrológico actual.

Las aguas superficiales y el agua subterránea de la zona del Río V se alinean en una recta de evaporación cuyo origen es la composición isotópica del agua subterránea. Es decir que en principio parece indicar que el agua subterránea es influente en esa zona.

El Cañadón y La Arocena ubicadas en la cima de la recta de evaporación indican lo predominante de este fenómeno en el momento muestreado, mientras que las aguas subterráneas de la misma zona indican no tener una conexión directa, por el particionamiento reflejado.

## **CAPÍTULO VII**

### **7.1. INTRODUCCIÓN**

El estudio del medio antrópico y biológico se incluye en este capítulo como parte integral de todo el sistema bajo estudio. Desde una perspectiva ambiental que constituye al hombre como parte integrante del medio se estudian las acciones que le son propias a todos los asentamientos humanos y al entorno sociocultural donde se encuentre. Por otro lado el medio biológico como principal subsistema afectado por toda modificación al funcionamiento del sistema natural.

### **7.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS**

La provincia de La Pampa es uno de los estados más jóvenes de la República Argentina ya que accedió al reconocimiento político en 1952. Se encuentra ubicada en el centro del país absorbiendo parciales caracterizaciones de la pampa húmeda bonaerense- al extremo noreste- y los signos distintivos de la Patagonia, en la mayor parte del resto del territorio, configurando una bisagra geográfica que la acción de los pampeanos transforma en un puente de integración del país.

Cuenta con una superficie de 143.440 km<sup>2</sup>, que representa el 6% del total nacional y una población de 299.294 habitantes, según el censo del año 2001. Este volumen representa el 0.8% del total país (Anuario Estadístico de la provincia de La Pampa, 2009).

Particularmente la zona bajo estudio está situada al Noreste de la provincia de La Pampa, limitando al Norte con la provincia de Córdoba y al Este con la provincia de Buenos Aires. En este capítulo se describe la situación social de los Departamentos de Chapaleufú, Maracó y Quemú Quemú, área denominada



también como Microrregión 2, conforme a la clasificación para su ordenamiento territorial (Ley 2.461).

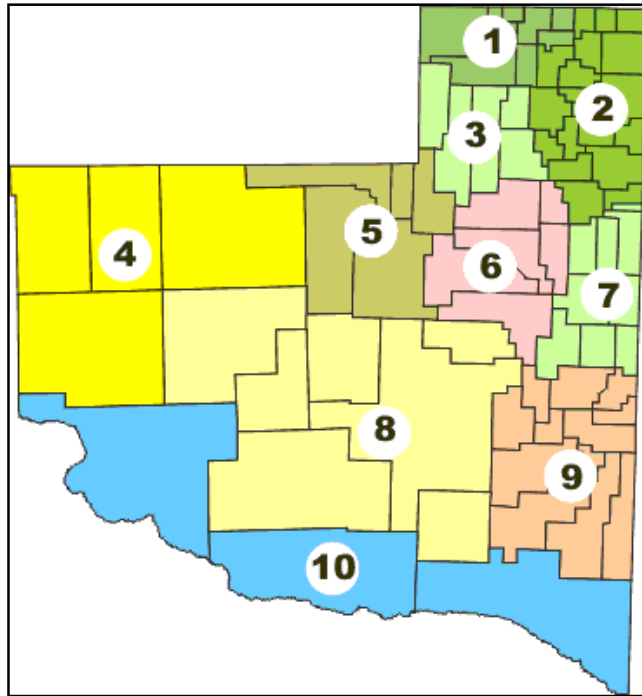


Figura 7.1. Mapa de las 10 micro-regiones de La Pampa.

### 7.2.1. Antecedentes Históricos

Los últimos hallazgos arqueológicos de Casa de Piedra testimonian la presencia del hombre en La Pampa desde hace 9.000 años. Los primeros pobladores del territorio, como sustrato étnico y prehistórico, fueron grupos tehuelches cuya distribución se extendió por gran parte de la Patagonia, incluyendo la actual provincia de La Pampa.

Los tehuelches, que dieron el sello a la primera etapa del período indígena, anterior al 1800, no tuvieron un dominio fuerte en el territorio. Su economía natural se sustentó en la caza de guanacos y choiques (ñandú) y la recolección de frutos silvestres. Se desplazaron por una dilatada geografía sin dejar rastros perceptibles, más allá de algunos testimonios de menor significancia.

El segundo período indígena tiene su apogeo entre los años 1834 a 1873, cuando grupos de mapuches o araucanos provenientes de Chile, realizaron la araucanización de los grupos autóctonos. Merced a la incorporación del caballo como medio de movilidad, se adentraron en este territorio, para implementar una economía basada en el pillaje y el saqueo a las estancias bonaerenses y conformaron los asentamientos aborígenes en lugares con abundante agua dulce, pasto, leña, sal, etc.; como Salinas Grandes (dominio de Calfulcurá), Leuvucó, Montes de Toay, etc.

Los ranqueles o ranquelinos ("gente de los carrizales") eran reconocidos en el año 1700. Eran agricultores, cazadores de a caballo, y realizaban el trueque con otras etnias. Su contacto con los tehuelches y la similitud lingüística con los mapuches los tornó un grupo heterogéneo.

Las campañas militares realizadas durante la Conquista al Desierto marcaron el ocaso del período indígena (año 1879), unos combatidos hasta el exterminio y otros condenados a la marginación y confinamiento en el desierto.

El poblamiento moderno comprende dos etapas:

a. La primera oleada pobladora (1880 a 1899): Se inició con la mensura de las tierras y el establecimiento de la red catastral. Se trata de inmigrantes nacionales procedentes de las provincias de San Luis, Buenos Aires, Córdoba, Mendoza y Santa Fe. La mayoría eran peones de estancias bonaerenses e indígenas apaisanados. La fuerte inmigración española que se registró a fines de la etapa, imprimió cambios que modificarían sustancialmente el paisaje y la identidad pampeana.

b. La segunda oleada pobladora comienza a principios del presente siglo, representa la "época de oro" de la colonización agraria y se refiere a la fuerte inmigración europea que llegó a poblar nuestras tierras, siendo el principal

destino el sector oriental. Llegaron españoles, italianos, alemanes del Volga, franceses, judíos, árabes, vascos; con el propósito de trabajar un extenso territorio.

Este proceso poblacional manifiesta una clara diferenciación entre el Oeste cuyo sustrato tiene origen criollo, y donde aún se conservan más elementos de la cultura aborígen, y el Este, comúnmente denominada “la pampa gringa”, la del inmigrante.

En los últimos años la población de La Pampa ha recibido un último aporte de inmigrantes provenientes de provincias vecinas -especialmente Buenos Aires, Córdoba y Mendoza- como consecuencia de la caída de las economías regionales y crisis de sus productos.

En la siguiente tabla se verifican las etapas pobladoras mencionadas:

CENSO/AÑO	ARGENTINOS	EXTRANJEROS	% DE EXTRAJ/ARG
1.887	10.207	1.815	17.8%
1.895	21.363	4.551	21.3%
1.914	64.287	37.051	57.6%
1.947	146.875	22.605	15.4%
1.960	146.359	12.387	8.4%
1.970	163.428	8.601	5.3%
1.980	202.013	6.247	3.1%
1.991	255.510	4.347	1.7%

Tabla 7.1. Cantidad de argentinos y extranjeros según censos. Fuente: INDEC

### 7.2.2. Niveles de poblamiento

Se pueden observar en el territorio provincial dos regiones principales, separadas por la isohieta de 500 mm que divide a la región subhúmeda-seca del NE, de las regiones semiárida y árida del Oeste pampeano, que también se

diferencian por sus características y comportamiento demográficos y productivos.

La región NE cuenta con una superficie de 39.349 km<sup>2</sup>, que representa el 27,43% del total provincial, mientras que su población es, según el Censo 2001 de 252.103 habitantes y representa el 84,39% de la población total de la provincia, de los cuales el 76% reside en los departamentos incluidos en la zona bajo estudio, y la región Oeste posee una superficie de 104.091 km<sup>2</sup>, representando 72,57% del total provincial y una población de 46.242 habitantes, el 15,62% del total de la Provincia. En general esta característica hace de la provincia una de la de menor densidad poblacional del país, 2,1 habitante por Km<sup>2</sup> comparado con los 13 habitantes por km<sup>2</sup> del país.

No obstante lo mencionado la zona bajo estudio incluye uno de los centros urbanos más importantes de la provincia, y los Departamentos que la componen, Quemú Quemú (3.49 hab./km<sup>2</sup>), Maracó (21.4 (hab./km<sup>2</sup>) y Chapaleufú (4.57 hab./km<sup>2</sup>) son los más densamente poblados de la región, siendo Maracó el segundo más poblado de la provincia luego de la Capital (Tablas 7.2. y 7.3.).

Localidad	Departamento	Censos				Variación Intercensal			
		1970	1980	1991	2001	1970/60	1980/70	1991/80	2001/91
<b>Total Provincia La Pampa</b>		<b>172.029</b>	<b>208.260</b>	<b>259.996</b>	<b>299.294</b>	<b>8,4</b>	<b>21,1</b>	<b>24,8</b>	<b>15,1</b>
Intendente Alvear	Chapaleufú	2.534	3.644	5.683	6.624	3,2	43,8	56,0	16,6
Bernardo Larroude	Chapaleufú	766	944	1.325	1.469	10,1	23,2	40,4	10,9
Coronel Hilario Lagos (Est. Aguas Buenas)	Chapaleufú	382	483	568	681	63,2	26,4	17,6	19,9
Vértiz	Chapaleufú	358	352	506	650	6,9	-1,7	43,8	28,5
Ceballos	Chapaleufú	153	146	238	331	-18,2	-4,6	63,0	39,1
Sarah	Chapaleufú	135	160	126	163	-16,7	18,5	-21,3	29,4
General Pico	Maracó	21.896	30.173	41.837	52.475	26,3	37,8	38,7	25,4
Dorila	Maracó	152	173	243	385	-21,2	13,8	40,5	58,4
Agustoni	Maracó	175	210	216	268	63,6	20,0	2,9	24,1
Speluzzi	Maracó	195	173	187	258	25,8	-11,3	8,1	38,0

Capítulo VII: Medio Antrópico y biológico

Trebolares	Maracó	79	65	50	52	5,3	-17,7	-23,1	4,0
Quemú Quemú	Quemú Quemú	2.458	2.676	3.322	3.577	11,8	8,9	24,1	7,7
Colonia Barón	Quemú Quemú	2.262	2.346	2.996	3.054	8,4	3,7	27,7	1,9
Miguel Cané	Quemú Quemú	544	523	627	700	15,3	-3,9	19,9	11,6
Villa Mirasol	Quemú Quemú	226	488	545	611	-4,6	115,9	11,7	12,1
Relmo	Quemú Quemú	56	30	43	84	47,4	-46,4	43,3	95,3
Colonia San José	Quemú Quemú	102	124	60	45	-46,3	21,6	-51,6	-25,0
Porcentaje Zona Estudio s/Total La Pampa		81,12%	79,49%	77,47%	76,13%				

FUENTE: Dirección General de Estadística y Censos. Dpto Sociodemografía  
INDEC. Datos Censos Nacionales.

Tabla 7.2. Habitantes por localidad.

Departamento	2001			2008		
	Población Total	Superficie en Km2	Densidad Hab/Km2	Población Total (1)	Superficie en Km2	Densidad Hab/Km2
Total Provincia	299.294	143.440	2.10	333.550	143.440	2.33
Atreucó	10.134	3.580	2.80	10.756	3.580	3.00
Caleu Caleu	2.075	9.078	0.20	2.136	9.078	0.24
Capital	96.920	2.525	38.40	111.684	2.525	44.23
Catrillo	6.728	2.555	2.60	7.525	2.555	2.95
Chalileo	2.517	8.917	0.30	2.923	8.917	0.33
Chapaleufú	10.787	2.570	4.20	11.753	2.570	4.57
Chical Co	1.595	9.117	0.20	1.828	9.117	0.20
Conhelo	14.591	5.052	2.90	15.447	5.052	3.06
Curacó	886	13.125	0.10	1.038	13.125	0.08
Guatraché	9.306	3.525	2.60	9.360	3.525	2.86
Hucal	7.838	6.047	1.30	8.422	6.047	1.39
Lihuel Calel	547	12.460	0.00	771	12.460	00.6
Limay Mahuida	475	9.985	0.00	422	9.985	0.00
Loventué	8.649	9.235	0.90	9.119	9.235	0.99
Maracó	54.699	2.555	21.40	62.113	2.555	24.31
Puelen	7.757	13.160	0.60	8.691	13.160	0.66
Quemú Quemú	8.756	2.557	3.40	8.933	2.557	3.49
Rancul	10.648	4.933	2.20	11.542	4.933	2.34
Realicó	15.302	2.450	6.20	16694	2.450	6.81
Toay	9.256	5.092	1.80	10.703	5.092	2.10
Trenel	5.324	1.955	2.70	6.228	1.955	3.19
Utracán	14.504	12.967	1.10	15.462	12.967	1.19

Tabla 7.3. Población Total, Superficie y Densidad de Población por Departamento. Años 2001 y 2008

Nota: (1) Población estimada al 30 de junio de 2008 ajustada a proyección nacional y provincial  
Fuente Indec Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001 e Instituto Geográfico Militar, pag. 38 Anuario Estadístico de la Provincia de La Pampa 2009.

Otra clasificación que se puede analizar a fin de comprender la dinámica poblacional que afecta al tema de estudio, es su agrupación según su residencia, conforme el censo de 1947 la población urbana era de 64.548 habitantes (38,08%), la rural agrupada de 22.009 habitantes (12,98%) y la rural dispersa de 82.923 habitantes (48,94%).

Según el Censo 2001 la población urbana pasó a ser de 260.898 habitantes (87,33%) la rural agrupada de 16.599 habitantes (5,56% y la rural dispersa de 21.248 habitantes (7,11%).

Claramente la dinámica social y productiva de la región en los últimos 60 años movilizó a los habitantes de La Pampa a preferir las zonas urbanas como lugar de residencia (Gráfico 7.1.)

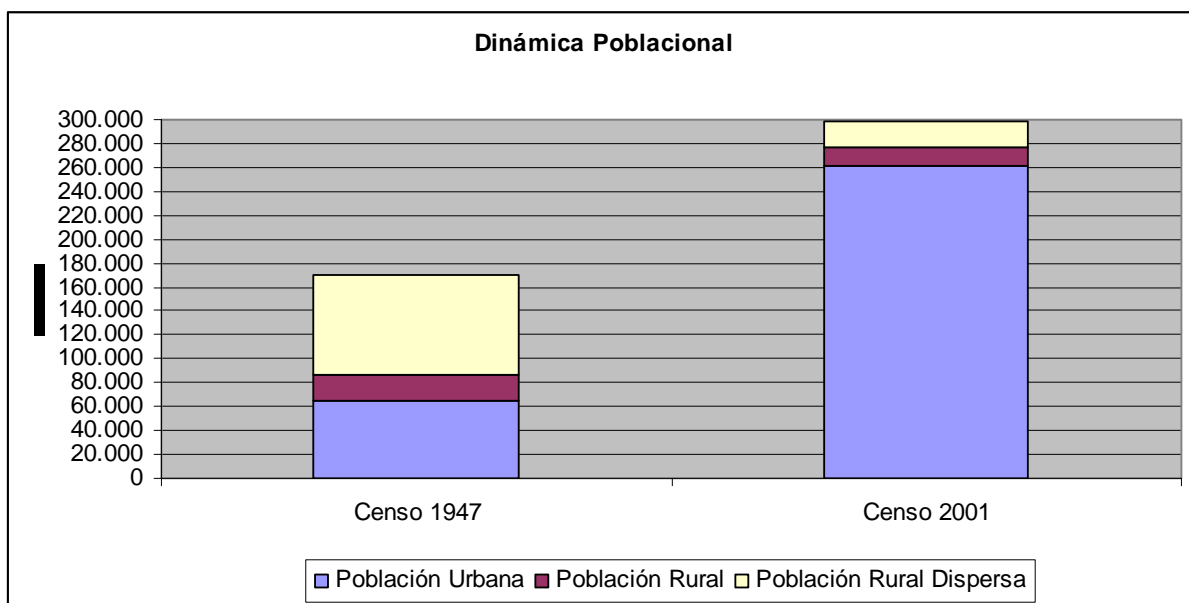


Gráfico 7.1. Dinámica Poblacional

### 7.2.3. Actividades Económicas

La micro región 2 que incluye los departamentos considerados en este análisis, comprende las siguiente actividades económicas:

- Complejo agroindustrial agrícola. Cereales y oleaginosas.
- Complejo agroindustrial ganadero. Carne bovina, porcina y ovina.
- Complejo agroindustrial lácteo.
- Industria metalmecánica, máquinas agrícolas, transporte y equipamiento industrial.
- Industria química y plásticos
- Industria textil y de confección.
- Industria de Alimentos.
- Complejo industrial maderero y fabricación de muebles.
- Industria productora de bienes para la construcción
- Desarrollo de producción hortícola y fruta fina
- Desarrollo de complejo apícola
- Industrias con base tecnológica
- Proyectos de base biotecnológica, farmacéutica y cosmética
- Producción y exportación de conejos para carne
- Turismo
- Producción equina
- Producción avícola.

La principal actividad de la zona en estudio es la agropecuaria y el desarrollo de las industrias y servicios a ella asociadas, pero con el fin de evitar los profundos vaivenes de la economía asociadas a la dependencia mono productiva los distintos gobiernos han buscado fomentar y favorecer la radicación de nuevas industrias, ejemplos de ello son el Parque Industrial de General Pico y La Zona Franca de General Pico.

La zona bajo estudio por su perfil productivo es el motor de la economía provincial ya que los rubros más significativos en el Producto Bruto Geográfico son los derivados del Sector Primario- Agricultura y Ganadería y del Sector Terciario asociados a los servicios radicados principalmente en las ciudades (Tabla 7.4.).

**PROVINCIA DE LA PAMPA**  
**PRODUCTO GEOGRAFICO BRUTO - Base 1993**  
*En Millones de Pesos a valores corrientes*

**PERIODO: 1993/2007**

**VAB a precios básicos**

CAT	GRAN DIVISION	2005 (1)		2006 (1)		2007 (1)	
	<b>Total</b>	<b>3,988.55</b>		<b>4,209.62</b>		<b>5,079.02</b>	
<b>A</b>	<b>1. Agric., Caza, Silv. y Pesca</b>	<b>1,058.26</b>	<b>26.5%</b>	<b>1,128.02</b>	<b>26.8%</b>	<b>1,607.780</b>	<b>31.7%</b>
	Cereales y Oleaginosas	281.15		460.11		767.90	
	Ganado vacuno y leche	734.24		613.98		780.08	
	Ganado porcino y produccion de granja	18.00		20.33		16.54	
	Silvicultura y actividades conexas	1.27		1.24		1.55	
	Servicios Agrícolas	23.6		32.36		41.71	
<b>C</b>	<b>2. Explot. de Minas y Canteras</b>	<b>239.89</b>		<b>364.87</b>		<b>397.23</b>	
	Extracción de Petróleo crudo y gas natural	202.29		319.52		341.28	
	Extracción de Minerales no metalíferos	37.6		45.35		55.95	
	<b>TOTAL SECTOR PRIMARIO</b>	<b>1,298.15</b>	<b>32.5%</b>	<b>1,382.58</b>	<b>32.8%</b>	<b>2,005.01</b>	<b>39.5%</b>
<b>D</b>	<b>3. Industrias Manufactureras</b>	<b>159.30</b>		<b>167.70</b>		<b>174.56</b>	
	Alimentos y bebidas	72.93		81.20		82.94	
	Cueros, telas, etc.	6.95		9.20		9.10	
	Maderas	5.23		4.40		4.82	
	Edición e impresión	10.60		10.10		11.60	
	Productos químicos	13.20		13.10		13.50	
	Productos de plástico	6.75		6.20		6.70	
	Productos no metálicos	12.40		12.90		13.70	
	Metales comunes	11.8		12.00		12.60	
	Productos de metal	5.09		5.00		5.20	
	Máquinas y Equipos	6.90		6.90		7.50	
	Partes y piezas de automotores	4.30		3.40		3.50	
	Muebles	3.15		3.30		3.40	
<b>E</b>	<b>4. Electricidad, Gas y Agua</b>	<b>38.03</b>		<b>39.22</b>		<b>50.98</b>	
	Electricidad	27.54		29.94		31.20	
	Gas	8.24		8.48		9.77	
	Agua	9.01		9.23		10.01	
<b>F</b>	<b>5. Construcción</b>	<b>128.37</b>		<b>138.70</b>		<b>164.91</b>	
	Privadas	64.76		73.05		98.91	
	Públicas	63.61		65.65		66.00	
	<b>SUBTOTAL SECTOR SECUNDARIO</b>	<b>325.70</b>	<b>8.2%</b>	<b>345.62</b>	<b>8.2%</b>	<b>390.45</b>	<b>7.7%</b>
<b>G</b>	<b>6. Comercio al por Mayor y al por menor</b>	<b>599.10</b>		<b>630.02</b>		<b>701.20</b>	
<b>H</b>	<b>6. Restaurantes y Hoteles</b>	<b>49.44</b>		<b>50.23</b>		<b>56.46</b>	



I	7. Transp., Almacen. y Comun.	141.39	152.56	168.12
J	8. Intermediación Financiera	138.52	155.97	184.51
K	8. Activ. Inmobiliaria y de alquileres	409.03	423.10	458.64
L	9. Administración Pública y defensa	329.59	343.93	358.03
M	9. Enseñanza	240.32	251.05	262.10
N	9. Servicios Sociales y de Salud	291.96	302.47	313.06
O	9. Otras Act. de Serv.Com.Soc. y pers.	146.61	153.00	162.24
P	9. Hogares Priv. con Servicio Dom.	18.74	19.09	19.20
<b>SUBTOTAL SECTOR TERCIARIO</b>		<b>2,364.70</b>	<b>2,481.42</b>	<b>2,683.56</b>
		<b>59.3%</b>	<b>58.9%</b>	<b>52.8%</b>

(1) Provisorio

Elaboración: Dirección General de Estadística y Censos

Noviembre de 2008

Tabla 7.4. Producto Bruto Geográfico.

### 7.2.3.i Actividad Agropecuaria

Se detalla a continuación (Tabla 7.5.) la cantidad de hectáreas y su utilización en la Provincia y la zona bajo estudio.

	La Pampa	Micro Región 2	Porcentaje Región 2/ Total	
Total Has	13.033.083,00	865.047,00	6,64%	
<b>I</b>	<b>Uso Ganadería</b>			
I.1	Verdeos Invierno	554.214,00	128.385,00	23,17%
I.2	Pasturas Perennes	773.497,00	206.397,00	26,68%
I.3	Cultivos Diferidos	205.812,00	37.247,00	18,10%
I.4	Monte Natural	8.097.106,00	1.815,00	0,02%
I.5	Campo Natural	1.907.916,00	80.607,00	4,22%
	<b>Subtotal ganadería</b>	<b>11.538.545,00</b>	<b>454.451,00</b>	<b>3,94%</b>
<b>II</b>	<b>Uso Agricultura</b>			
II.1	Agric.p/ Cosecha	320.163,00	58.603,00	18,30%
II.2	Rastrojo	615.698,00	218.190,00	35,44%
II.3	Barbecho	298.982,00	87.224,00	29,17%
	<b>Subtotal agricultura</b>	<b>1.234.843,00</b>	<b>364.017,00</b>	<b>29,48%</b>
	<b>Total Actividad Agropecuaria</b>	<b>12.773.388,00</b>	<b>818.468,00</b>	<b>6,41%</b>
	Plant Artificial	6.957,00	2.331,00	33,51%
	Sup. No Utilizable	224.027,00	38.353,00	17,12%
	Sup. c/ Vivienda	28.711,00	5.895,00	20,53%

Tabla 7.5. Superficie destinada a la actividad agropecuaria

**Nota:** Los totales pueden diferir algo de las sumas reales, debido a los decimales generados al aplicar los coeficientes de expansión a la cobertura faltante. Datos actualizados al 24/07/09

**Fuente:** Dirección General de estadísticas y Censos. Registro Provincial de Producción Agropecuaria 2008.

La tabla precedente confirma que el uso del suelo en la micro región 2 está caracterizado por un uso intensivo para la actividad agropecuaria como lo indican los altos porcentajes de las filas I.1; I.2, y I.3 destinados a la ganadería y los puntos II.1; II,2 y II.3 destinados a la agricultura, a diferencia del mayor peso que tiene en la provincia el uso de la tierra en su calidad de Monte Natural y Campo Natural para Ganadería, estos últimos representan el 77% de la superficie total de la provincia.

El gráfico 7.2. presenta el porcentaje de hectáreas destinadas a las diferentes actividades agropecuarias en la micro región 2, en relación a la superficie total de la provincia.

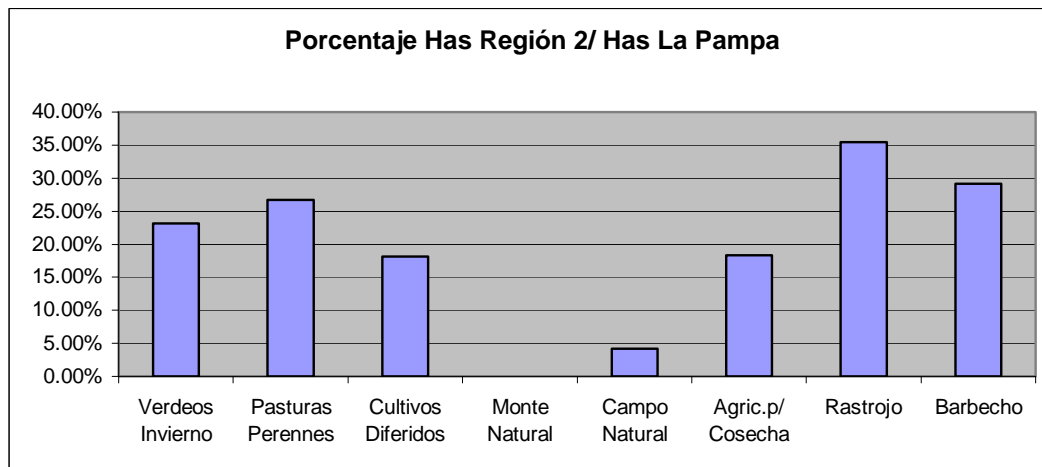


Gráfico 7.2. Porcentaje Has micro región 2 vs. Has de La Pampa

### 7.2.3.ii. Parque Industrial de General Pico

Fue creado por ley provincial N° 530, el 28 de junio de 1974, en base a un anteproyecto elaborado por la municipalidad local, aceptando el gobierno pampeano, los bienes inmuebles ofrecidos por la misma.

El área que ocupa dicho parque es de 108 hectáreas, cuenta con todos los servicios de infraestructura, como: servicios comunes, parquización, infraestructura vial, desagües pluviales y cloacales, suministro de agua, red de agua contra incendios, alumbrado perimetral e interno, comedor para personal, oficina de bancos, administración, etc. A pocos años de su creación tuvo un rápido crecimiento funcionando en un primer momento industrias de distintos rubros como, plástica, gaseosa, amoblamiento, metalúrgica, etc. A estas empresas se le sumaron otras, no solo a nivel local, sino que atraídas por las condiciones del mismo, arribaron de lugares lejanos. La Tabla siguiente muestra los resultados de los locales comerciales censados por departamento.

<b>Total Provincia</b>	<b>13.817</b>
Atreucó	692
Caleu Caleu	54
Capital	4.282
Catrilo	346
Chalileo	96
Chapaleufú	424
Chical Co	-
Conhelo	644
Curacó	-
Guatraché	525
Hucal	381
Lihuel Calel	-
Limay Mahuida	-
Loventué	294
Maracó	2.836
Puelen	188
Quemú Quemú	539
Rancul	538
Realicó	998
Toay	199
Trenel	161
Utracán	620

Tabla 7.6. Locales Censados según Departamento - Fuente: Indec – Censo Nacional Económico 2004/2005.

Aunque datos más actualizados señalan los siguientes Registros de Unidades Económicas al 31/12/2008:

- General Pico – 4.253
- Intendente Alvear – 355
- Quemú Quemú – 288
- Santa Rosa – 4.893
- Total Provincia – 16.880

Una síntesis de la actividad económica nos señala que la zona bajo estudio tiene un peso cercano al 30% en la actividad provincial medido tanto en facturación, como en cantidad de comercios y superficie explotada.

#### **7.2.4. Otros Indicadores Sociodemográficos**

Otros aspectos que se pueden profundizar para caracterizar el perfil demográfico de la región son los relacionados con la calidad de vida de sus habitantes, medidos en la posibilidad de acceso a infraestructura de vivienda, educación, salud, y transporte. En coincidencia con los factores económicos la región goza de un buen nivel de vida, por ejemplo, una característica es la cantidad de establecimientos educativos que dan respuesta a la demanda poblacional (Tabla 7.7.).

**Nivel Inicial. Matrícula Educativa por Departamento  
Provincia de La Pampa. Período 2006**

Departamento	Inicial	EGB	Polimodal
<b>Total Provincia</b>	<b>7,049</b>	<b>52,972</b>	<b>14,125</b>
Atreucó	175	1,680	401
Caleu Caleu	91	446	77
Capital	2,370	17,776	5,287
Catriló	163	1,295	200
Conhelo	317	2,210	693
Curacó	31	165	34
Chalileo	67	650	114
Chapaleufú	289	1,915	526
Chicalco	32	322	5
Guatraché	154	1,077	310
Hucal	131	1,049	261
Lihuel Calel	10	72	12
Limay Mahuida	11	70	-
Loventué	233	1,685	631
Maracó	1,267	9,748	2,493
Puelén	161	1,808	410
Quemú Quemú	197	1,264	464
Rancul	288	1,884	426
Realicó	364	2,673	765
Toay	207	1,608	219
Trenes	89	893	111
Utracán	402	2,682	686

**Fuente:** Ministerio de Cultura y Educación. Área de Investigación y Evaluación de la Gestión Educ.

**Elaboración:** Dirección General de Estadística y Censos.

Tabla 7.7. Matrícula educativa por departamento.

### 7.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS

De manera general se resume y caracteriza el medio biológico constituido por la flora y fauna presente en el área bajo estudio. Es en la región noreste de la provincia de La Pampa dónde los ecosistemas naturales han sido mayormente impactados por el gran desarrollo de la actividad agropecuaria y de los sistemas urbanos.

Así mismo el medio biológico cambia en relación casi directa con las condiciones ambientales predominantes. Los períodos de máxima y mínima situación hidrológica presentan condiciones muy disímiles para lo cual la flora y fauna asociada a los distintos ambientes, cambia.

A continuación se expone una breve descripción de la situación actual sobre el conocimiento de la riqueza florística y faunística del área de estudio.

En relación a la biogeografía de Argentina, esta área se encuentra incluida dentro de los límites del Distrito Pampeano Occidental (Cabrera, 1994), el cual pertenece a la Provincia Pampeana dentro del Dominio Chaqueño (Cabrera y Willink, 1973). En rasgos generales, el conocimiento que se tiene tanto de la flora como de la fauna es aceptable para esta zona, aunque se cuenta con escasa información sobre los taxones que representan a la mayoría de los grupos de invertebrados.

Por tanto todavía es incierto el panorama de su biodiversidad, y más aún, la distribución, biología, sistemática y status de conservación de muchas de las especies y subespecies. A esto se le suma el incesante avance de las modificaciones antrópicas que afectan progresivamente a estos ecosistemas desde principios del siglo XX y la escasez de grupos de investigación dedicados a llevar a cabo tareas de relevamientos e inventarios de

biodiversidad. De esta manera el avance de los conocimientos relacionados con la investigación básica en el área se ven muy limitados.

### 7.3.1. Vegetación

Originalmente, la vegetación estuvo conformada por densos pastizales de gramíneas bajas (Cano *et al.*, 1980), que fueron reemplazados por cultivos y pasturas a partir del ingreso de la agricultura y ganadería en la región, lo que también produjo modificaciones estructurales de magnitud e importancia en su fauna.

Tratándose de un área de gran aprovechamiento agrícola y ganadero, la vegetación prístina fue casi totalmente destruida y sustituida por especies de cultivos, o bien los campos naturales se hallan muy alterados por la ganadería intensiva. Las características de la vegetación natural hay que deducirlas de los relictos que quedan junto a las vías férreas o en algunos campos poco pastoreados, y siempre queda la duda del grado de pureza de estas muestras.

La comunidad era un flechillar donde predominaban las gramíneas del género *Stipa*: paja fina (*Stipa tenuissima*), flechilla fina (*Stipa tenuis*), paja (*Stipa trichotoma*), flechilla colorada (*Stipa melanosperma*), flechilla mansa (*Stipa hyalina*), flechilla grande (*Stipa clarasii*), pasto puna (*Stipa brachychaeta*), flechilla (*Stipa neesiana*); acompañadas de otras gramíneas como flechilla negra (*Piptochaetium napostaense*), unquillo (*Poa ligularis*), pasto colorado (*Sorghastrum pellitum*), pasto ilusión (*Eragrostis lugens*), penacho (*Botriochloa barbinodes*), pasto raíz (*Botriochloa springfieldii*), pasto plateado (*Digitaria californica*), cola de caballo (*Trichloris crinita*), Espartillo (*Aristida pallens* y *Aristida spgazzinii*), cebadilla criolla (*Bromus catharticus*), cebadilla agria (*Melica argyrea*), etc. Estas gramíneas eran acompañadas por dicotiledóneas herbáceas o arbustivas como: brusquilla (*Discaria americana*), carqueja (*Baccharis crispa*), yerba de la oveja (*Baccharis ulicina*), porotillo (*Rhynchosia*

senna), verbena (*Verbena bonariensis*), Vara de oro (*Solidago chilensis*), margarita punzó (*Glandularia peruviana*), margarita tiorada (*Glandularia pulchella*), entre otras.

En determinados sitios existían también comunidades edáficas psamófilas, integradas por olivino (*Hyalis argentea*), tupe (*Panicum urvilleanum*), paja colorada (*Schizachyrium condensatum*), pasto amargo (*Elyonurus muticus*), roseta (*Cenchrus pauciflorus*), yerba de la perdíz (*Margyricarpus pinnatus*), pasto invierno (*Koeleria permolis*), romerillo (*Baccharis coridifolia*), etc.

Además, en sitios bajos se cubrían los humedales con especies características: totoras (*Ilypha domingensis* y *Ilypha subulata*), cortadera (*Cortaderia sellona*), capín (*Echinochloa crusgalli*), gramilla blanca (*Paspalum distichum* y *Paspalum vaginatum*), *Cyperus eragrostis*, *Eleocharis macrostachya*, *Deyeuxia viridiflavescens*, junco de laguna (*Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus californicus*), lagunilla (*Polygonum hydropiperoides* y *Polygonum lapathifolium*), *Ludwigia grandiflora*, rama negra (*Aster squamatus*), gambarusa (*Myriophyllum quitense*), helechito de agua (*Azolla filiculoides*), lentejita de agua (*Lemna gibba*), etc. Donde los humedales se salinizaban eran comunes: pasto salado (*Distichlis scoparia*), pelo de chacho (*Distichlis spicata*), *Diplachne uninervis*, junco negro (*Juncus acutus*), junco (*Juncus balticus*), zampa crespa (*Atriplex undulata*), *Chenopodium macrospermun*, *Baccharis juncea*, etc.

En la actualidad se ubica esta zona en la subregión de las planicies medanosas se destacan dos tipos fisonómicos de vegetación: 1) Cultivos y 2) Vegetación natural con comunidades halófilas y sammófilas. El porcentaje de superficie estimada que cubren cada uno es del 95% para el primero y el 5% restante para el segundo.



### **Cultivos**

Está muy difundida la implantación de forrajeras. En esta subregión la actividad principal es la ganadería (principalmente invernada y en menor grado cría y recría). La alfalfa es uno de los cultivos más importantes de esta región. En áreas medanosas, muy suavemente onduladas, se cultiva *Eragrostis curvula* (pasto llorón) y en las depresiones salinas *Agropyron elongatum* (agropiro) y *Melilotus albus* (trébol de olor). Uno de los riesgos más grandes de esos suelos arenosos, lo constituye las labranzas continuas que facilitan la erosión y la formación de médanos vivos. Las nuevas técnicas de siembra evitan en parte esos riesgos, pero se observa en los productores una fuerte resistencia a adoptarlas, a pesar de conocer los buenos resultados de ellas. Los cultivos anuales invernales más frecuentes son centeno, avena y cebada. En el sector Sur de esta subregión y cuando las condiciones del ambiente así lo permiten, se obtienen buenos cultivos de cosecha (trigo, sorgo, maíz, girasol). El maíz suele utilizarse como forraje diferido para mantenimiento de la vaca de cría en época otoño-invernal. La productividad primaria y secundaria, podría incrementarse mucho, sobre todo en las áreas con problemas de salinidad o con peligros de erosión eólica. En áreas disturbadas por la actividad humana las malezas ocupan un lugar preponderante durante las primeras etapas de esa sucesión.

### **Vegetación natural**

Alrededor de las lagunas presentes en la subregión existen comunidades halófilas y semihalófilas. En general hay pastizales bajos con dominancia de *Distichlis scoparia* o *D. spicata*, alternando con matorrales de *Atriplex undulata* o *Salicornia ambigua*. En áreas menos salinas hay pastizales de *Stipa papposa* y arbustales de *Cyclolepis genistoides*. En otros casos en áreas deprimidas o bañados existen praderas bajas en las que se intercalan gramíneas (*Stipa papposa*, *Pappophorum caespitosum*, *Cynodon hirsutus*, *Paspalum* sp., *Poa*

*lanuginosa*) con especies rastreras (*Lepidium bonariense*, *Melilotus indicus*, *Medicago polymorpha*, *Alternanthera philoxeroides*, *Juncus* sp., etc.).

En las áreas medanosas no cultivadas se instalan comunidades sammófilas o semisammófilas. Así existen pastizales bajos con *Poa lanuginosa*, *Panicum urvilleanum*, *Cenchrus pauciflorus*, *Oenothera indecora*, *Bromus brevis*, *Cynodon hirsutus*, *Hordeum pusillum*, *Facelis retusa*, *Plantago patagonica*, etc. En general son especies de baja productividad forrajera; la disponibilidad sólo cubre un corto período en el año.

### **7.3.2. Fauna**

Para describir la diversidad faunística del área de estudio se seleccionó los cinco grupos que comprenden la fauna de vertebrados con el fin de aportar elementos a la caracterización de la misma. Los grupos de invertebrados no fueron tenidos en cuenta, ya que para estos no se cuenta con suficiente información de base como para contar con indicadores fehacientes.

#### **7.3.2.1. Vertebrados nativos.**

En la superficie que abarca el área de estudio se encuentran representados 203 taxones de vertebrados nativos. Estos comprenden especies y subespecies que se distribuyen de la siguiente manera en los cinco grupos: 11 de peces, 7 de anfibios, 21 de reptiles, 132 de aves y 32 de mamíferos (Gráfico 1).

Cuadro 1. Lista de peces nativos.

Familia CURIMATIDAE		UICN
<i>Cyphocharax voga</i> (Hensel, 1870)	Sabalito	LC
Familia CHARACIDAE		
<i>Oligosarcus jenynsii</i> (Günther, 1864)	Dientudo o dentudo	NE
<i>Astyanax eigenmanniorum</i> (Cope, 1894)	Mojarra, mojarra cola roja o chato	NE
<i>Cheirodon interruptus</i> (Jenyns, 1842)	Mojarra	NE
Familia ERYTHRINIDAE		
<i>Hoplias malabaricus malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Tararira	NE
Familia CALLICHTHYDAE		
<i>Corydoras paleatus</i> (Jenyns, 1842)	Tachuela	NE
Familia PIMELODIDAE		
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy y Gaimard, 1824)	Bagre sapo	NE
Familia ATHERINOPSIDAE		
<i>Odontesthes bonariensis</i> (Valenciennes, 1835)	Pejerrey bonaerense	NE
Familia ANABLEPIDAE		
<i>Jenynsia multidentata</i> (Jenyns, 1842)	Madrecita, mojarra u orillero	NE
Familia POECILIIDAE		
<i>Cnesterodon decemmaculatus</i> (Jenyns, 1842)	Orillero o madrecita	NE
Familia CICHLIDAE		
<i>Australoheros facetus</i> (Jenyns, 1842).	Chanchita	NE

Cuadro 2. Lista de anfibios nativos.

Familia BUFONIDAE		UICN
<i>Bufo arenarum</i> Hensel, 1867	Sapo común	NE
Familia CERATOPHRYIDAE		
<i>Ceratophrys ornata</i> (Bell, 1843)	Escuerzo	NT
Familia LEPTODACTYLIDAE		
<i>Leptodactylus gracilis</i> (Duméril et Bibron, 1841)	Rana grácil	LC
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister, 1861)	Rana de bigotes	LC
<i>Leptodactylus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	Rana criolla	LC
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril et Bibron, 1841)	Escuercito	LC
Familia HYLIDAE		
<i>Hyla pulchella pulchella</i> (Duméril et Bibron, 1841)	Ranita de zarzal	NE

Cuadro 3. Lista de reptiles nativos.

Familia TROPIDURIDAE		UICN
<i>Liolaemus wiegmanni</i> (Duméril et Bibron, 1837)	Lagartija	NE
<i>Stenocercus pectinatus</i> (Duméril et Bibron, 1837)	Lagartija collareja	NE
Familia TEIIDAE		

Capítulo VII: Medio Antrópico y biológico

<i>Teius oculatus</i> (Duméril et Bibron, 1837)	Lagarto verde	NE
<i>Tupinambis teguixin</i> (Linnaeus, 1758)	Lagarto overo o iguana overa	NE
<b>Familia GYMNOPTHALMIDAE</b>		
<i>Pantodactylus schreibersi schreibersi</i> (Wiegmann, 1834)	Lagartija de cola larga	NE
<b>Familia GEKKONIDAE</b>		
<i>Homonota fasciata</i> (Duméril et Bibron, 1836)	Geko o culebrina	NE
<b>Familia ANGUIDAE</b>		
<i>Ophiodes vertebralis</i> (Bocourt, 1881)	Culebra de cristal	NE
<b>Familia AMPHISBAENIDAE</b>		
<i>Amphisbaena</i> sp.	Víbora ciega	NE
<i>Anops kingi</i> Bell, 1833	Víbora ciega	NE
<b>Familia LEPTOTYPHLOPIDAE</b>		
<i>Leptotyphlops australis</i> Freiberg et Orejas Miranda, 1968	Culebrilla o víborita de dos cabezas	NE
<b>Familia COLUBRIDAE</b>		
<i>Clelia rustica</i> (Cope, 1878)	Mussurana marrón	NE
<i>Elapomorphus spegazzinii suspectus</i> Amaral, 1924	Culebra listada	NE
<i>Liophis poecilogyrus sublineatus</i> Cope, 1860	Culebra verde y negra	NE
<i>Liophis anomalus</i> (Günther, 1858)	Culebra de líneas amarillas	NE
<i>Liophis sagittifer sagittifer</i> (Jan, 1863)	Culebra amarilla y negra	NE
<i>Lystrophis d'Orbigny</i> (Duméril, Bibron et Duméril, 1854)	Falsa yarará ñata	NE
<i>Lystrophis semicinctus</i> (Duméril, Bibron et Duméril, 1864)	Falsa coral de anillos	NE
<i>Oxyrhopus rhombifer bachmanni</i> (Weyenberg, 1876)	Falsa coral de rombos	NE
<i>Philodryas patagoniensis</i> (Girard, 1864)	Culebra marrón	NE
<b>Familia VIPERIDAE</b>		
<i>Bothrops alternatus</i> Duméril, Bibron et Duméril, 1854	Yarará grande o víbora de la cruz	NE
<i>Bothrops ammodytoides</i> Leybold, 1873	Yarará ñata	NE

**Cuadro 4. Lista de aves nativas.**

<b>Familia RHEIDAE</b>		<b>UICN</b>
<i>Rhea americana albescens</i> Lynch Arribázaga et Holmberg, 1878	Ñandú	NT
<b>Familia TINAMIDAE</b>		
<i>Rhynchotus rufescens palleescens</i> Kothe, 1907	Colorada	LC
<i>Nothoprocta cinerascens cinerascens</i> Burmeister, 1860	Inambú montaraz	LC
<i>Nothura maculosa annexens</i> Conover, 1950	Inambú común	LC
<i>Nothura darwinii darwinii</i> G.R. Gray, 1867	Inambú pálido	LC
<i>Eudromia elegans elegans</i> Geoffroy, 1832	Martineta común	LC
<b>Familia PODICIPEDIDAE</b>		
<i>Podilymbus podiceps antarcticus</i> (Lesson, 1842)	Macá pico grueso	LC
<i>Podiceps major major</i> (Boddaert, 1783)	Macá grande	LC
<i>Podiceps rolland chilensis</i> Lesson, 1828	Macá común	NE
<i>Podiceps occipitalis occipitalis</i> Garnot, 1826	Macá plateado	LC
<b>Familia PHALACROCORACIDAE</b>		
<i>Phalacrocorax olivaceus olivaceus</i> (Humboldt, 1805)	Biguá	NE
<b>Familia ARDEIDAE</b>		

Capítulo VII: Medio Antrópico y biológico

<i>Ardea cocoi</i> Linnaeus, 1766	Garza mora	LC
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	Chiflón	LC
<i>Ixobrychus involucris</i> (Vieillot, 1823)	Mirasol común	LC
<i>Egretta alba egretta</i> (Gmelin, 1789)	Garza blanca	LC
<i>Egretta thula thula</i> (Molina, 1782)	Garcita blanca	LC
<i>Nycticorax nycticorax hoactli</i> (Gmelin, 1789)	Garza bruja	LC
<i>Bubulcus ibis ibis</i> (Linnaeus, 1758)	Garcita bueyera	LC
<i>Butorides striatus fuscicollis</i> (Vieillot, 1817)	Garcita azulada	LC
<b>Familia THRESKIORNITIDAE</b>		
<i>Plegadis chihi</i> (Vieillot, 1817)	Cuervillo de cañada	LC
<i>Theristicus caudatus</i> (Boddaert, 1783)	Bandurria boreal	LC
<b>Familia CICONIIDAE</b>		
<i>Euxenura maguari</i> (J. F. Gmelin, 1789)	Cigüeña americana	NE
<b>Familia PHOENICOPTERIDAE</b>		
<i>Phoenicopterus chilensis</i> Molina, 1782	Flamenco	NT
<b>Familia ANHIMIDAE</b>		
<i>Chauna torquata</i> (Oken, 1816)	Chajá	LC
<b>Familia ANATIDAE</b>		
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	Siriri pampa	LC
<i>Dendrocygna bicolor bicolor</i> Vieillot, 1816	Siriri colorado	LC
<i>Coscoroba coscoroba</i> (Molina, 1782)	Coscoroba	LC
<i>Cygnus melancorypha</i> (Molina, 1782)	Cisne cuello negro	NE
<i>Anas flavirostris flavirostris</i> Vieillot, 1816	Pato barcino	LC
<i>Anas sibilatrix</i> Poeppig, 1829	Pato overo	LC
<i>Anas bahamensis rubirostris</i> Vieillot, 1816	Pato gargantilla	LC
<i>Anas georgica spinicauda</i> Vieillot, 1789	Pato maicero	LC
<i>Anas versicolor versicolor</i> Vieillot, 1816	Pato capuchino	LC
<i>Anas cyanoptera cyanoptera</i> Vieillot, 1816	Pato colorado	LC
<i>Anas platalea</i> Vieillot, 1816	Pato cuchara	LC
<i>Heteronetta atricapilla</i> Merrem, 1841	Pato cabeza negra	LC
<i>Netta peposaca</i> (Vieillot, 1816)	Pato picazo	LC
<i>Oxyura vittata</i> (Philippi, 1860)	Pato zambullidor chico	LC
<b>Familia ACCIPITRIDAE</b>		
<i>Elanus leucurus leucurus</i> (Vieillot, 1818)	Milano o gavilán blanco	LC
<i>Circus cinereus</i> Vieillot, 1816	Gavilán ceniciento	LC
<i>Circus buffoni</i> (Gmelin, 1788)	Gavilán planeador	LC
<i>Buteo magnirostris pucherani</i> (Verreaux, 1855)	Taguató común	LC
<i>Buteo swainsoni</i> Bonaparte, 1838	Aguilucho langostero	LC
<b>Familia FALCONIDAE</b>		
<i>Polyborus plancus plancus</i> (Miller, 1777)	Carancho	NE
<i>Milvago chimango chimango</i> (Vieillot, 1816)	Chimango	LC
<i>Falco sparverius cinamominus</i> Swaison, 1837	Halconcito colorado	LC
<i>Falco femoralis femoralis</i> Temminck, 1822	Halcón plumizo	LC
<b>Familia RALLIDAE</b>		
<i>Pardirallus sanguinolentus</i> (Swainson, 1838)	Gallineta común	LC
<i>Gallinula melanops</i> (J. E. Gray, 1829)	Pollona pintada	LC
<i>Fulica armillata</i> Vieillot, 1817	Gallareta ligas rojas	LC
<i>Fulica leucoptera</i> Vieillot, 1817	Gallareta chica	LC
<i>Fulica rufifrons</i> Philippi et Landbeck, 1861	Gallareta escudete rojo	LC
<i>Porphyriops melanops melanops</i> Vieillot, 1819	Pollona pintada	LC

Capítulo VII: Medio Antrópico y biológico

<i>Laterallus melanophaius</i> (Vieillot, 1819)	Burrito común	LC
<b>Familia CHARADRIIDAE</b>		
<i>Vanellus chilensis lampronotus</i> (Wagler, 1827)	Tero común	LC
<i>Oreopholus ruficollis</i> (Wagler, 1829)	Chorlo cabezón	LC
<b>Familia RECURVIROSTRIDAE</b>		
<i>Himantopus mexicanus</i> P.L.S. Muller, 1766	Terito real	LC
<b>Familia SCOLOPACIDAE</b>		
<i>Tringa flavipes</i> Gmelin, 1789	Pitoty chico	LC
<b>Familia THINOCORIDAE</b>		
<i>Thinocorus rumicivorus rumicivorus</i> Eschscholtz, 1829	Agachona chica	LC
<b>Familia LARIDAE</b>		
<i>Larus maculipennis</i> Lichtenstein, 1823	Gaviota capucho café	LC
<i>Larus dominicanus dominicanus</i> Lichtenstein, 1823	Gaviota cocinera	LC
<b>Familia COLUMBIDAE</b>		
<i>Columba picazuro picazuro</i> Temminck, 1813	Paloma picazuro o turca	LC
<i>Columba maculosa maculosa</i> Temminck, 1813	Paloma manchada	LC
<i>Zenaida auriculata auriculata</i> (Des Murs, 1847)	Torcaza	LC
<i>Columbina picui picui</i> Temminck, 1813)	Torcacita común	LC
<b>Familia PSITTACIDAE</b>		
<i>Aratinga acuticaudata acuticaudata</i> (Vieillot, 1817)	Calancate común	LC
<i>Myiopsitta monachus catita</i> (Jardine et Selby, 1839)	Cotorra	LC
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	Pirincho	LC
<b>Familia TYTONIDAE</b>		
<i>Tyto alba tuidara</i> (J.E. Gray, 1878)	Lechuza de campanario	LC
<b>Familia STRIGIDAE</b>		
<i>Athene cunicularia partridgei</i> Olrog, 1976	Lechucita vizcachera	LC
<i>Asio flammeus suinda</i> (Vieillot, 1817)	Lechuzón de campo	LC
<b>Familia CAPRIMULGIDAE</b>		
<i>Caprimulgus longirostris patagonicus</i> Olrog, 1962	Atajacaminos ñañarca	LC
<i>Hydropsalis brasiliana furcifer</i> (Vieillot, 1817)	Atajacaminos tijera común	LC
<b>Familia TROCHILIDAE</b>		
<i>Chlorostilbon aureoventris aureoventris</i> d'Orbigny et Lafresnaye, 1838)	Picaflor común	LC
<b>Familia PICIDAE</b>		
<i>Picoides mixtus berlepschi</i> (Hellmayr, 1915)	Carpintero bataraz chico	NE
<i>Colaptes melanochloros leucofrenatus</i> Leybold, 1873	Carpintero real	LC
<i>Colaptes campestris campestris</i> (Malherbe, 1849)	Carpintero campestre	LC
<b>Familia DENDROCOLAPTIDAE</b>		
<i>Lepidocolaptes angustirostris praedatus</i> (Cherrie, 1916)	Chincho chico	LC
<b>Familia FURNARIIDAE</b>		
<i>Upucerthia certhioides estebani</i> (Wetmore et Peters, 1949)	Bandurrita chaqueña	LC
<i>Cinclodes fuscus fuscus</i> (Vieillot, 1818)	Remolinera común	LC
<i>Furnarius rufus rufus</i> (Gmelin, 1768)	Hornero	LC
<i>Leptastenura platensis</i> Reichenbach, 1853	Coludito copetón	NE
<i>Leptastenura aegithaloides pallida</i> Dabbene, 1920	Coludito cola negra	NE
<i>Synalaxis albescens australis</i> Zimmer, 1935	Pijuí cola parda	NE
<i>Craniolauca pyrrhophia pyrrhophia</i> (Vieillot, 1818)	Curutié blanco	LC
<i>Asthenes pyrrholeuca</i> (Vieillot, 1817)	Canastero coludo	LC
<i>Asthenes baeri baeri</i> (Berlepsch, 1905)	Canastero chaqueño	LC
<i>Phleocryptes melanops melanops</i> (Vieillot, 1817)	Junquero	LC
<i>Anumbius annumbi annumbi</i> (Vieillot, 1817)	Leñatero	LC

Capítulo VII: Medio Antrópico y biológico

<i>Pseudoseisura lophotes argentina</i> Parkes, 1960	Cacholote castaño	LC
<b>Familia TYRANNIDAE</b>		
<i>Suiriri suiriri suiriri</i> (Vieillot, 1818)	Suirí común	LC
<i>Serpophaga subcristata munda</i> (Berlepsch, 1893)	Piojito común	LC
<i>Stigmatura budytoides flavocinerea</i> (Burmeister, 1861)	Calandrita	LC
<i>Anairetes flavirostris flavirostris</i> Sclater et Salvin, 1876	Cachudito pico amarillo	LC
<i>Pyrocephalus rubinus rubinus</i> (Boddaert, 1783)	Churrinche	LC
<i>Xolmis coronata</i> (Vieillot, 1923)	Monjita coronada	LC
<i>Xolmis irupero irupero</i> (Vieillot, 1823)	Monjita blanca	LC
<i>Neoxolmis rufiventris</i> (Vieillot, 1823)	Monjita chocolate	LC
<i>Agriornis microptera microptera</i> Gould, 1839	Gaucho gris	LC
<i>Agriornis murina</i> (d'Orbigny et Lafresnaye, 1837)	Gaucho chico	LC
<i>Lessonia rufa</i> (Gmelin, 1879)	Sobrepuesto Común	LC
<i>Knipolegus aterrimus aterrimus</i> Kaup, 1853	Viudita Común	LC
<i>Hymenops perspicillata</i> (Gmelin, 1789)	Pico de Plata	LC
<i>Machetornis rixosus rixosus</i> (Vieillot, 1819)	Picabuey	LC
<i>Pitangus sulphuratus argentinus</i> Todd, 1952	Benteveo común	LC
<i>Tyrannus savana savana</i> Vieillot, 1807	Tijereta	LC
<b>Familia PHYTOTOMIDAE</b>		
<i>Phytotoma rutila rutila</i> Vieillot, 1818	Cortarramas	LC
<b>Familia HIRUNDINIDAE</b>		
<i>Tachycineta leucorrhoa</i> (Vieillot, 1817)	Golondrina ceja blanca	LC
<b>Familia TROGLODYTIDAE</b>		
<i>Troglodytes aedon bonariae</i> Hellmayr, 1919	Ratona común	LC
<i>Cistothorus platensis platensis</i> (Latham, 1790)	Ratona aperdizada	LC
<b>Familia MUSCICAPIDAE</b>		
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1851	Zorzal chalchalero	LC
<b>Familia MIMIDAE</b>		
<i>Mimus saturninus modulator</i> (Gould, 1836)	Calandria grande	LC
<i>Mimus patagonicus</i> (d'Orbigny et Lafresnaye, 1837)	Calandria mora	LC
<i>Mimus triurus</i> (Vieillot, 1818)	Calandria real	LC
<b>Familia MOTACILLIDAE</b>		
<i>Anthus correndera correndera</i> Vieillot, 1818	Cachirla común	LC
<b>Familia EMBERIZIDAE</b>		
<i>Thraupis bonariensis bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	Naranjero	LC
<i>Saltator aurantirostris nasica</i> Wetmore et Peters, 1922	Pepitero de collar	LC
<i>Sicalis flaveola pelzelni</i> Sclater, 1872	Jilguero dorado	LC
<i>Sicalis luteola luteiventris</i> (Meyen, 1834)	Misto	LC
<i>Poospiza torquata pectoralis</i> Tood, 1922	Monterita de collar	LC
<i>Embernagra platensis platensis</i> (Gmelin, 1789)	Verdón	LC
<i>Myiospiza humeralis xanthornus</i> (Darwin, 1839)	Cachilo ceja amarilla	NE
<i>Zonotrichia capensis choraules</i> (Wetmore et Peters, 1922)	Chingolo	LC
<b>Familia ICTERIDAE</b>		
<i>Amblyramphus holosericeus</i> (Scopoli, 1786)	Federal	LC
<i>Molothrus bonariensis bonariensis</i> (Gmelin, 1788)	Tordo renegrido	LC
<i>Molothrus rufoaxillaris</i> Cassin, 1866	Tordo pico corto	LC
<i>Molothrus badius badius</i> (Vieillot, 1819)	Tordo músico	LC
<i>Agelaius thilius petersii</i> Laubmann, 1934	Varillero ala amarilla	LC
<i>Agelaius ruficapillus</i> Vieillot, 1819	Varillero congo	LC
<i>Sturnella loyca loyca</i> (Molina, 1782)	Loica común	LC

Capítulo VII: Medio Antrópico y biológico

<i>Sturnella defilippi</i> (Bonaparte, 1850)	Loica pampeana	VU
<b>Familia FRINGILLIDAE</b>		
<i>Carduelis magellanica magellanica</i> (Vieillot, 1805)	Cabecitanegra común	LC

Cuadro 5. Lista de mamíferos nativos.

<b>Familia DIDELPHIDAE</b>		<b>UICN</b>
<i>Thylamys pusillus</i> (Desmarest, 1804)	Comadreja enana	LC
<i>Monodelphis dimidiata</i> (Wagner, 1847)	Colicorto pampeano	LC
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	Comadreja overa	LC
<i>Lutreolina crassicaudata</i> (Desmarest, 1804)	Comadreja colorada	LC
<b>Familia DASYPODIDAE</b>		
<i>Chaetophractus vellerosus</i> (Gray, 1865)	Piche llorón	LC
<i>Chaetophractus villosus</i> (Desmarest, 1804)	Peludo	LC
<b>Familia VESPERTILIONIDAE</b>		
<i>Myotis levis dinelli</i> Thomas, 1902	Murciélago oreja de ratón	LC
<i>Eptesicus diminutus fidelis</i> Thomas, 1920	Murciélago dorado	DD
<i>Eptesicus furinalis furinalis</i> (d'Orbigny, 1847)	Murciélago pardusco	LC
<i>Lasiurus blossevillii blossevillii</i> (Lesson et Garnot, 1826)	Murciélago rojizo	LC
<i>Lasiurus cinereus villosissimus</i> (E. Geoffroy St. – Hilaire, 1806)	Murciélago escarchado grande	LC
<i>Lasiurus ega</i> (Gervais, 1856)	Murciélago leonado	LC
<b>Familia MOLOSSIDAE</b>		
<i>Tadarida brasiliensis</i> (Geoffroy St.-Hilaire, 1824)	Murciélago cola de ratón	LC
<b>Familia FELIDAE</b>		
<i>Lynchailurus pajeros</i> (Desmarest, 1816)	Gato de los pajonales	NT
<i>Oncifelis geoffroyi</i> (d'Orbigny et Gervais, 1844)	Gato montés	NT
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Puma o león americano	LC
<b>Familia CANIDAE</b>		
<i>Lycalopex gymnocercus</i> (Fischer, 1814)	Zorro gris	LC
<b>Familia MUSTELIDAE</b>		
<i>Conepatus humboldtii</i> Gray, 1837	Zorrino	LC
<i>Galictis cuja</i> (Molina, 1782)	Hurón	LC
<b>Familia MURIDAE</b>		
<i>Akodon azarae</i> (Fischer, 1829)	Ratón de azara	LC
<i>Akodon molinae</i> Contreras, 1968	Ratón pajizo	LC
<i>Necomys benefactus</i> (Thomas, 1916)	Ratón oscuro	LC
<i>Oligoryzomys flavescens</i> (Waterhouse, 1837)	Colilargo del plata	LC
<i>Calomys laucha</i> (Fischer, 1814)	Laucha chica	LC
<i>Calomys musculinus</i> (Thomas, 1913)	Laucha manchada	LC
<i>Graomys griseoflavus</i> (Waterhouse, 1837)	Pericote de vientre blanco	LC
<i>Reithrodon auritus</i> (Fischer, 1814)	Rata conejo	LC
<b>Familia CAVIIDAE</b>		
<i>Cavia aperea</i> (Erleben, 1777)	Cuis grande	LC
<i>Galea musteloides</i> Meyen, 1832	Cuis moro	LC
<b>Familia CHINCHILLIDAE</b>		
<i>Lagostomus maximus</i> (Desmarest, 1817)	Vizcacha	LC
<b>Familia MYOCASTORIDAE</b>		
<i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782)	Coipo o nutria	LC
<b>Familia OCTODONTIDAE</b>		



### 7.3.2.2. Vertebrados introducidos silvestres.

En el área de estudio también se hallan 8 taxones de vertebrados introducidos silvestres, los cuales se agrupan de la siguiente manera: 1 pez, 2 aves y 5 mamíferos (Gráfico 1).

Cuadro 6. Lista de peces introducidos silvestres.

Familia CYPRINIDAE		UICN
<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	Carpa común	-

Cuadro 7. Lista de aves introducidas silvestres.

Familia COLUMBIDAE		UICN
<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789	Paloma doméstica	-
Familia PLOCEIDAE		
<i>Passer domesticus domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Gorrión	-

Cuadro 8. Lista de mamíferos introducidos silvestres.

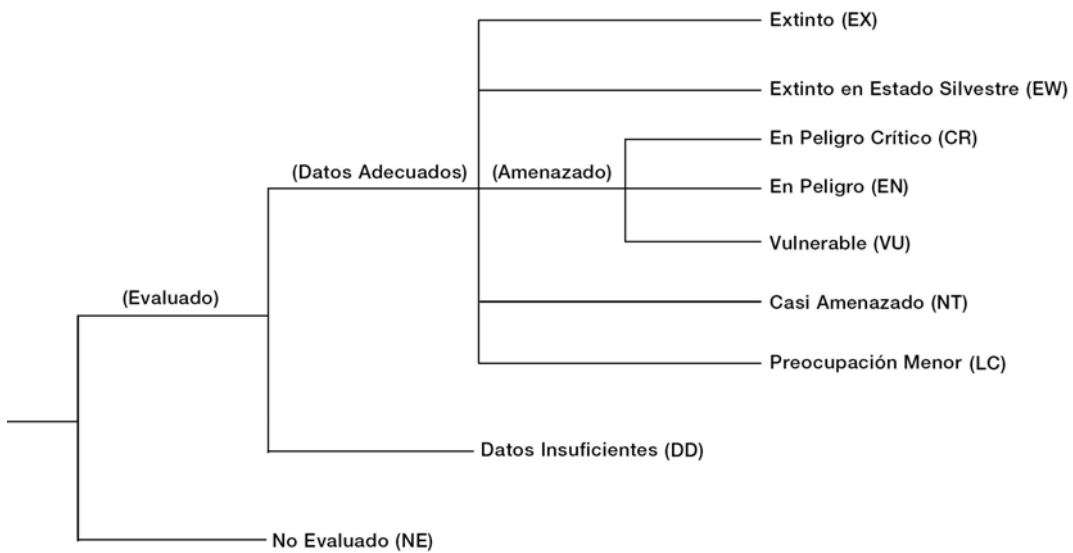
Familia LEPORIDAE		UICN
<i>Lepus europaeus</i> Linnaeus, 1758	Liebre europea	-
Familia MURIDAE		
<i>Mus domesticus</i> Schwarz et Schwarz, 1943	Laucha doméstica	-
<i>Rattus norvegicus</i> (Berkenhout, 1769)	Rata de noruega	-
<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	Rata parda	-
Familia SUIDAE		
<i>Sus scrofa</i> Linnaeus, 1758	Jabalí	-

### 7.3.2.3. La fauna de vertebrados y las categorías de la UICN.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) plantea nueve categorías en las que se puede incluir a los taxones existentes en el planeta (Cuadro 9). Cualquier taxón podrá ser incluido, en base a criterios preestablecidos, en alguna de las categorías definidas conformándose así la Lista Roja de la UICN (Cuadros 1, 2, 3, 4 y 5). Esta lista es reconocida como la

guía de mayor autoridad sobre el estado de la diversidad biológica. El objetivo general de la Lista Roja es transmitir la urgencia y magnitud de los problemas de conservación al público en general y a los encargados de tomar decisiones en particular, y motivar de esta manera a la comunidad mundial a tratar de reducir la extinción de las especies.

**Cuadro 9. Estructura de las categorías propuestas por la UICN.**



\* La abreviatura asignada a cada categoría (entre paréntesis) corresponde a la nomenclatura inglesa. **EX**: extinct; **EW**: extinct in the wild; **CR**: critically endangered; **EN**: endangered; **VU**: vulnerable; **NT**: near threatened; **LC**: least concern; **DD**: data deficient; **NE**: not evaluated.

Para el área en estudio se observó que taxones como son los casos de *Sturnella defilippi* (loica pampeana) y *Ctenomys azarae* (tucu-tucu) se encuentran en la categoría de Vulnerable de la UICN porque la mejor evidencia disponible indica que cumplen alguno de los criterios A al E para esta categoría. Por consiguiente, se considera que las especies están enfrentando un riesgo alto de extinción en estado silvestre.

*Sturnella defilippi* cumple con el criterio B de la UICN y los incisos: 1 [a y b (i, ii,

*iii* y *v*], lo cual quiere decir que la extensión de su presencia estimada es menor de 20.000 km<sup>2</sup> y las estimaciones indican por lo menos estos dos puntos: *a*) Severamente fragmentada o se sabe que no existe en más de 10 localidades y *b*) Disminución continua, observada, inferida o proyectada, en cualesquiera de las siguientes: (*i*) extensión de la presencia, (*ii*) área de ocupación, (*iii*) área, extensión y/o calidad del hábitat y (*v*) número de individuos maduros.

*Ctenomys azarae* también cumple con el criterio B de la UICN y los incisos: 1 [*a* y *b* (*i*, *ii* y *iii*)], sólo que en este no hay evidencia para el inciso *v* como en el caso anterior, ya que no se ha detectado una disminución (continua, observada, inferida o proyectada) del número de individuos maduros.

Los taxones como *Ceratophrys ornata* (escuerzo), *Rhea americana albescens* (ñandú), *Phoenicopterus chilensis* (flamenco), *Lynchailurus pajeros* (gato de los pajonales) y *Oncifelis geoffroyi* (gato montés), están clasificados en la categoría de Casi Amenazados (NT) ya que han sido evaluados según los criterios de la UICN y no satisfacen, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable; pero están próximos a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfagan, en el futuro cercano.

*Eptesicus diminutus fidelis* (murciélago dorado) es un taxón que pertenece a la categoría Datos Insuficientes (DD) porque no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción, con base en la distribución y/o el estado de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado y su biología ser bien conocida, pero carecer de datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos insuficientes no es por tanto una categoría de amenaza.

En el gráfico 2 puede verse que el 75% de los taxones del total de los vertebrados citados para el área de estudio están evaluados según los criterios

de la UICN y pertenecen a la categoría de Preocupación Menor (LC). Los taxones se ubican en esta categoría cuando habiendo sido evaluados, no cumplen ninguno de los criterios que definen las categorías En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) o Casi Amenazado (NT). Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución. Por otro lado se observa que el 2% del total de vertebrados corresponde a taxones que no se encuentran clasificados según los criterios de la UICN, por tanto los mismos son incluidos en la categoría de No Evaluados (NE), la mayoría son especies y subespecies que comprenden los grupos de anfibios y reptiles.

**Cuadro 10. Lista de taxones casi amenazados y vulnerables.**

<b>ANFIBIOS</b>	
Familia CERATOPHYIDAE	
<i>Ceratophrys ornata</i> (Bell, 1843)	CASI AMENAZADO (NT)
<b>AVES</b>	
Familia RHEIDAE	
<i>Rhea americana albescens</i> Lynch Arribálzaga et Holmberg, 1878	CASI AMENAZADO (NT)
Familia PHOENICOPTERIDAE	
<i>Phoenicopterus chilensis</i> Molina, 1782	CASI AMENAZADO (NT)
Familia ICTERIDAE	
<i>Sturnella defilippi</i> (Bonaparte, 1850)	VULNERABLE (VU)
<b>MAMÍFEROS</b>	
Familia FELIDAE	
<i>Lynchailurus pajeros</i> (Desmarest, 1816)	CASI AMENAZADO (NT)
<i>Oncifelis geoffroyi</i> (d'Orbigny et Gervais, 1844)	CASI AMENAZADO (NT)
Familia OCTODONTIDAE	
<i>Ctenomys azarae</i> Thomas, 1903	VULNERABLE (VU)

\*Lista actualizada al mes de junio de 2010. IUCN Red List of Threatened Species: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

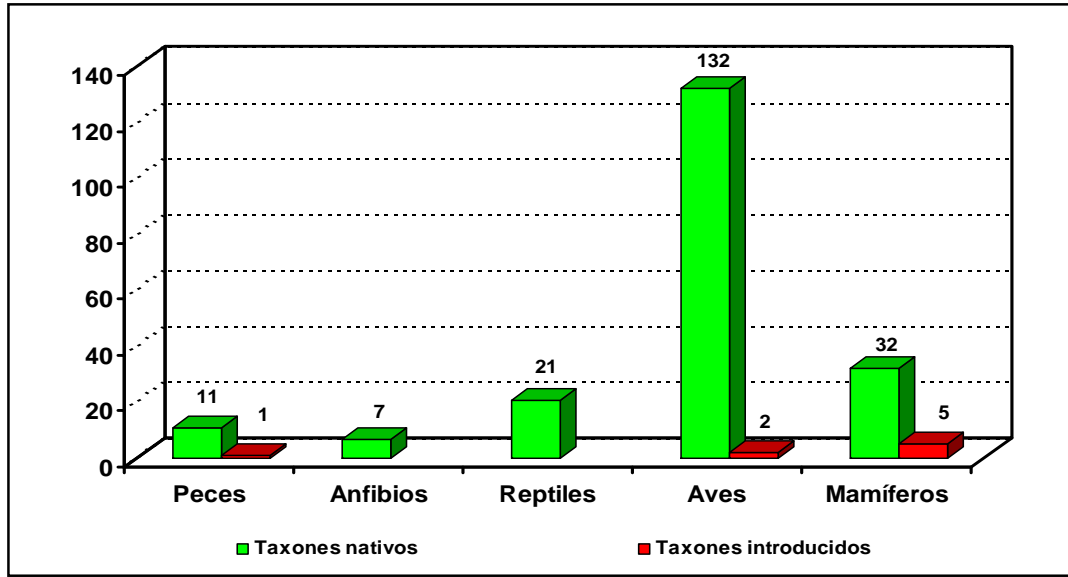


Gráfico 1. Número de taxones (especies y subespecies) de vertebrados nativos e introducidos silvestres

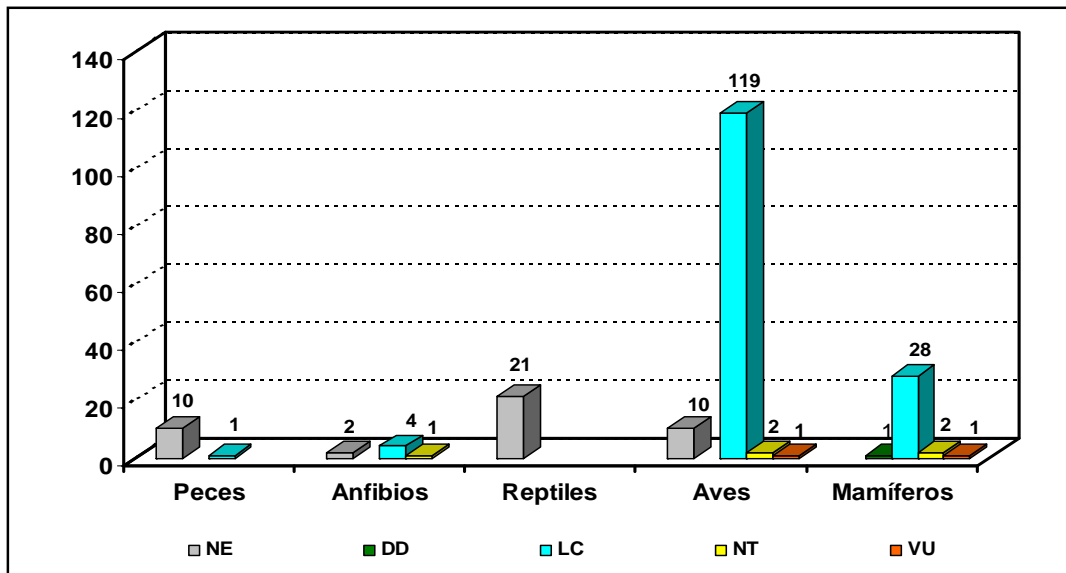


Gráfico 2. Número de taxones (especies y subespecies) de vertebrados nativos representados según la categoría de la UICN que tienen asignada.

## CAPÍTULO VIII

### 8.1. ANALISIS Y MARCO CONCEPTUAL

El agua subterránea interactúa con la superficial en prácticamente todo tipo de paisajes, desde pequeños manantiales o surgentes, lagos y humedales, hasta grandes valles fluviales y costas. Aunque se suele asumir que las áreas topográficamente elevadas son zonas de recarga de aguas subterráneas, esto no siempre ocurre así, mientras las áreas topográficamente más bajas lo son de descarga, en la mayoría de los casos. 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. Los procesos hidrológicos asociados con los propios cuerpos de agua superficial, como los niveles superficiales máximos estacionales y la evapotranspiración de agua subterránea en los perímetros de cuerpos superficiales, son una de las principales causas de la complejidad y de las variaciones dinámicas de las interacciones entre aguas subterráneas y superficiales.

El análisis de los factores físicos componentes del sistema natural del área bajo estudio, incluyendo el uso del territorio por parte del ser humano y el estado de conservación de la biodiversidad existente, permitió establecer un modelo conceptual de funcionamiento inicial, en el cual se identificaron los interrogantes que dieron origen al planteo de los objetivos de esta tesis de maestría (Figura 8.1.). El interrogante principal y el vacío de información se encontró en las interacciones entre los dos subsistemas que como componentes principales forman parte del sistema hidrológico regional del noreste pampeano: las lagunas o bañados y los acuíferos.

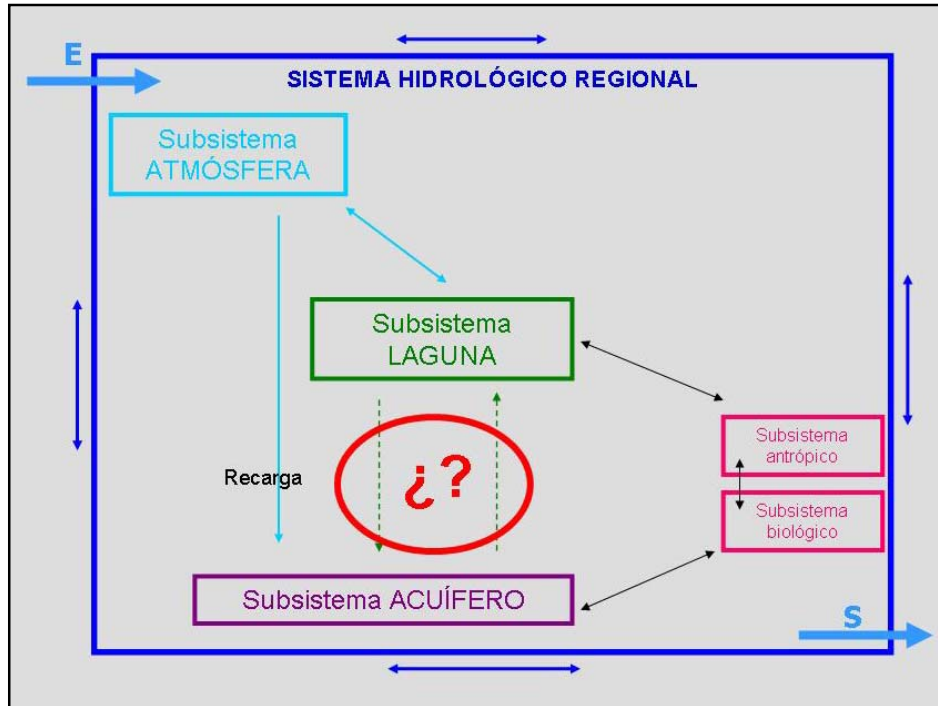


Figura 8.1. Modelo conceptual inicial

También se identificaron diferentes herramientas y estrategias metodológicas posibles, las que se que se aplicaron y se integran aquí para la obtención del resultado final. En todas las etapas se validaron los datos de campo con la información antecedente.

Es importante detenerse en considerar que, el análisis de la relación entre el agua superficial y subterránea desde una perspectiva hidrológica – ambiental, implicó entender al sistema bajo estudio como una unidad integral en la cual las entradas (E) pueden interactuar con todos los subsistemas presentes y ocurren salidas (S) del mismo, de manera continua y dinámica en el espacio y el tiempo (Figura 8.1 y 8.2).

En la figura 8.2. se puede interpretar una esquematización de los fenómenos ocurridos en el ciclo hidrológico considerado.

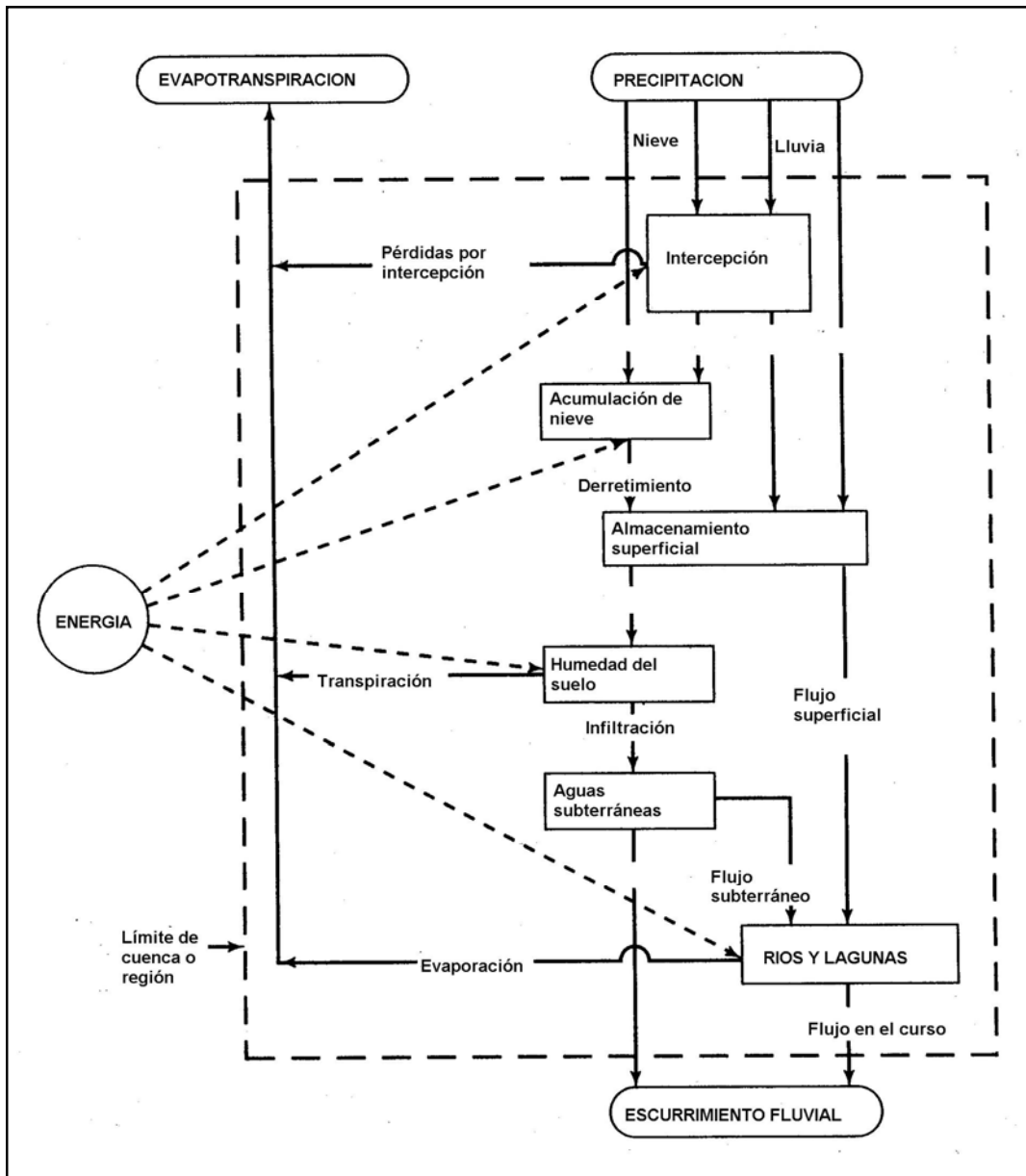


Figura. 8.2. Fenómenos en el Sistema hidrológico regional



La integración de la información obtenida en cada uno de los capítulos es la esencia fundamental de los modelos conceptuales planteados en dos situaciones hidrológicas predominantes.

## **8.2. DIFERENTES SITUACIONES HIDROLOGICAS**

### **8.2.1. Situación 1: Máxima**

Luego de un período de años húmedos y extremadamente húmedos el sistema de lagunas se encuentra colmatado, los niveles acuíferos poco profundos, el agua superficial y subterránea se conectan entre sí. Los bajos topográficos reciben agua de descarga del acuífero y superficial por el aporte de las precipitaciones. Predominan los movimientos horizontales avanzando el agua por la llanura anárquicamente, sin cauces definidos hacia los bajos topográficos, no respetando límites políticos. La figura 8.3. esquematiza el modelo conceptual de funcionamiento para esta situación hidrológica de máxima y en la figura 8.4 se puede observar la dinámica supuesta en un medio homogéneo.

El Cañadón, laguna cercana a Quemú Quemú, se comporta como un receptor regional de toda el agua de esorrentía y del flujo subterráneo. Así mismo en esta situación, en el tramo entre el límite con Córdoba y Quemú Quemú, también hay escurrimiento que traspasan el límite con la provincia de Buenos Aires.

En esta situación de máxima el área del río Quinto en la provincia de La Pampa no difiere del resto de la zona bajo estudio. La pendiente regional dirige las aguas hacia el Sureste presentándose flujos locales en diferentes direcciones.

Situación observada claramente como resultado de la comparación temporal de las imágenes satelitales en el capítulo V.

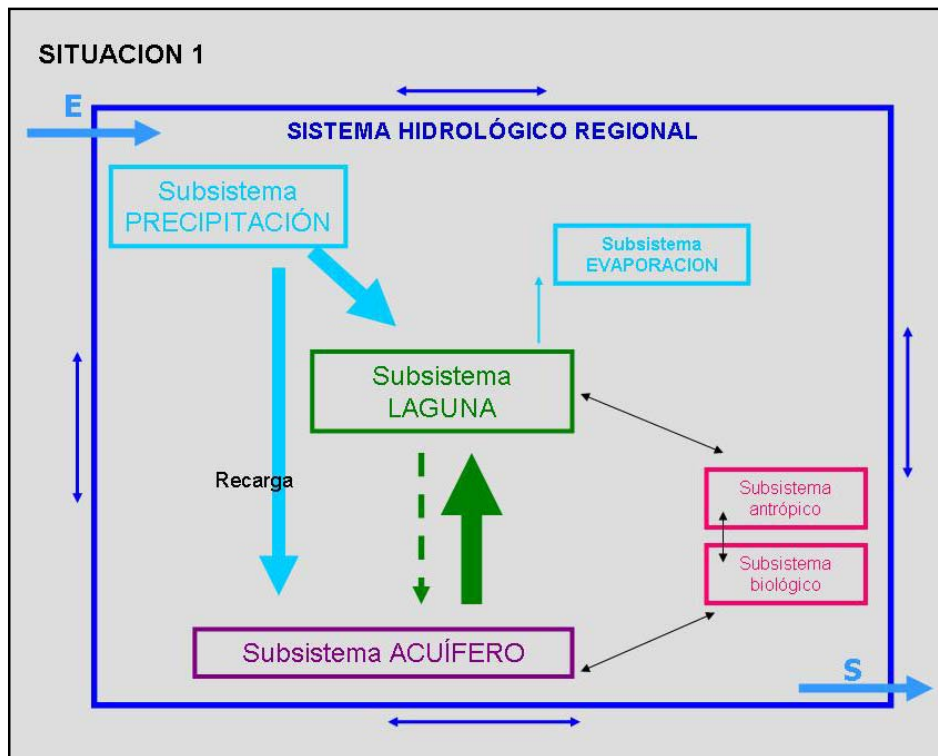


Figura 8.3. Situación 1: Máxima

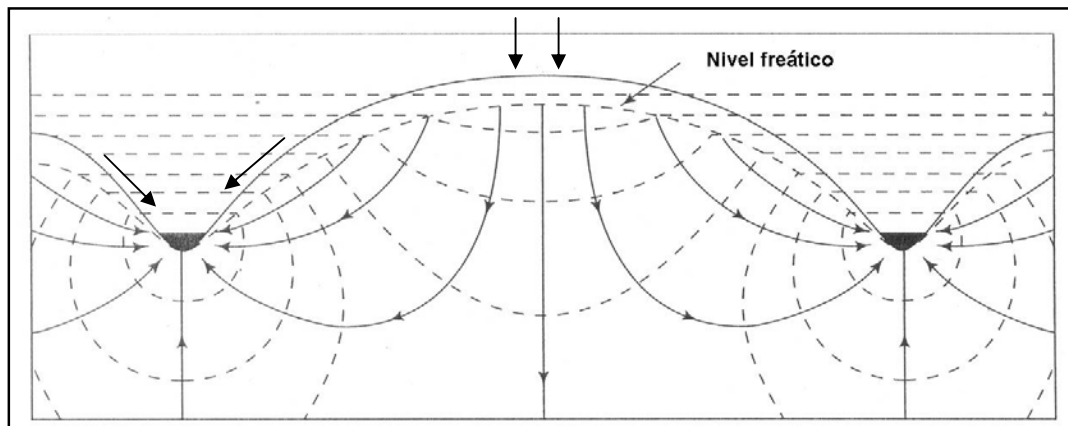


Figura 8.4. Diagrama de situación 1 en medio homogéneo. Flujos predominantes.

### 8.2.2. Situación 2: Mínima

En época de sequía producto de sucesivos años de precipitaciones menores a la media, el sistema bajo estudio se modifica predominando los flujos hidrológicos verticales, de pérdida de agua del sistema. El subsistema de agua superficial parece descolgarse del subsistema acuífero. En la figura 8.5. se observa el modelo que conceptualiza esa dinámica. Las flechas de menor o mayor tamaño, tanto en la figura 8.3 como en la 8.5. ejemplifican la magnitud de los flujos, y la línea completa o intermitente se corresponde con la posibilidad o no de conexión hidráulica.

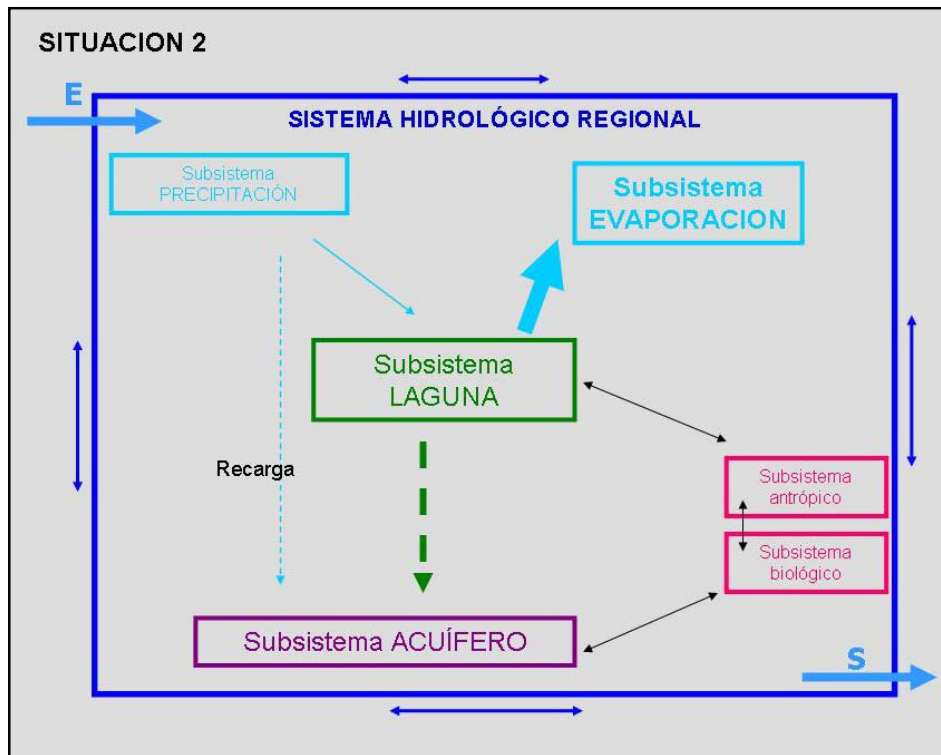


Figura 8.5. Situación 2. Mínima

La hidroquímica obtenida en situación de mínima permite enriquecer el modelo de funcionamiento detectando diferencias entre La Arocena y Quemú Quemú, las cuales se atribuyen a la fuerte presión antrópica de la localidad de General Pico, realizando aportes continuos a la laguna La Arocena.

El agua de la laguna La Arocena, en General Pico, presenta las características químicas de una zona de recarga. Tal como se describió en el capítulo V, la superficie de La Arocena no sufre modificaciones significativas entre la situación de máxima y de mínima, a pesar de las variaciones meteorológicas del medio circundante, a diferencia de los otros ambientes estudiados. En cambio la laguna El Cañadón, al igual que el bañado del río Quinto, sus características hidroquímicas indican un fenómeno de descarga del acuífero y una situación de gran pérdida por evaporación.

Las salidas del sistema superan a las entradas y los niveles piezométricos se desconectan de los cuerpos de agua superficiales quedando los mismos como bajos inundables.

En la figura 8.6. se conceptualiza el modelo incluyendo las características físicoquímicas en base a los iones mayoritarios lo cual fundamenta lo mencionado.

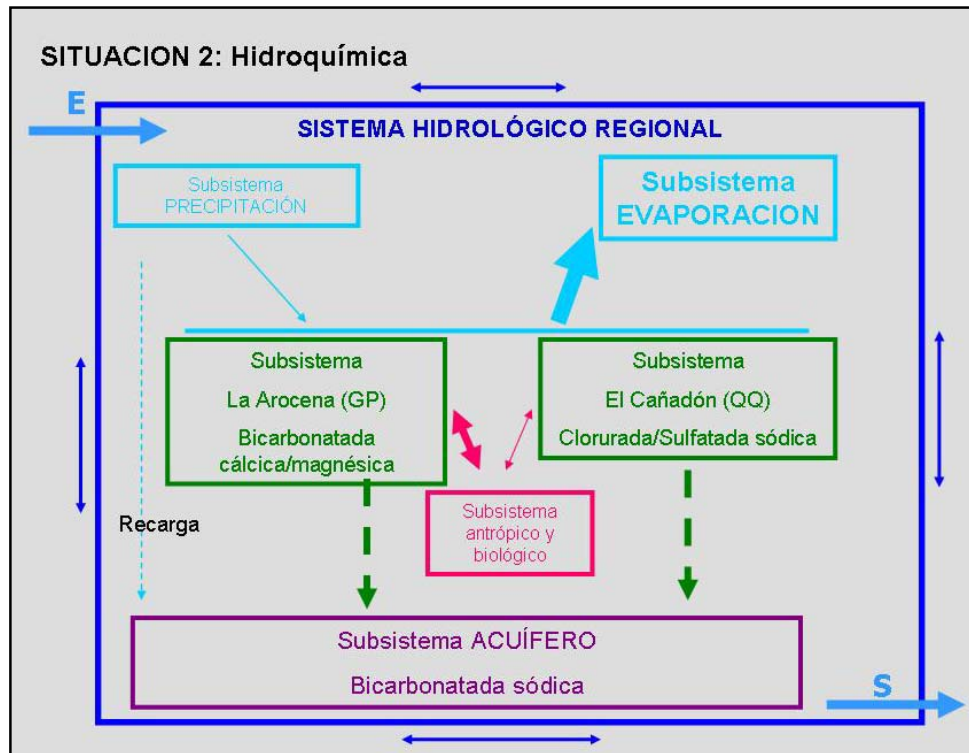


Figura 8.6. Situación 2. Hidroquímica

En la figura 8.6. no se incluye el bañado del río Quinto por interpretar que no existe conexión alguna entre estos ambientes, ni siquiera en épocas de máxima. Cabe señalar que los períodos meteorológicos máximos o mínimos son coincidentes y la interacción agua superficial / agua subterránea es similar pero las aguas del río Quinto no tienen como destino final el gran bajo topográfico de Quemú Quemú. La inundación ocurre por principalmente el factor meteorológico: las precipitaciones y en segundo lugar el aumento de los niveles piezométricos. Las aguas del Quinto aumentan por esa misma razón no por aporte fluvial.

Los datos isotópicos indicaron la coincidencia de que son aguas de origen actual, pero teniendo en cuenta la ubicación geográfica en el plano de cada uno de los sitios considerados, es necesario reconsiderar la situación geológico- estructural que condiciona la dinámica hidrológica.

En el Mapa N° 6 del Anexo I, modificado de Elorriaga y Tullio (1998), se grafican las rectas indicando las fallas geológicas. Así mismo, en el mismo trabajo se presentan perfiles estructurales los cuales validan lo mencionado y observado en las imágenes satelitales.

## CAPITULO IX

### 9.1. CONCLUSIONES

A partir de lo desarrollado a lo largo de los ocho capítulos se puede inferir que el funcionamiento hidrodinámico del sistema se encuentra íntimamente relacionado con tres factores principales, la climatología, la litología y la geomorfología que condicionan la recarga, permanencia en el terreno y la descarga (Castany, 1972). Si se establece un sistema simple de flujo, existirían tres áreas interconectadas: de recarga, de descarga y de transferencia (Custodio, 1980). En la primera de ellas el flujo se comportaría de forma vertical descendente, en la segunda una componente vertical ascendente y en la última, conectando las dos anteriores, el flujo es casi horizontal.

En un sistema simple, con esas características sería imposible explicar muchas de las heterogeneidades que se presentan, por lo que se debe suponer la presencia de varias áreas de recarga y varias de descarga con distinto orden de importancia por consecuencia varias maneras de transferencia, según el sitio de ubicación.

En un sistema complejo se pueden distinguir dos subsistemas de flujo esenciales, los locales y los regionales, aunque en ocasiones conviene considerar una situación intermedia de subsistemas intermedios (Custodio, 1980).

Es en este sistema complejo dónde se ha podido arribar a las siguientes conclusiones que dan respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas:

- Desde el punto de vista hidrológico, hidroquímico y ambiental, los ambientes lagunares de la zona noreste de la provincia de La Pampa sufren grandes cambios, dependiendo de la situación meteorológica dominante desde una situación de mínima pluviosidad a una de máxima. También influye notablemente el rol que cumplen, estos ambientes lagunares en el medio dónde se encuentran ubicados. Comparando las lagunas en las cercanías de la localidad de General Pico y Quemú Quemú, la diferencia hidrodinámica e hidroquímica se atribuye a la presión antrópica condicionante existente en La Arocena.
- Los cambios que sufren las lagunas son del tipo hidrodinámico en relación al intercambio y conexión entre el agua superficial y los acuíferos y a la variación en la superficie cubierta de agua. Los cambios hidroquímicos responden a este fenómeno y los contenidos de iones mayoritarios, además de la ubicación en la curva isotópica como herramienta metodológica, permitió corroborar el funcionamiento.
- El bañado del río Quinto muestreado presenta un claro aporte subterráneo en el momento de mínima estudiado. Así mismo se confirma la inexistencia de conexión hidráulica entre el río y las lagunas estudiadas en base a los datos hidrológicos y geológico – estructurales consultados. Situación que no se observa, de manera clara, en el estudio superficial en situaciones de inundación o máxima cobertura de agua. Los excedentes del Río Quinto no tienen vinculación con la problemática de inundación de la depresión central de la zona bajo estudio.



- La causa de derrame e inundación es la misma para toda la región, como principal factor las elevadas precipitaciones que directa e indirectamente elevan los niveles freáticos. Esta situación extrema de inundación o sequía responde a la combinación de los factores hidrometeorológicos y geomorfológicos, desarrollados.
- En la situación de máxima el acuífero freático trae acumulado los excesos hídricos anuales que la capacidad evapotranspirante de la región no alcanza a compensar dentro del ciclo hidrológico anual, trasladando excedentes de un año a otro. A esta condición hidrometeorológica, se suman las características geológicas y geomorfológicas que mantienen el agua en superficie.
- En la situación de mínima, momento en el cual se tomaron los datos reales, los diferentes subsistemas superficial/subterráneo se distancian entre sí hasta desconectarse. Es importante resaltar la importancia de la obtención de datos en situación de mínima por la claridad de los fenómenos ocurridos y la posibilidad de una visión integrada del sistema en su conjunto.
- Las actividades antrópicas provocan presión sobre este ambiente desde el aprovechamiento del agua subterránea para consumo humano hasta el uso del suelo para la producción agropecuaria utilizando diferentes prácticas agrícolas. En este sentido los bajos topográficos presentan una alta susceptibilidad a ser afectados por los desechos y efluentes.

- El ambiente natural estudiado presenta grandes alteraciones antrópicas desde la actividad productiva principal, la agropecuaria hasta la densidad poblacional habitante de la región. El factor biológico presente difiere casi totalmente de lo que podría haber sido la línea de base de esta zona antes del desarrollo humano y productivo.
- Los hábitats asociados a cuerpos de agua proveen las necesidades vitales de una gran cantidad de organismos. Muchas especies, normalmente no asociadas con humedales, también adquieren importantes nutrientes o usan la cobertura disponible durante alguna fase de su ciclo anual. La necesidad más obvia que proveen los humedales es el alimento disponible para la reproducción, el crecimiento y la supervivencia. En la actualidad es cada vez mayor la cantidad de información de cómo utilizan los humedales diferentes seres vivos, en especial las aves y los mamíferos, así como también los peces, anfibios, reptiles e invertebrados

En base a estas conclusiones se plantean algunas recomendaciones con la principal finalidad de continuar con los estudios en el área.

## 9.2. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se pueden establecer fundadas en los resultados obtenidos en cada uno de los capítulos, principalmente identificando nuevas líneas de trabajo y la profundización de las ya iniciadas:

- Con la finalidad de establecer pautas concretas de manejo integral y sustentable de los cuerpos lagunares se recomienda realizar una planificación de uso del recurso basada en un plan de manejo sistemático. En éste se debería tener en cuenta la dinámica hidrológica de los sistemas como medio de transporte de posibles impactos negativos. Es necesario la integración de las diferentes disciplinas para abordar todos los aspectos presentes en el medio.
- Las situaciones extremas, principalmente la inundación, conociendo su dinámica puede manejarse, controlarse y estimarse siempre que se profundice en la toma de datos climáticos e hidrológicos y de esta manera prevenir mayores daños y pérdidas económicas.
- La gran extensión del área hace que se trate de una posición netamente regional por lo que se propone trabajos en áreas pequeñas para validar los modelos.
- La falta de datos piezométricos bien distribuidos en la región genera un blanco muy grande de falta de información, ya que los pocos datos que existen están concentrados en tres o cuatros lugares.

- A fin de lograr un manejo regional de las aguas en superficie, se deben tomar medidas más allá de los límites políticos ya que el agua no se limita a estas fronteras. Las relaciones interprovinciales deberían apuntar al estudio integral de los sistemas como unidad de cuenca.
- Se recomienda como paso siguiente a este trabajo aquí presentado, aumentar las repeticiones de las muestras en diferentes situaciones hidrológicas a fin de poder cuantificar el modelo conceptual planteado. Entre las posibilidades metodológicas se sugiere el uso de trazadores químicos, tales como el cloruro o bromuro.
- Es de suma importancia poder lograr una modelación cuantitativa del sistema desde un enfoque integral, teniendo en cuenta la dinámica superficial y subterránea en su conjunto y no formando parte de modelos diferentes.

## BIBLIOGRAFÍA

**Anuario estadístico de la provincia de La Pampa, 2009**, Dirección Provincial de Estadística y Censos de La Pampa, [www.estadisticalapampa.gov.ar](http://www.estadisticalapampa.gov.ar)

**Buteler H., 1983.** Plan Norte (Zona I). Cartografía hidrogeológica temática. Inédito. Administración Provincial del Agua. Santa Rosa La Pampa.

**Cabrera A.L. y Willink A., 1973.** Biogeografía de América Latina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Departamento de Asuntos Científicos. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington D.C., 121 pp.

**Cabrera A.L. 1994.** Regiones fitogeográficas argentinas. Enc. Arg. Agr. y Jard. Tomo U, Fasc. 2. Acme. Buenos Aires.

**Calmels, A. P., 1996.** Bosquejo Geomorfológico de La Provincia de La Pampa. UNLPam. Santa Rosa. 106 p.

**Cano, E. G., Casagrande, H. A., Conti, B., Fernandez, R., Hevia, J. C., Lea Plaza, D., Maldonado Pinedo, H., Martinez, M. A., Montes y Peña Zubiato, C. A., 1980.** Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa-Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. INTA-Gobierno de La Pampa- UNLPam . Santa Rosa. 493 p.

**Carrera Ramírez, J., 1997.** Observación y medida de la recarga (descarga) a partir de aguas superficiales y conducciones, transferencias y fugas. En: Custodio, E., Llamas, M.R., y Samper, J. (Ed.), La evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica: 229-245.

**Casagrande, G.A., Vergara, G.T., Sierra, E.M., Perez, S.P., 1999.** Tendencia de las precipitaciones (1921/1998) en el centro este de la provincia de La Pampa (Argentina). VIII Reunión Argentina de Agrometeorología. Actas Pg. 15

**Castany, G. 1972.** Tratado práctico de las aguas subterráneas. Ed. Omega S.A. Barcelona. 672 p.

**Castro, E.,1990.** Estudio Hidrogeológico para aprovechamiento Industrial en la localidad de Intendente Alvear. APA. Dir. Rec. Hídricos. Informe Interno 14 pp. Santa Rosa. La Pampa.

**Castro, E. 2009.** Tesis de Maestría en Ciencias Hídricas. Universidad Nacional de La Pampa.

**Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea (Editores), 2009.** Hidrogeología. Conceptos básicos de hidrología subterránea. FCIHS. Barcelona. España. 768 pp.

**Consejo Federal de Inversiones., 1975.** Mapa geológico de la Provincia de Buenos Aires. Convenio CFI- MOP.M.A.A. Buenos Aires.

**Custodio, E. y M. Llamas, 1976.** Hidrología Subterránea. II Tomos. Edición Omega. Barcelona.

**Custodio, E. 1991.** La Interpretación hidrogeoquímica como herramienta de estudio y valoración de sistemas acuíferos: aspectos metodológicos generales. En Anguita, I. Aparicio, L. Candela, y N. Zurbano (Eds): Curso Internacional de Hidrología Subterránea-Hidrología, estado actual y perspectivas. CIMNIE, Barcelona, España

**Custodio E. 1997.** Evaluación de la recarga por la lluvia mediante métodos ambientales químicos, isotópicos y térmicos. En: La Evaluación de la Recarga a los Acuíferos en la Planificación Hidrológica. AIH-ITGE. Madrid. 83-110.

**Custodio, E, Poncela P, R., Badiela A., Bayo Dalmau, A, 1992.** Técnicas Hidrogeoquímicas e isotópicas ambientales aplicadas al estudio Hidrogeológico de la Serra Nord de Mallorca. España. V Simposio de Hidrogeología. Asociación Española de Hidrología Subterránea. Alicante. España

**Custodio, E., 2005.** Técnicas Hidroquímicas e Isotópicas para el estudio de la relación Agua Subterránea – Agua Superficial. II Seminario Hispano Latinoamericano sobre Temas actuales de Hidrología Subterránea, Actas: 239-248. ISBN 950-665-349-6.

**Chuvieco, E., 1996.** Fundamentos de Teledetección Espacial. Ed. Rialp, Madrid. 568 pp.

**Chuvieco, E., 2002.** Teledetección ambiental. 3º Ed. RIALP, S.A. Madrid.

**Danish Hydraulic Institute, 2000.** Diagnostico de inundación en la región noreste de la provincia de La Pampa, Argentina. Informe final para el gobierno de la provincia de La Pampa, La Pampa, Argentina.

**De Elorriaga, E.E. y Tullio, J.O. 1998.** Estructuras del subsuelo y su influencia en la morfología en el norte de la provincia de La Pampa. 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica. Actas 3: 499-506, Buenos Aires.

**Dirección de obras hidráulicas. Subsecretaría de recursos hídricos de Córdoba. 2008.** Ordenamiento de antecedentes sobre análisis de recurso hídrico y gestión de la cuenca del río Quinto y la región hídrica del NO pampeano.

**Gat J. R., 1996.** Oxygen and Hydrogen isotopes in the hydrologic cycle. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 24:225–62. Annual Reviews Inc.

**Giai, S. B., 1987.** Morfología de la superficie freática de la provincia de La Pampa. III Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Serie suplemento 3: 73-82, Santa Rosa (LP).

**Giai, S. B. y J. O. Tullio, 1998.** Características de los principales acuíferos de la provincia de La Pampa. Asociación de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, Revista, 12:51-68

**Giai, S.B. y M.A. Hernández, 1999.** Aproximación de la curva recarga-precipitación en zonas medanosas. En: Tineo, A. (editor) Hidrología Subterránea. Serie Correlación Geológica N° 13, pp 353-360. Argentina.

**Giambelli, G., E.E. Mariño y M.C. Martín, 2008.** Dinámica del nivel freático en el noreste de La Pampa, Argentina. IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea (Versión en CD). Quito, Ecuador.

**Giraut M. A. y C. Lupano. 2005.** Mapa de los Recursos Hídricos Superficiales de la provincia de La Pampa a escala 1:600000. Jornadas Técnicas del IGM y Día del SIG 2005. Buenos Aires. 16,17 y 18 noviembre de 2005.

**Goin, F., Montalvo, I. C. y Visconti, G., 2000.** Los marsupiales (Mammalia) del Mioceno superior de la Formación Cerro Azul (provincia de La Pampa, Argentina). Estudios Geológicos, No. 56(1-2), p 101-126.

**Hernández Bouquet R. O., 2009.** Cuencas y regiones hídricas de la provincia de La Pampa. Características generales. Dirección de Investigación Hídrica – Secretaría de Recursos Hídricos – Provincia de La Pampa. Informe inédito.

**Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INA), Centro Regional Litoral, 2000.** Estudios en el área de derrame de la cuenca del río Quinto y arroyos del sur de Córdoba. Informe final. Volumen I y II. Ministerio de infraestructura y vivienda. Secretaria de obras públicas. Subsecretaria de recursos hídricos de la Nación.

**Kruse E. y E.D. Zimmermann, 2002.** Hidrogeología de grandes llanuras, particularidades de la llanura pampeana (Argentina). En: Groundwater and Human Development. Bocanegra E. – Martínez D – Massone. H (Editores) – ISBN 987–544–063-99.

**Kruse, E., Laurencena, P., Deluchi, M., Forte Lay, J.A., Rojo, R., 2007.** Influencia de los niveles freáticos en el funcionamiento regional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires. V Congreso Argentino de Hidrogeología, Paraná, Entre Ríos.

**Lacoste, A. y R. Salanon, 1973.-** Biogeografía. Ed. Oikos-Tau. Barcelona.

**Linares, E, Llambías E .et al.,1980.** Geología de la Provincia de La Pampa y Geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. RAGA. Tomo XXXV, N°1. pp.87-146. Buenos Aires.

**Nadal Reimant E. y M. Lacasa Marquina, 1997.** Introducción al análisis de la planificación hidrológica. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. 2da Edición. Centro de Publicaciones. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid – España. 202 p.

**Malán, J. M., 1983.** Estudio hidrogeológico para el abastecimiento de agua potable a la localidad de General Pico, departamento Maracó, provincia de La Pampa. Informe Preliminar. Coloquio de Hidrología de Grandes Llanuras, Actas III: 1449-1457, Olavarría.

**Málán, J. M., 1981.** Aspectos Geohidrológicos más salientes de la Provincia de La Pampa. I Jornada de Geología de la Provincia de La Pampa. FCEyN-UNLPam. Santa Rosa.

**Malán, J. M. y Schulz, C. J., 1988.** Estudio hidrogeológico para la provisión de agua potable a Quemú–Quemú, La Pampa. Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses Actas: 567-578, Bahía Blanca.

- Mariño, E. E., 2003.** Sistema hidrogeoquímico de un acuífero libre en ambiente medanoso en el área General Pico-Dorila, provincia de La Pampa. Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. 142 p.
- Mariño E., 2007.** Procesos que determinan las características hidroquímicas del acuífero de General Pico, La Pampa, Argentina. En libro de actas del V Congreso Argentino de Hidrogeología.
- Miglianelli C., 1992.** Plan Norte (Zona II). Cartografía hidrogeológica temática. Inédito. Administración Provincial del Agua. Santa Rosa La Pampa.
- Minetti, J.L. y Vargas, W.M., 1983.** Comportamiento del Borde Anticiclón Subtropical en Sudamérica. Parte I. Meteorológica, 14 (1-2) 645-656
- Pagot, Mariana. 2003.** Metodologías inductivas y deductivas en técnicas de teledetección. Problemas del Conocimiento en Ingeniería y Geología, Vol. I. L. A. Godoy (Editor). Editorial Universitas, Córdoba, Agosto 2003, pp. 114-129.
- Peroni M. I., 2009.** Caracterización Climática de la zona noreste de la provincia de La Pampa. Informe Inédito. 20 pp.
- Peroni M.I. y E. Kruse, 2008.** Distribución de áreas inundadas a partir de datos de sensores remotos en la llanura del noreste de la provincia de la pampa. XVI Jornadas de jóvenes investigadores. Asociación de Universidades Grupo Montevideo.
- Panarello, H.O. y C.A. Parica, 1984.** Isótopos del oxígeno en hidrogeología e hidrología. Primeros valores en aguas de lluvia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, XXXIX (1-2): 3-11.
- Ringuelet R., 1962.** Ecología Acuática Continental. EUDEBA. 137 p. Buenos Aires.
- Schulz C. J. y Castro E. C., 2005.** Estimación de la infiltración eficaz en el sector medanoso del noreste de La Pampa, mediante distintos métodos. IV Congreso Argentino de Hidrogeología, Tomo II: 105-112, Río Cuarto.
- Schulz C.J. y E.E. Mariño, 2005.** Importancia de los acuíferos en ambiente medanoso en la región semiárida pampeana. Revista Huellas nº 12 ISSN 0329-0573
- Strahler, Arthur N. y A.H. Strahler, 1989.** Geografía Física. Ediciones Omega. Barcelona. ISBN: 8428208476.
- Universidad Nacional de La Pampa, 2001.** Evaluación de Impacto Ambiental de las obras previstas para mitigar las inundaciones en el noreste de la provincia de la pampa. Unidad Ejecutora de Estudios de Impacto Ambiental de la UNLPam. Casagrande y Vergara, 2001. Clima.
- Thornthwaite, C.W., 1948.** An approach toward a rational classification of climate. Reprinted from the Geographical Review, XXXVIII (1): 55-74.
- Tullio J. O., 1998.** Recursos Hídricos Subterráneos, en "El Agua en La Pampa". Fondo Editorial Pampeano. 236 pp. Santa Rosa.
- Vladimir Köppen.** 1936. <http://club.telepolis.com/geografo/clima/koppen.htm>



**Yrigoyen, M., 1975.** Geología del subsuelo y plataforma Continental. Geología de la provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 139-168. Bahía Blanca.

**Zambrano J. J., 1974.** Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 29 (4):443-469.