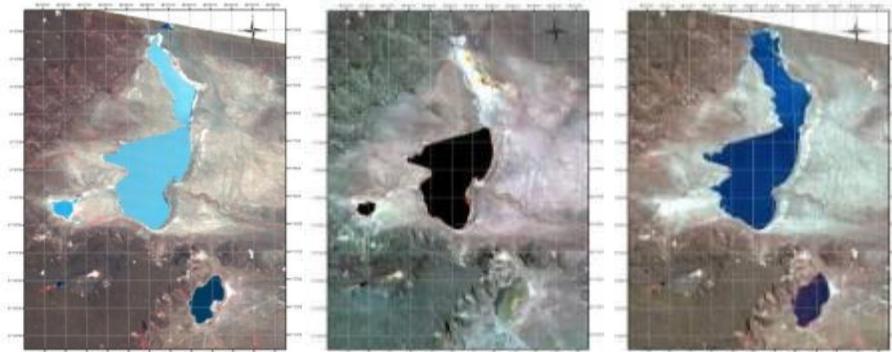
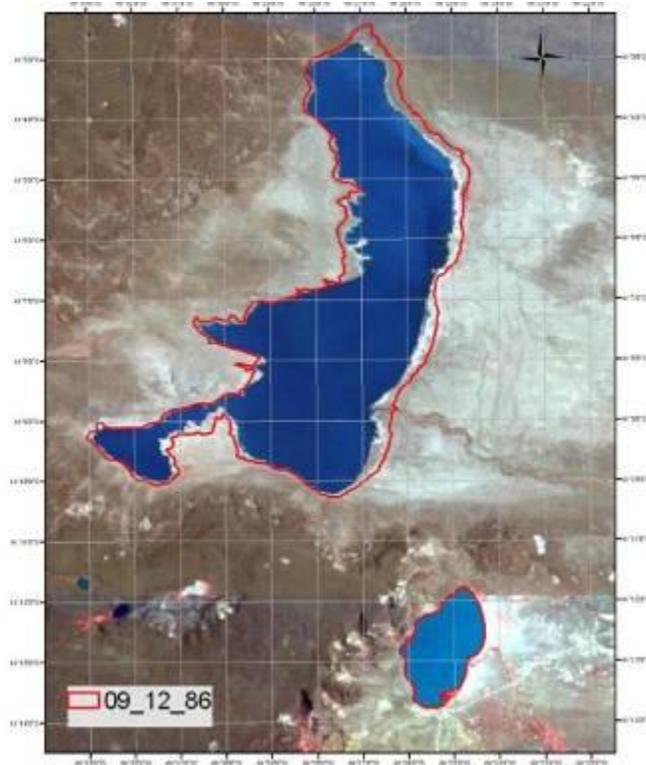




**Departamento Provincial de Aguas
Provincia de Río Negro**

Informe Lagunas Carri-Laufquen



Julio de 2012.



Índice

I.	Agradecimientos	2
II.	Introducción y Objetivos.....	3
III.	Área de estudio	3
IV.	Caracterización hidrológica	4
V.	Análisis de la evolución de las lagunas.....	5
A.	Análisis histórico de imágenes satelitales.	5
B.	Estimación del Volumen de la laguna Carri-Laufquen Chica.	11
VI.	Análisis Hidrológicos.....	14
A.	Delimitación de la cuenca de aportesa la laguna Carri-Laufquen Chica.....	14
B.	Análisis de la relación de las variaciones de volumen en la Laguna Carri-Laufquen Chica con la Precipitación	16
C.	Análisis de Caudales y Precipitaciones.....	19
VII.	Conclusiones	22
VIII.	Equipo de trabajo.....	0



I. Agradecimientos

Agradecemos a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, que facilitó las imágenes Landsat utilizadas en el siguiente informe y brindó la capacitación para su procesamiento.

II. Introducción y Objetivos

Las lagunas Carri-Laufquen representan el cuerpo de agua más importante de la zona centro sur de la provincia de Río Negro. Las mismas se encuentran ubicadas a 15 kilómetros de Ingeniero Jacobacci y constituyen uno de los atractivos turísticos más importantes de la región, además de ser lugares de disfrute para los vecinos de la zona, como así también lugar de residencia estacional de flamencos (avifauna).

En los últimos años su tamaño se ha ido reduciendo sensiblemente, llegando la laguna Carri-Laufquen Chica a secarse completamente hacia finales del verano de 2011 –Figura N° 1-.

Esta situación ha motivado a realizar un análisis histórico de las variaciones de estos cuerpos de agua, buscando determinar el comportamiento hidrológico del sistema. Para ello se utilizó la información hidrométrica y pluviométrica disponible, información planialtimétrica obtenida de relevamientos batimétricos realizados en 2004 y una amplia serie de imágenes satelitales del área obtenidas en el marco de cooperación CONAE-DPA.



Figura N° 1: Vistas de la laguna Carri-Laufquen Chicaseca.

III. Área de estudio

El área de estudio comprende la región centro sur de la provincia de Río Negro y el centro norte de la provincia de Chubut, encontrándose el estudio focalizado en las lagunas Carri-Laufquen, cercanas

a la localidad rionegrina de Jacobacci, pero abarcando toda su cuenca de aportes. En la siguiente figura se muestra la zona mencionada –Figura N° 2-.

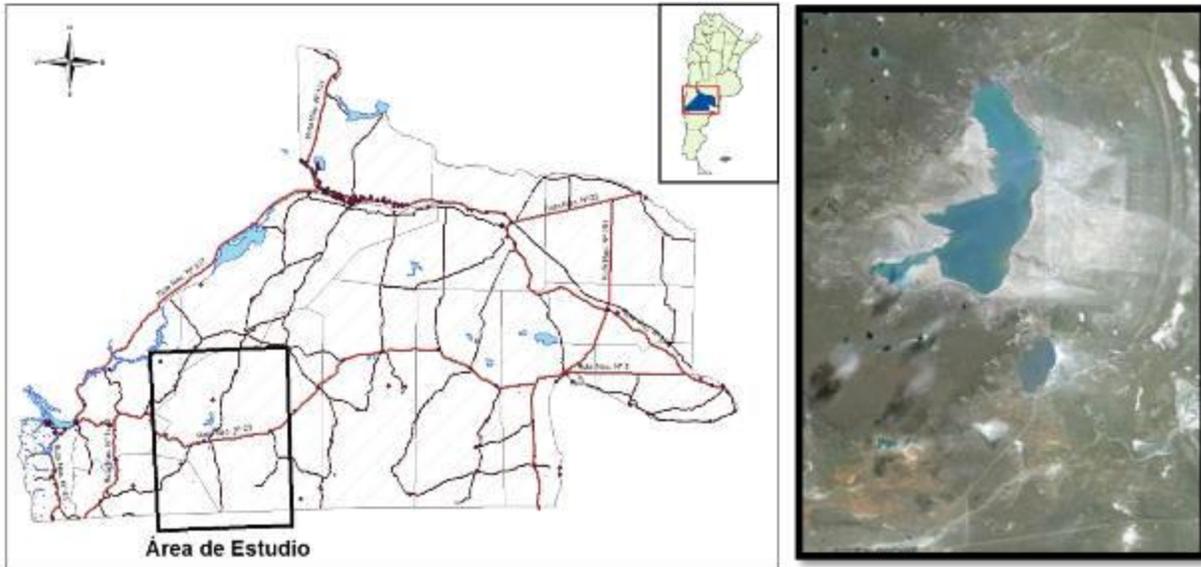


Figura N° 2: Área de Estudio.

IV. Caracterización hidrológica

La cuenca de aportes a las lagunas Carri-Laufquen representa un área aproximada de 18.000 km², siendo los arroyos Maquinchao y HuahuelNiyeolos cursos más importantes de la misma.

Las nacientes del AºMaquinchao se ubican en el centro norte de la provincia de Chubut, en la zona de las Sierras de Piré Mahuida y de Lonco Trapial, donde se origina por la unión de tres cursos de agua menores que drenan hacia el norte en una región donde las alturas son de aproximadamente 1000 MSNM. Los primeros 50 km es un curso de régimen temporario. Pasa por colonia Renanguyeu y Ñe-Luan hasta cruzar las vías del ferrocarril al Oeste de Maquinchao, vira al Oeste a la altura del Cerro Puntudo y corre en forma casi paralela a la Ruta Nacional N° 23 por el bajo de Carri-Laufquen hasta los 41°15' Sur y 60°25' Oeste donde cambia de rumbo hacia el Noroeste.

El AºMaquinchao, luego de pasar por la localidad homónima, recibe el aporte de otros cursos menores como el Quetrequille y el Chaiful.



EIA^oHuahuelNiyeo, por su parte, tiene su cuenca de aportes en la zona oeste de la localidad de Ing. Jacobacci. La misma es de menor extensión que la del A^oMaquinchao, y su curso se caracteriza por la presencia de mallines en gran parte del mismo.

Ambos cursos se unen al norte de la RN 23, entre dicha ruta y la laguna Carri-Laufquen Chica, cambiando de rumbo hacia el Noroeste hasta llegar a la misma. De allí, y por su extremo Norte, parte un emisario que desagua en la Laguna Carri-Laufquen Grande. A su vez, ésta laguna recibe aportes importantes desde el sector norte.

La cuenca en general presenta dos condiciones de suelo definidos por la vegetación: esteparia y de praderas pantanosas (mallines). Su altitud varía desde aproximadamente 1700 MSNM hasta los 800 MSNM.

La ausencia de espejos de agua, en toda la cuenca, determina el régimen intermitente de los arroyos, es decir que solo llevan agua durante parte del año. Los únicos aprovechamientos que se realizan de los caudales de estos cauces son para bebida de hacienda. El agua de las lagunas, aunque ligeramente salobre, es también apta para esos fines.

Esta ausencia de cuerpos importantes, que regulen la disponibilidad del recurso, almacenando en invierno para desaguar lentamente en verano, hace que el caudal dependa de las lluvias y nevadas que se producen en la cuenca. Cuando las nevadas son importantes, los caudales se mantienen hasta entrada la primavera, ya que el derretimiento de la nieve es lento. En cambio cuando las nevadas son escasas, el caudal depende únicamente de las lluvias. Aumenta cuando llueve produciendo una creciente y baja rápidamente.

La región atraviesa actualmente un largo período de escasez de precipitaciones, lo que se refleja en bajos niveles en lagos, embalses y escasos caudales en casi todos los ríos y arroyos.

V. Análisis de la evolución de las lagunas.

A. Análisis histórico de imágenes satelitales.

Información de base:

- Imágenes Landsat TM 5. Período 1997-2011.



- Imágenes LandsatETM+ 7. Período 1999-2011.

Metodología:

Las escenas de imágenes Landsat 5 ThematicMapper (TM) y Landsat 7 EnhancedThematicMapper Plus (ETM+), ambas de 30m de resolución espacial, fueron provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, y del sitio de Internet perteneciente a la University of Maryland en conjunto con la NASA: EarthScience Data Interface (ESDI) - Global LandCoverFacilityProgram (GLCF)(<http://glcfapp.umiacs.umd.edu>). Se complementó la búsqueda en el sitio <http://earthexplorer.usgs.gov/>, donde se obtuvieron imágenes de las décadas del 70 y 80.

Este aporte permitió que las imágenes disponibles en el proyecto cubran el área de estudio para diferentes períodos temporales. En total se contó con más de cien imágenes para el análisis.

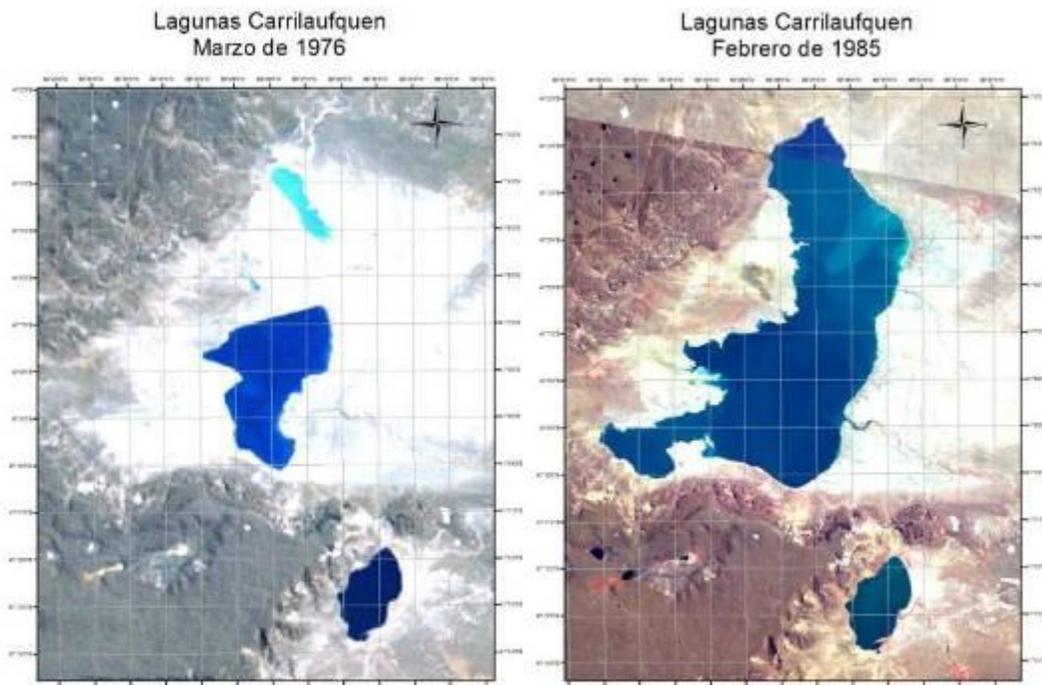
El sensor TM a bordo del Landsat 5 es un sensor multispectral que registra información en siete bandas o canales del espectro electromagnético: las 3 bandas del espectro visible y 4 bandas del infrarrojo. El sensor ETM+ es una versión mejorada del anterior y registra, además de las siete bandas, una banda pancromática (banda 8). Los rangos de resolución espectral de cada banda pueden verse en la siguiente tabla –Tabla 1-.

Imágenes Satelitales Landsat			
Banda	Resolución espectral	Sector espectro	Resolución espacial
TM 1 ETM+ 1	0.450 - 0.520 μm 0.450 - 0.515 μm	Visible Azul	30 m
TM 2 ETM+ 2	0.520 - 0.600 μm 0.525 - 0.605 μm	Visible Verde	30 m
TM 3 ETM+ 3	0.630 - 0.690 μm 0.630 - 0.690 μm	Visible Rojo	30 m
TM 4 ETM+ 4	0.760 - 0.900 μm 0.750 - 0.900 μm	Infrarrojo Cercano	30 m
TM 5 ETM+ 5	1.550 - 1.750 μm 1.550 - 1.750 μm	Infrarrojo Medio	30 m
TM 6 ETM+ 6	10.400 - 12.500 μm 10.400 - 12.500 μm	Infrarrojo Lejano	60 m
TM 7 ETM+ 7	2.080 - 2.350 μm 2.090 - 2.350 μm	Infrarrojo Medio	30 m
ETM+ 8	0.520 - 0.900 (modo pancromático)	Combinación de bandas	15 m

Tabla 1: Especificaciones técnicas de las distintas bandas espectrales de las imágenes Landsat 5 y Landsat 7.

Las mismas se georreferenciaron una a una utilizando como base la imagen Landsat pancromática de la Dirección General de Catastro e Información Territorial de la Provincia de Río Negro (DGGeIT). Se trabajó en el sistema de proyección TransverseMercator, con DatumWGS 84.

De la secuencia de imágenes que se muestra en la siguiente figura puede observarse que las lagunas han experimentado una gran variación de su tamaño a lo largo del tiempo –Figura N° 3-.



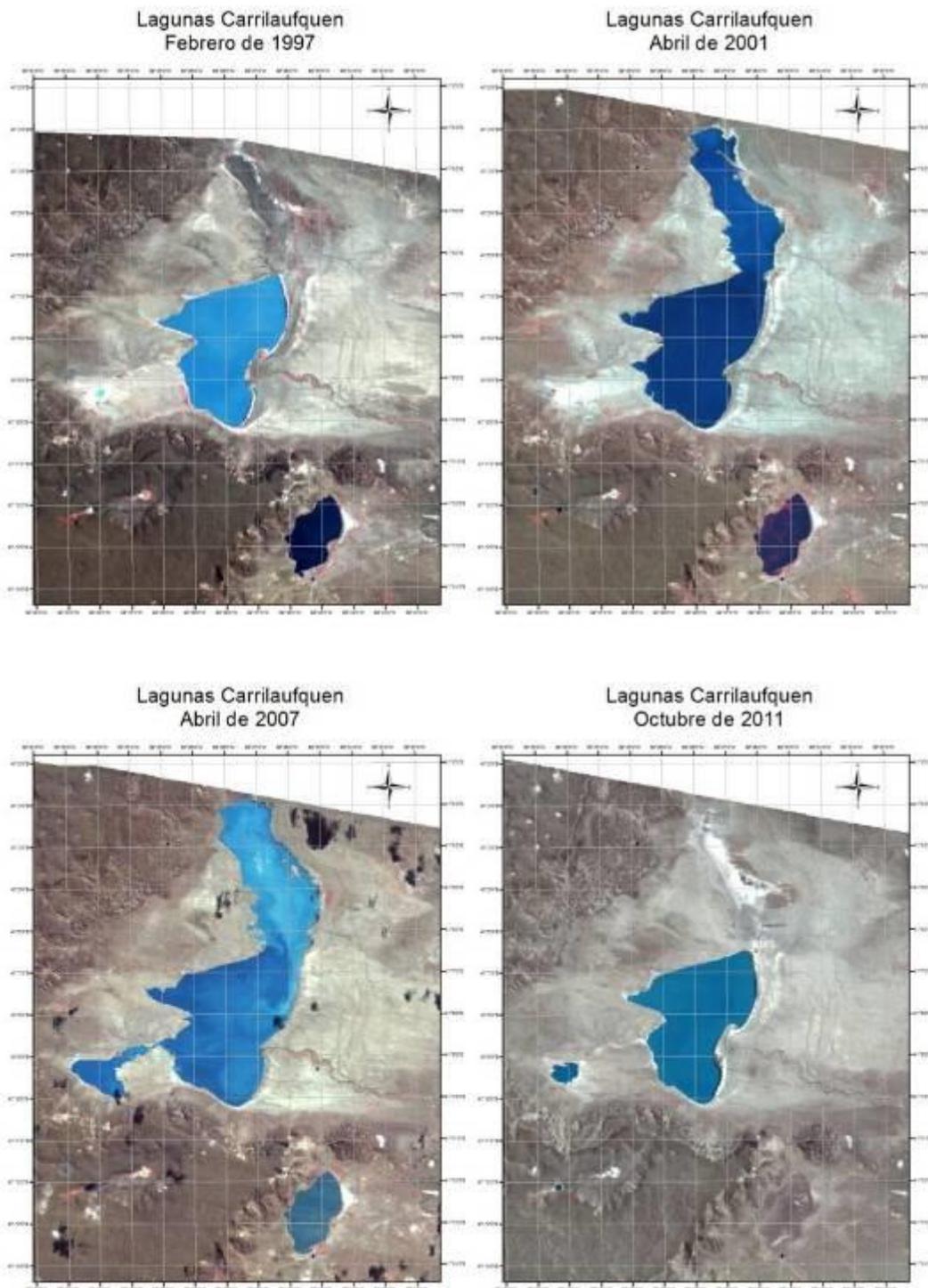


Figura Nº 3: Imágenes Landsat de las lagunas Carri-Laufquen en distintos momentos históricos.

Estas imágenes fueron procesadas mediante un software específico de procesamiento de imágenes para detectar espectralmente las superficies libres de agua. Se filtraron las imágenes de acuerdo a su reflectancia en la banda espectral 5, dado que es en la que mejor se determinaban los contrastes suelo-agua. Se estableció de esta manera para cada fecha analizada el tamaño y forma de ambas lagunas. En la figura siguiente pueden verse los perímetros de las lagunas en distintos momentos históricos –Figura N° 4-.

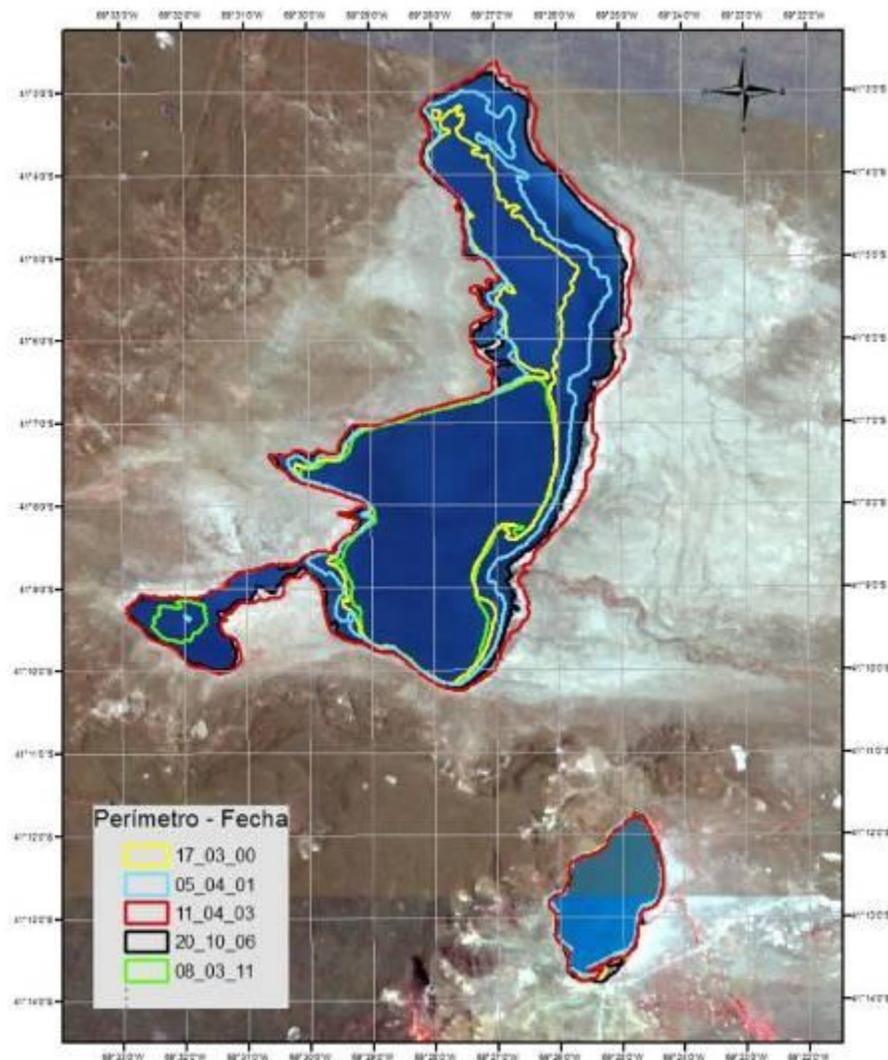


Figura N° 4: Imagen LandsatTM 5 de oct-2006 con perímetro de las lagunas Carri-Laufquen en cinco momentos históricos. (En mar-2011 la laguna Carri-Laufquen Chica ya se encontraba completamente seca)



Con esta información se realizó un gráfico de evolución de las áreas de cada laguna en el tiempo, el cual se presenta a continuación –Figura N° 5-:

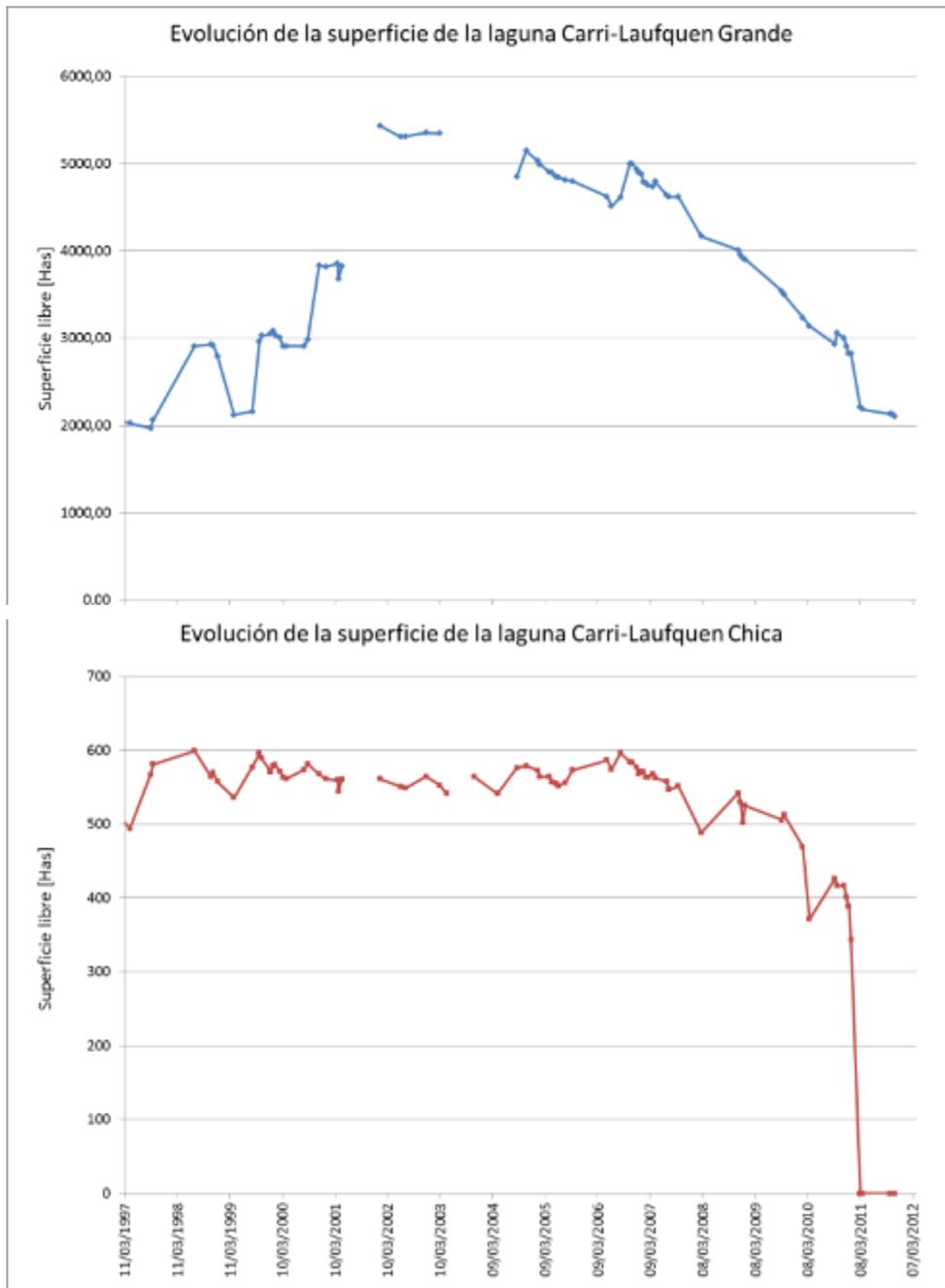


Figura N° 5: Evolución de la superficie libre de agua en ambas lagunas.



En los años 2001 y 2003 existen pequeños baches de información debido a la no disponibilidad de imágenes en esas épocas.

El gráfico de evolución de la superficie libre de agua de la laguna Carri-Laufquen Chica presenta un quiebre abrupto en los últimos años, pasando de una superficie de alrededor de 400 Has a secarse en un lapso inferior a tres meses, por lo que se consideró apropiado realizar este mismo análisis tomando variación de volúmenes en lugar de superficies. Para esto fue necesario calcular el volumen del vaso de la laguna para diferentes niveles.

De aquí en adelante, el estudio se centró en la laguna Carri-Laufquen Chica, debido a la mayor disponibilidad de información, y a la mayor confiabilidad de la misma.

B. Estimación del Volumen de la laguna Carri-Laufquen Chica.

Información de base:

- batimetría realizada en noviembre de 2004, serie de datos x,y,z
- superficies del espejo a diferentes momentos históricos (obtenidos del análisis histórico de imágenes satelitales), datos x,y para un valor constante de z .
- serie de alturas de escala con cota relacionada a un sistema relativo.

Metodología:

Se relacionaron los datos de la batimetría de 2004 al sistema de cota relativo de la serie de alturas de escala, transformando la información x,y,z en $x,y,cota$.

Se escogieron las imágenes satelitales coincidentes con períodos de datos de altura de escala diaria, de manera de poder transformar el nivel de la laguna en cada uno de esos momentos también a cota. A cada momento histórico, la superficie de la laguna fue considerada como un plano perfectamente horizontal, siendo por consiguiente su perímetro una curva equipotencial. Esa altura fue relacionada a cota a través de la serie de alturas de escala.

Con toda esta información planialtimétrica se generó una grilla que fue interpolada y procesada en un software de GIS, obteniéndose la forma tridimensional del cuerpo de agua -Figura N° 6-.

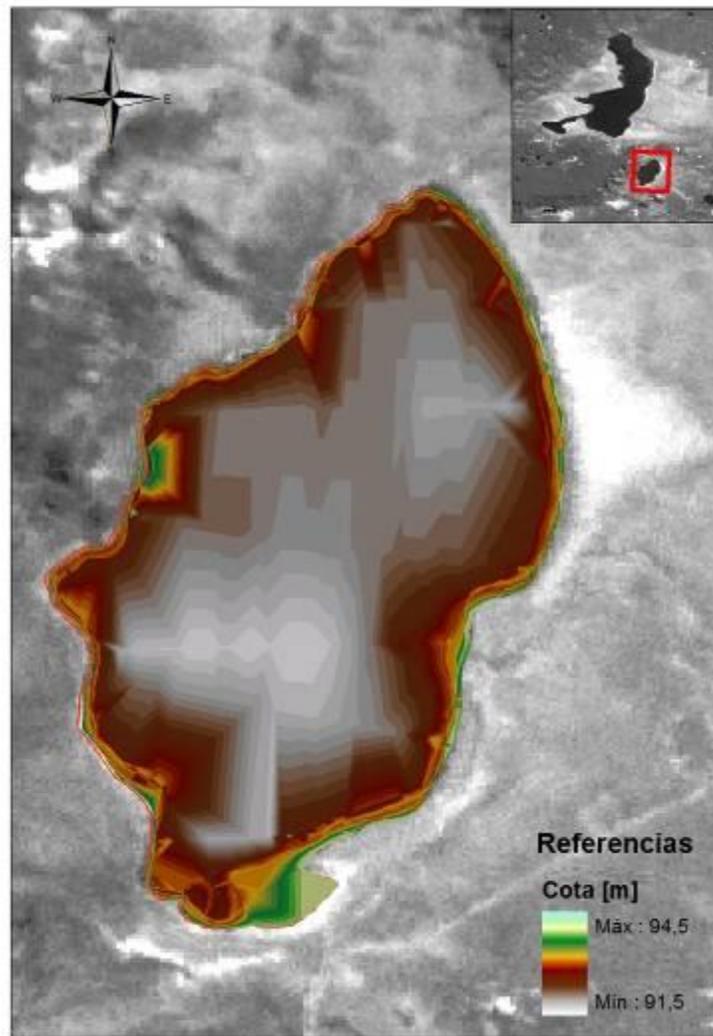


Figura N° 6: Modelo digital de profundidades de la laguna Carri-Laufquen Chica.

Con esto se obtuvieron las relaciones Superficie-Volumen y Superficie-Cota-Figura N° 7-.

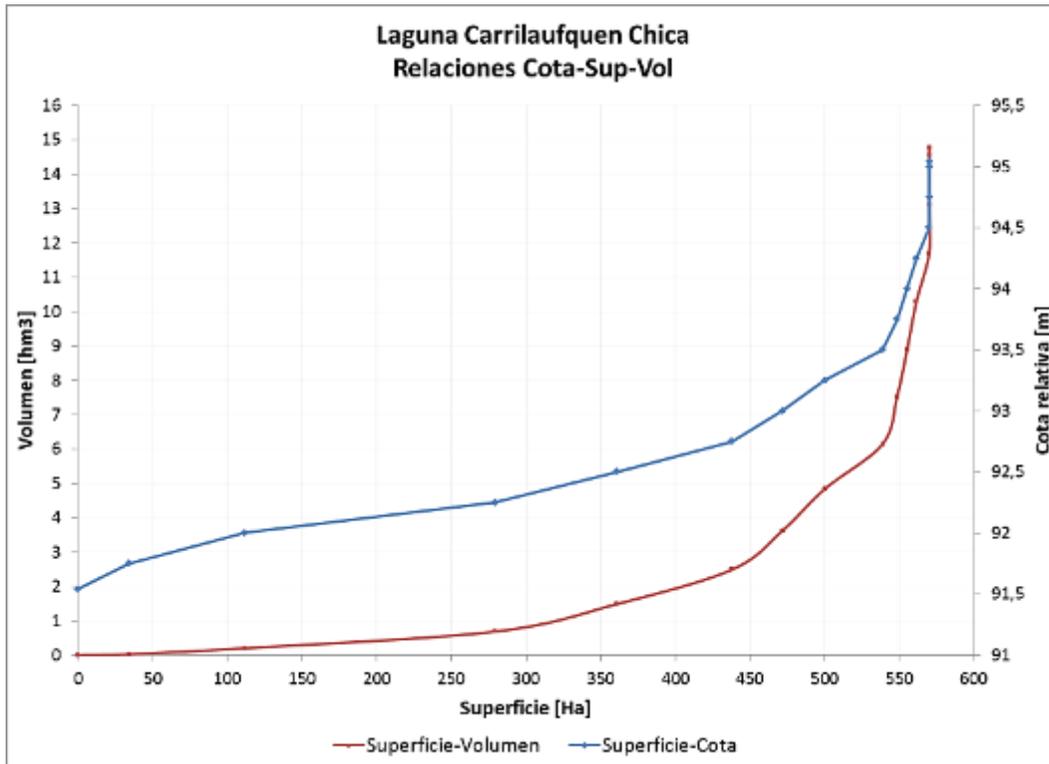


Figura N° 7: Relaciones superficie-volumen y superficie-cota. Laguna Carri-Laufquen Chica.

A partir de estas relaciones se pudo estimar el volumen de la laguna Carri-Laufquen Chica para cada una de las fechas analizadas, y con esto visualizar la evolución histórica de los volúmenes de la laguna –Figura N° 8-.

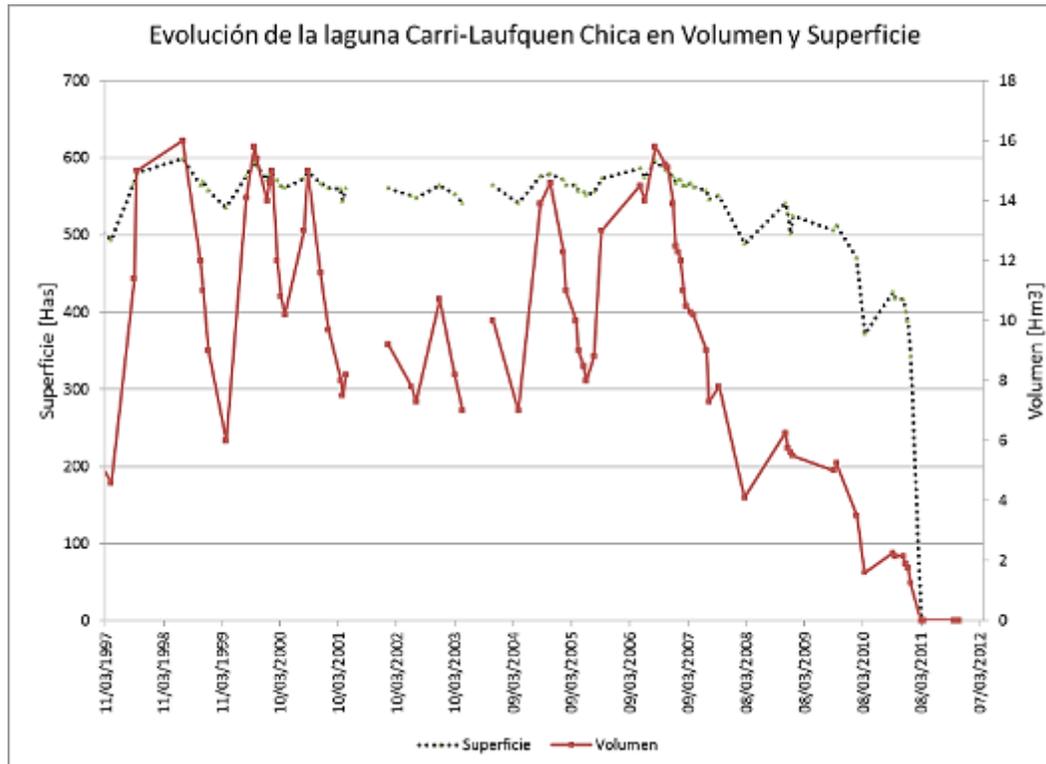


Figura N° 8: Evolución de la laguna Carri-Laufquen Chica en Volumen y en Superficie.

VI. Análisis Hidrológicos.

A. Delimitación de la cuenca de aportesa la laguna Carri-Laufquen Chica

Información de base:

Modelo Digital de la Superficie terrestre SRTM V3 (Shuttle Radar TomographyMision).NASA USA-USGS, 2000 -Resolución 3 arc-second (90m aproximadamente deresolución planimétrica por celda).

Curvas de nivel y los puntos acotados de las cartas topográficas del InstitutoGeográfico Nacional (IGN) en escala 1:250.000.

Relevamientos topobatimétricos recopilados de estudios antecedentes.

Imágenes de apoyo extraídas de Google Earth, imágenes Landsat. SIG de la provincia con rutas, ríos, arroyos, lagos y lagunas, etc.

Metodología:

El área de aportes comprende zonas altas desde donde bajan cañadones con fuertes pendientes, pasando luego a grandes zonas relativamente planas, existiendo innumerables depresiones internas que interceptan parte de los aportes hídricos producidos en la cuenca alta.

Partiendo de imágenes SRTM se conformó y acondicionó un DEM para el área en estudio, a partir del cual se determinó la red de drenaje y se delimitaron las subcuencas de aporte. Dicho análisis fue revisado y corregido manualmente sobre imágenes de mejor resolución, principalmente en las partes más planas, basándose además en el conocimiento del terreno.

El resultado muestracinco subcuencas principales, destacándose las subcuencas de los arroyos Maquinchao y HuahuelNiyeo, que representan los mayores aportes de caudal hacia la laguna. Se destaca la existencia de subcuencas endorreicas dentro del sistema, que concentran los excesos hídricos en bajos y lagunas. Todo esto puede verse en la figura siguiente –Figura N° 9-:

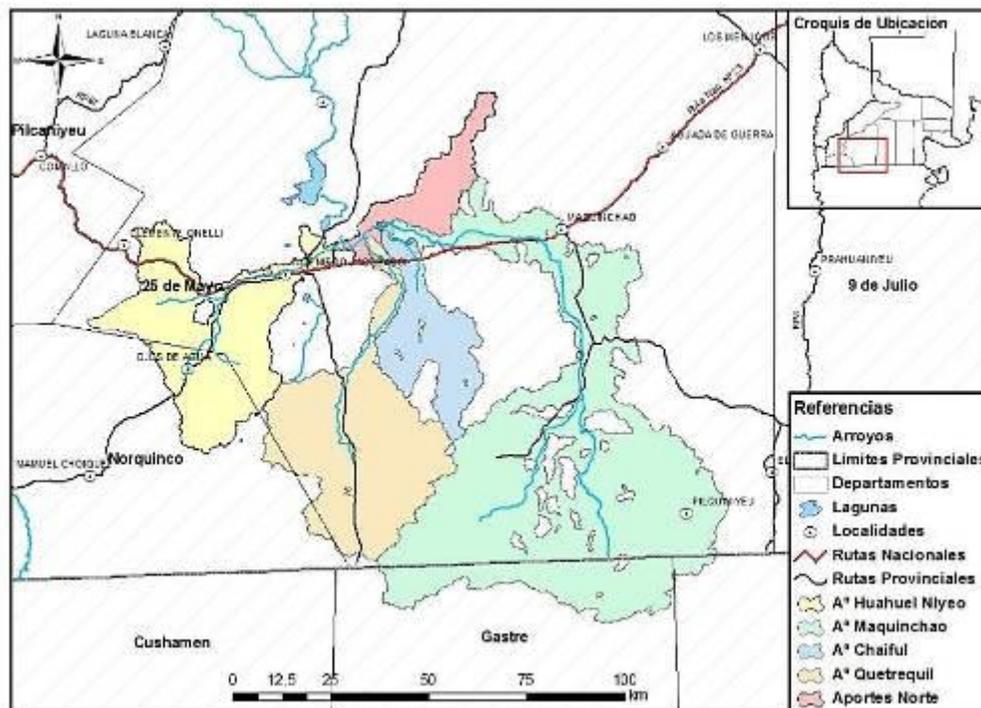


Figura N° 9: Mapa de cuencas de aporte.



B. Análisis de la relación de las variaciones de volumen en la Laguna Carri-Laufquen Chica con la Precipitación

Información disponible:

Series de lluvias diarias de las estaciones de la zona, períodos variables.

Metodología:

Se observa que desde el año 2007 las precipitaciones se encuentran por debajo de la media, evidenciándose una marcada sequía, lo cual se confirma con los datos de todas las estaciones de la zona. Para ilustrar lo antedicho se presentan las precipitaciones anuales de tres estaciones representativas de la cuenca, escogidas por su ubicación dentro de la misma -Figura N° 10-.

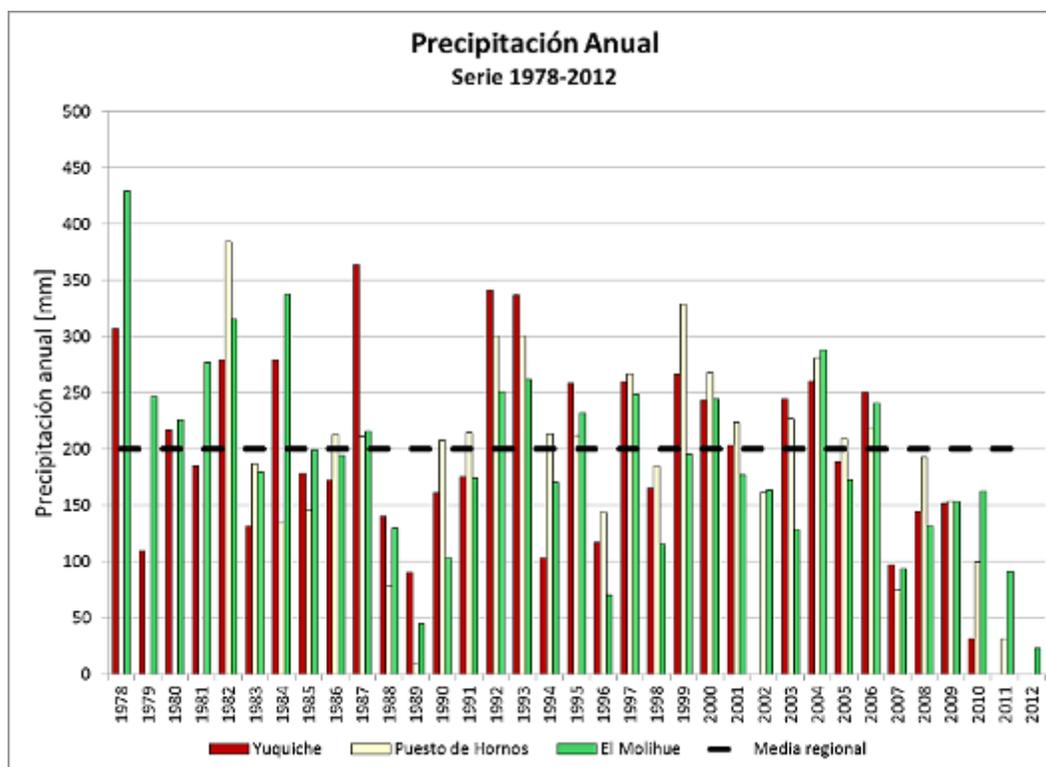
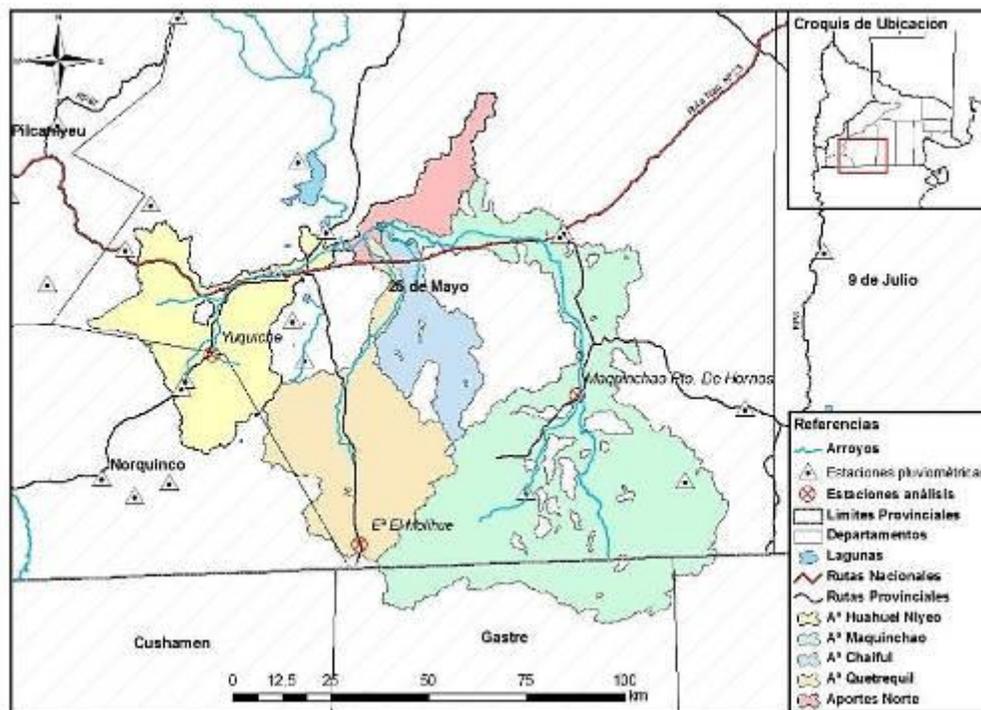


Figura N° 10: Precipitaciones anuales Estaciones de Yuquiche, Puesto de Hornos y El Molihue.

Con el objeto de analizar la relación de las variaciones del nivel de la laguna Carri-Laufquen Chica con las precipitaciones, en una etapa preliminar de tipo cualitativo, se escogieron las estaciones pluviométricas más representativas de la cuenca de acuerdo a su ubicación. Estas son las estaciones de Pto de Hornos, Yuquiche y El Molihue; de las cuales las dos primeras se encuentran ubicadas cercanas a los centros de masa de las subcuencas del A°Maquinchao y A°HuahuelNiyeo respectivamente (cuencas generadoras de los mayores aportes); mientras que la tercera involucra a la cuenca del A°Quetrequil. Entre las tres cubren en promedio la cuenca completa –Figura N° 11-.



Se realizó un promedio lineal de los totales mensuales de estas estaciones. Luego se acumuló la lluvia caída en los 9 meses anteriores a cada mes (incluyéndolo). A esta serie de datos de lluvia acumulada en 9 meses se la graficó en superposición con la variación de volumen en la laguna, y se le aplicó una línea de tendencia de medias móviles de 3 períodos.

Los resultados se muestran en el gráfico siguiente –Figura N° 12-.

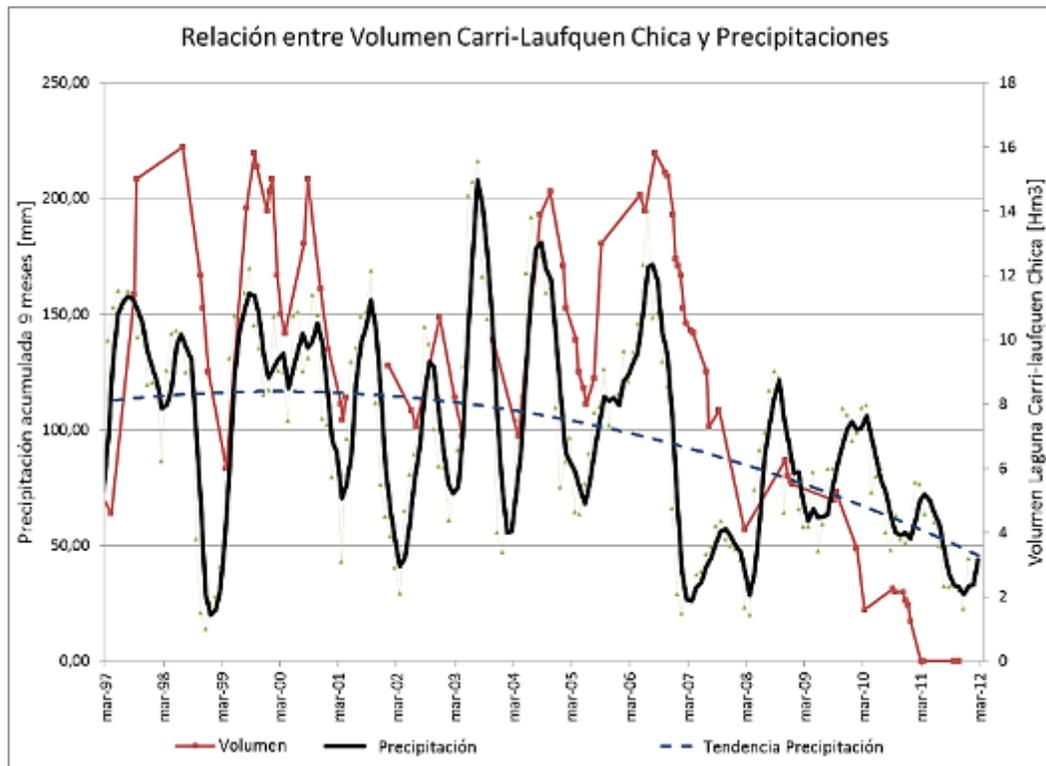


Figura N° 12: Análisis de la relación del volumen de la Laguna Carri-Laufquen Chica con las precipitaciones en la cuenca.

Se observa una tendencia de las precipitaciones en la región desde 1997 claramente descendente, acrecentándose este fenómeno desde 2007 en adelante.

Puede verse una clara concordancia entre las variaciones de volumen y la precipitación ocurrida en la cuenca, que determina la dependencia entre dichas variables.

Pese a esto, se advierte una faltade recuperación de los volúmenes en el último período ante un leve aumento de la lluvia acumulada (hacia fines de 2009). Esto podría deberse en parte al aceleramiento en la evaporación ante volúmenes tan pequeños de agua en relación a una superficie que no ha disminuido significativamente; y, por otra parte, a la magnitud de las precipitaciones en este último período, que si bien acumuladas adquieren valores apenas inferiores a la media, individualmente no alcanzarían a generar excesos que deriven en un aumento de caudal en los arroyos.



C. Análisis de Caudales y Precipitaciones.

Se analizó la serie de caudales del AºMaquinchao en Pto de Hornos, la cual se contrastó con precipitaciones diarias registradas en dicha estación para la serie 1982-1995. Se observa que la respuesta del arroyo a precipitaciones varía en función de la magnitud de esta última. En verano, cuando no queda nieve en la cuenca, las lluvias menores a 30 mm no siempre producen un aumento significativo de los caudales del arroyo. Esto se evidencia en varios períodos, a modo de ejemplo se presentan los siguientes –Figura Nº 13, Figura Nº 14, Figura Nº 15 y Figura Nº 16-:

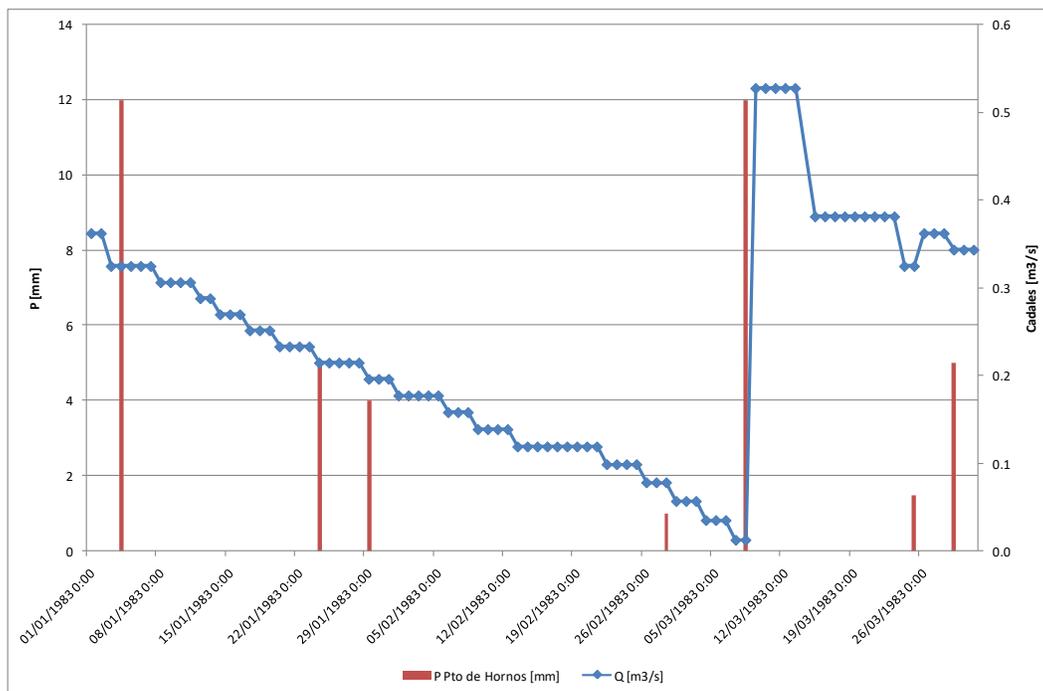


Figura Nº 13: Contraste de la serie de caudales diarios en Pto de Hornos con las precipitaciones. Verano de 1983.

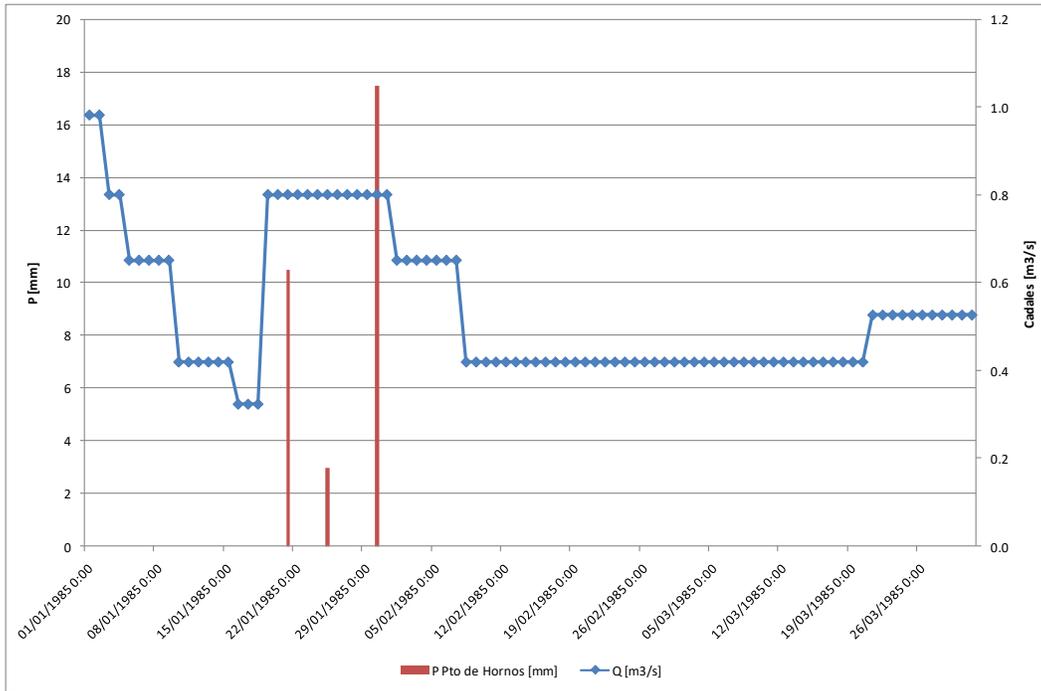


Figura Nº 14: Contraste de la serie de caudales diarios en Pto de Hornos con las precipitaciones. Verano de 1987.

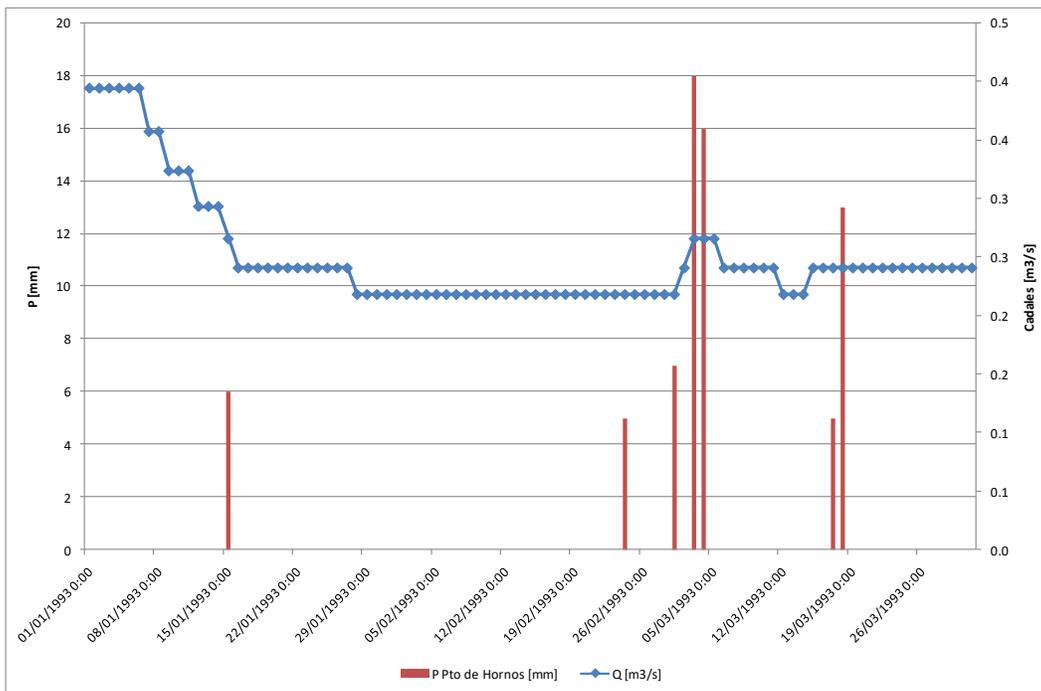


Figura Nº 15: Contraste de la serie de caudales diarios en Pto de Hornos con las precipitaciones. Verano de 1993.



Pero para lluvias superiores a los 30 mm se producen pulsos de agua de importancia que llegan hasta la laguna, esto se evidencia en enero – febrero del año 1992 –Figura N° 16-:

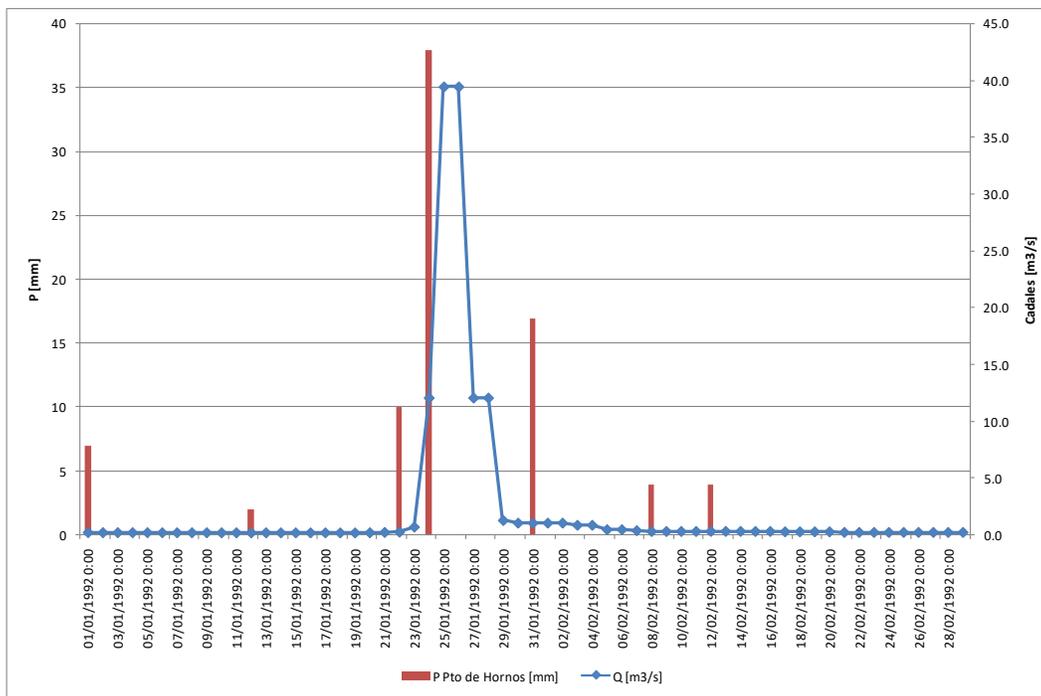
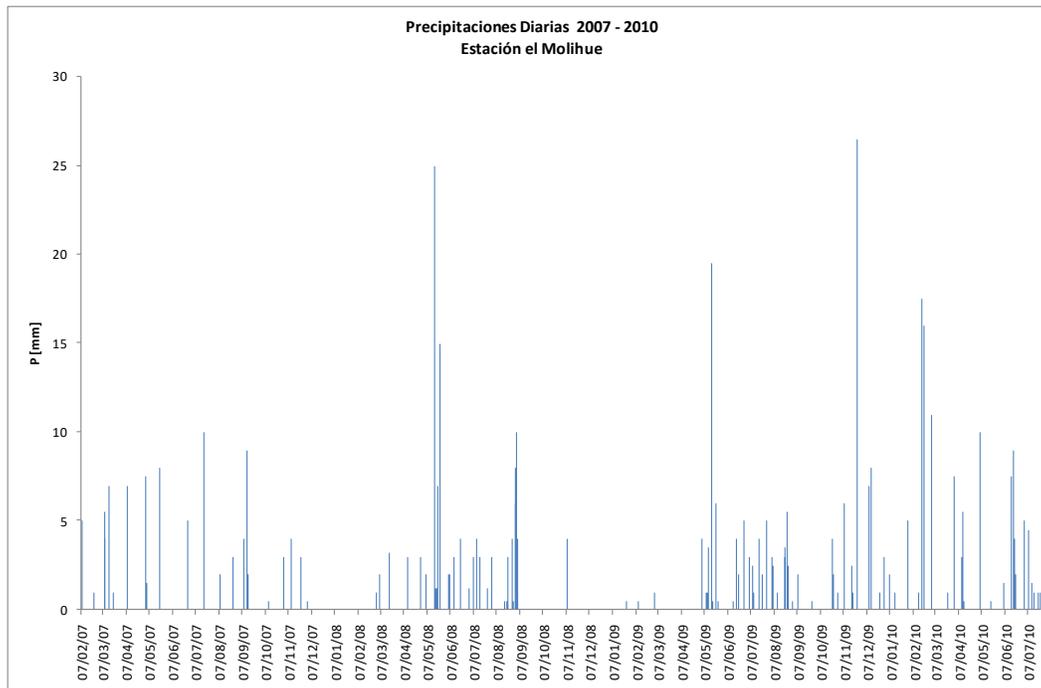


Figura N° 16: Contraste de la serie de caudales diarios en Pto de Hornos con las precipitaciones. Verano de 1992.

Analizando la serie de Precipitaciones diarias desde el año 2007 de la estación El Molihue puede verse que las lluvias capaces de generar un caudal que llegue a aportar a las lagunas Carri-Laufquen fueron muy pocas en este período seco, repartiéndose el total precipitado en gran cantidad de lluvias de pequeña magnitud –Figura N° 17-.



Datos días con lluvia

Días con lluvia menor a 10 mm	114
Entre 10 y 20 mm	5
Entre 20 y 30 mm	2
Más de 30 mm	0
Total días Precipitados	121

Figura Nº 17: Serie de Precipitaciones diarias 2007-2010 Estación El Molihue.

VII. Conclusiones

Los niveles de las lagunas varían históricamente en correspondencia con las precipitaciones ocurridas en el área de aportes.

La laguna Carri-Laufquen Chica se encuentra sin agua debido fundamentalmente a la extensa sequía que tiene lugar en la región desde 2007.

La falta de recuperación de niveles en las lagunas en el último año, ante un leve aumento de las precipitaciones, puede deberse a una suma de factores, entre los que se mencionan:



- La intercepción producida por el terreno natural; que solo permite el escurrimiento a partir de un cierto valor de precipitaciones, y que permanece seco ante la prolongada sequía.
- Los depósitos de cenizas del volcán Puyehue; pueden afectar la generación de excesos hídricos en la cuenca, aumentando la rugosidad y retardando el escurrimiento superficial durante las lluvias.
- El aumento de la evaporación en las lagunas; propiciado por las escasas profundidades que alcanzaron en el verano de 2011.

Cabe aclarar que se trata de un análisis preliminar de tipo cualitativo.

VIII. Equipo de trabajo

Carlos Merg.

Daniel Petri.

Federico Schmidt.

Fernando Blanco.

Fernando Bodoira.

Gabriel Sorá.

Javier Antenao.

Karina Rodríguez.

Leonardo Guzmán.

Marta Marizza.

Martín Nini.

Nicolás Popoff.

Norberto Roberts.

Rodolfo Montalva.