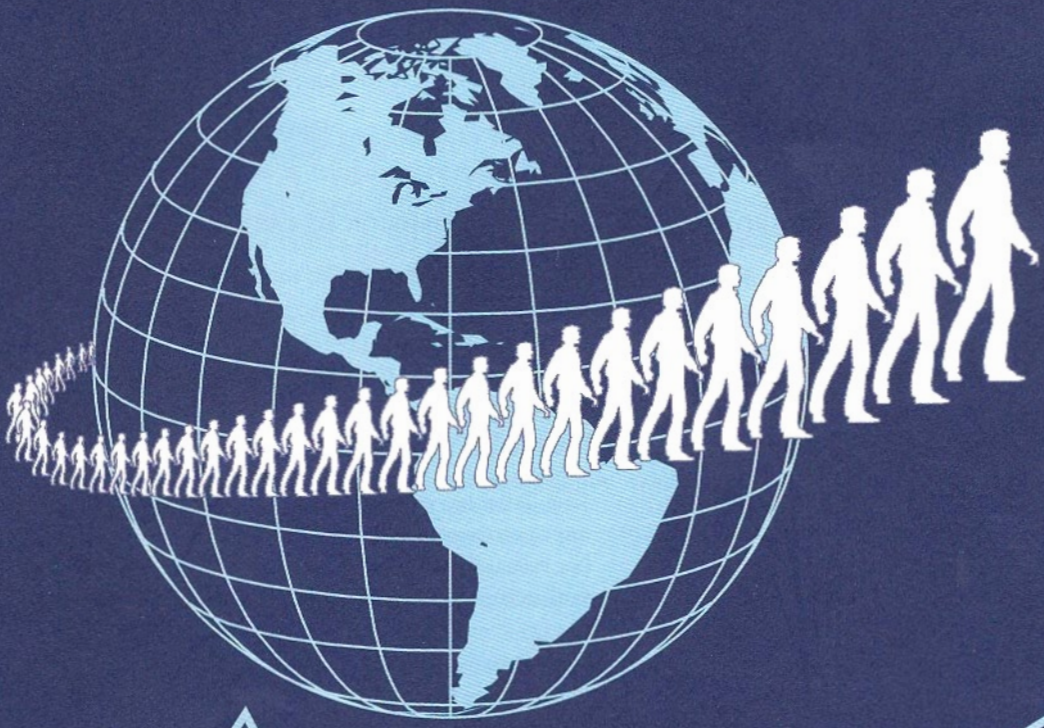
# REVISTA Geográfica

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA



NÚMERO 148
JULIO-DICIEMBRE
2010

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

PRESIDENTE Prof. Héctor O. J. Pena Argentina
VICEPRESIDENTE M. Sc. Bruce W. Presgrave EUA

SECRETARIO GENERAL
M. Sc. Santiago Borrero Mutis
Colombia

COMISIÓN DE CARTOGRAFÍA
(Chile)
Presidenta:
Cart. Alejandra Coll Escanilla

Vicepresidente:
Crnl. Rodrigo Maturana Nadal

COMISIÓN DE GEOGRAFÍA
(México)
Presidente:
Ing. Antonio Hernández Navarro

Vicepresidente:
(por designar)

COMISIÓN DE HISTORIA
(Brasil)
Presidenta:
Dra. Maria Cristina Mineiro Scatamacchia

Vicepresidente:
Dr. Carlos de Almeida Prado Bacellar

COMISIÓN DE GEOFÍSICA
(Costa Rica)
Presidente:
Dr. Walter Fernández Rojas

Vicepresidente.
M. Sc. Walter Montero Pohly

MIEMBROS NACIONALES DE LA COMISIÓN DE GEOGRAFÍA

| | |
|---|---|
| Argentina | Prof. Antonio Cornejo |
| Belice | |
| Bolivia | |
| Brasil | Dra. Vera Maria dÁvila Cavalcanti |
| Chile | Ing. Catalina Erazo |
| Colombia | Ing. Geog. Guillermo Beltrán Quecán |
| Costa Rica | |
| Ecuador | Tcrnl. de Em Ing. William Aragón |
| El Salvador | Arq. Gisela Quan de Turcios |
| Estados Unidos | Dra. Patricia Solis |
| Guatemala | Sr. José Gabriel López Contreras |
| Haití | |
| Honduras | Sr. Alex Martinez |
| México | Biol. Francisco Takaki Takaki |
| Nicaragua | Lic. Luis Zuñiga Mendieta |
| Panamá | Magis. Elías López |
| Paraguay | Dr. Gustavo Vera Morínigo |
| Perú | Dra. Berta Olga Balbín Ordaya |
| Rep. Dominicana | Lic. Jorge Quezada Valdez |
| Uruguay | Cnel. (R) Yvho R. Acuña |
| Venezuela | Lic. Elizabeth Zarzalejo de Ricci |


# Anomalías de precipitación y temperatura en Las Encadenadas del Oeste. Buenos Aires, Argentina

A. M. Geraldi*
M. C. Piccolo**
G. M. E. Perillo***

## Abstract

The basin is located in the southwestern Buenos Aires province. The Las Encadenadas basin is located in temperate climates with an annual average temperature of 15.2°C. The aim of this paper is to study the variability of precipitation and determine the influence of bodies in the lagoon itself. The isohietas map was produced, with data from different seasons. We calculated the anomalies of precipitation and temperature and the lagoons surfaces in different years. The average rainfall in the basin is 730mm. Historical analysis of precipitation define two periods a dry 1920-1970 and another 1970 to the present wet. As plain ponds, we can say that they are highly dependent on rainfall presents high reduction of area under water to overflow conditions involving the flooding of areas adjacent to them.

Key words: *Anomaly, Temperature, Precipitation, Argentina.*

## Resumen

La cuenca se localiza en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Se encuentra dentro de los climas templados con una temperatura media anual de 15.2°C. El objetivo del trabajo es estudiar la variabilidad de las precipitaciones y determinar la influencia de la misma en los cuerpos lagunares. Se confeccionó el mapa de isohietas, con los datos de las diferentes estaciones. Se calcularon las anomalías de precipitación y temperatura y las superficies de los cuerpos de agua en los diferentes años. La precipitación media de la cuenca es de 730mm. El análisis histórico de la

* Instituto Argentino de Oceanografía, Camino de la Carrindanga km 7, C.C. 840 (8000), Bahía Blanca, Argentina, Universidad Nacional del Sur, 12 de Octubre y San Juan, Bahía Blanca, Argentina, correo electrónico: ageraldi@criba.edu.ar
** Correo electrónico: piccolo@criba.edu.ar
*** Correo electrónico: perillo@criba.edu.ar

precipitación permitió definir dos periodos uno seco 1920-1970 y otro húmedo 1970 hasta la actualidad. Como lagunas de llanura, se puede afirmar que las mismas son altamente dependientes de las precipitaciones presentando periodos de alta reducción de su superficie bajo agua hasta condiciones de desborde que implica la inundación de espacios aledaños a las mismas.

Palabras clave: *Anomalía, Temperatura, Precipitación, Argentina.*

## Introducción

El análisis de los elementos del clima, principalmente temperatura y la precipitación es de fundamental importancia en el estudio de una cuenca hidrográfica; dado que afecta el funcionamiento hidrológico de la misma y en consecuencia sus condiciones ambientales. Dichos elementos influyen además, en el desarrollo de la vegetación, los cultivos, la erosión (Sheng, 1992) y en los caudales de los arroyos y lagunas. En un ambiente acuático la variación de la precipitación es un factor muy importante en lo que se refiere al habitar de los organismos vivos tanto plantas como animales.

En los últimos cinco años Argentina ha sido afectada por una disminución muy importante en el registro de precipitaciones. Por esta razón en el año 2008 se ha declarado la emergencia agropecuaria por sequía en la provincia de Buenos Aires. En trabajos previos se realizaron estudios sobre este tema, tal es el caso de Prohaska (1952) y Canziani *et al.* (1992) que caracterizaron los regímenes estacionales de precipitación en Sudamérica y en el territorio continental argentino, respectivamente. Otros autores analizaron las características del régimen pluviométrico de distintas localidades de nuestro país con un enfoque especialmente estadístico; entre ellos se puede mencionar a Galeano y Belingheri (1976) que estudian las precipitaciones de Cerro Azul, Misiones y Díaz y Masiero (1988) que estudian dicho factor climático en Marcos Juárez, Córdoba. El estudio de las precipitaciones y su variación temporal ha sido abordada además por varios autores (Vergara *et al.*, 2008; Carbone, 2003; Ravelo *et al.*, 2005; Asborno *et al.*, 2006) determinando que los mayores coeficientes de variación son durante el invierno.

La región se caracteriza por una gran variabilidad climática, en especial de las precipitaciones. Esto afecta la distribución anual y estacional de los elementos climáticos determinando cambios en las actividades socioeconómicas, en particular las agrícolas. A una escala mayor, el área de estudio se localiza dentro de los climas templados. Recibe la influencia de masas de aire provenientes del Atlántico y del Pacífico, lo cual define los diferentes estados del tiempo. Las masas de aire húmedas y cálidas provienen del Norte y noreste y tienen su origen en el centro de alta presión del Atlántico. Desde el Sur y suroeste llegan masas de aire frío y seco provenientes del Anticiclón del Pacífico (Campos *et al.*, 2000). Según la clasificación



de Koppen el clima de esta región se encuadra dentro del templado mesotermal (C), con una estación invernal y otra estival bien marcada (Campos *et al.*, 2000).

Las lagunas Encadenadas del Oeste, conformadas por Laguna Epecuén, La Paraguaya, Venado, Del Monte, Cochicó, Alsina (Figura 1) se localizan en el centro de la provincia de Buenos Aires. Es una depresión lagunar de tipo endorreica que separa el piedemonte del Sistema de Ventana de la llanura arenosa del noroeste con una extensión de 1,115,248ha. La cuenca comprende los partidos de Adolfo Alsina, Guamini, Daireaux, Coronel Suárez; Saavedra y Puán (Figura 1). La principal actividad es agrícola, afectada por la ciclicidad de periodos secos y húmedos. Cada laguna tiene su unidad colectora propia conformada por un arroyo principal que en la mayoría de los casos es alimentada por precipitaciones de la zona alta de la cuenca. Los arroyos más importantes son Pigüé (laguna Epecuén), Venado (laguna Venado), Guaminí (laguna Del Monte), Cochicó (laguna Cochicó), Cura Malal, Pescado y Corto (laguna Alsina) (Figura 1). El objetivo de la presente investigación es el estudio de las variaciones de precipitación y la influencia de las mismas en los cuerpos lagunares.

## Método de trabajo

Con el objetivo de conocer la magnitud de las variaciones en los montos anuales de la precipitación se analizaron las anomalías correspondientes al periodo 1911-2008 de la Estación experimental de Carhué. Estos datos permitieron identificar los años de sequía y los de exceso hídrico. Se utilizó para el cálculo la siguiente fórmula:

$$\Delta P = P - \bar{P}$$

Para la distribución espacial de las precipitaciones se construyó un mapa de isohietas con datos históricos del INTA correspondientes a las estaciones experimentales de Carhué, Bordenave, Arroyo Corto, Rivera, Huanguelén, Espartillar, Saavedra, Coronel Suárez, Pasman, Salliqueló, Daireaux, Laprida, Lamadrid, Henderson (Figura 1). Se obtuvieron además, datos del Servicio Meteorológico Nacional (2007) (Púan y Saavedra) y del Museo de Adolfo Alsina (Carhué), Guaminí y Estancia La Margarita (Figura 2). Los datos empleados corresponden al periodo 1911 y 2008.

Se confeccionó el diagrama ombrotérmico de la localidad de Carhué. En los diagramas ombrotérmicos de Gaussen (Hajek y Castri, 1975), el promedio mensual de precipitación (P) es dos veces el de temperatura (2T).

$$P = 2T$$

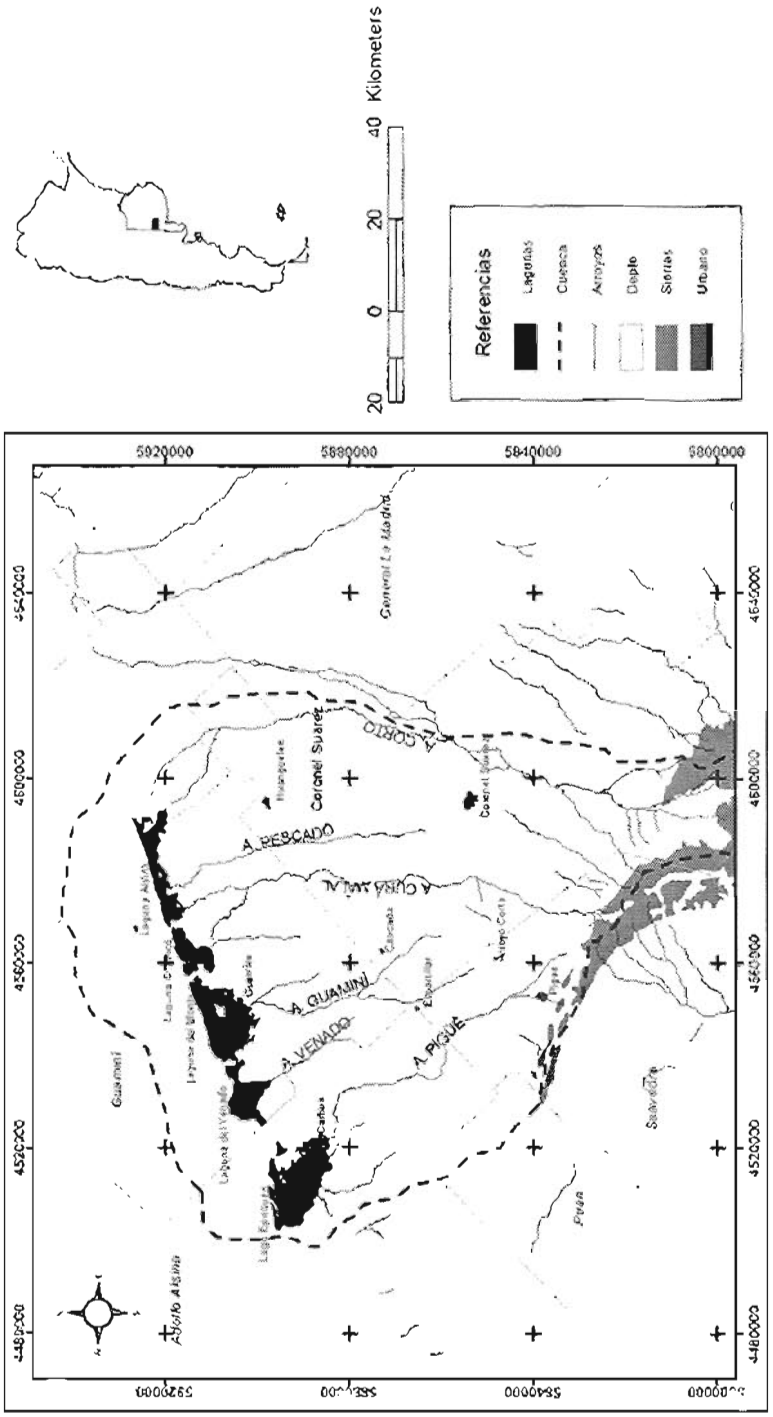



Figura 1. Localización del área de estudio.



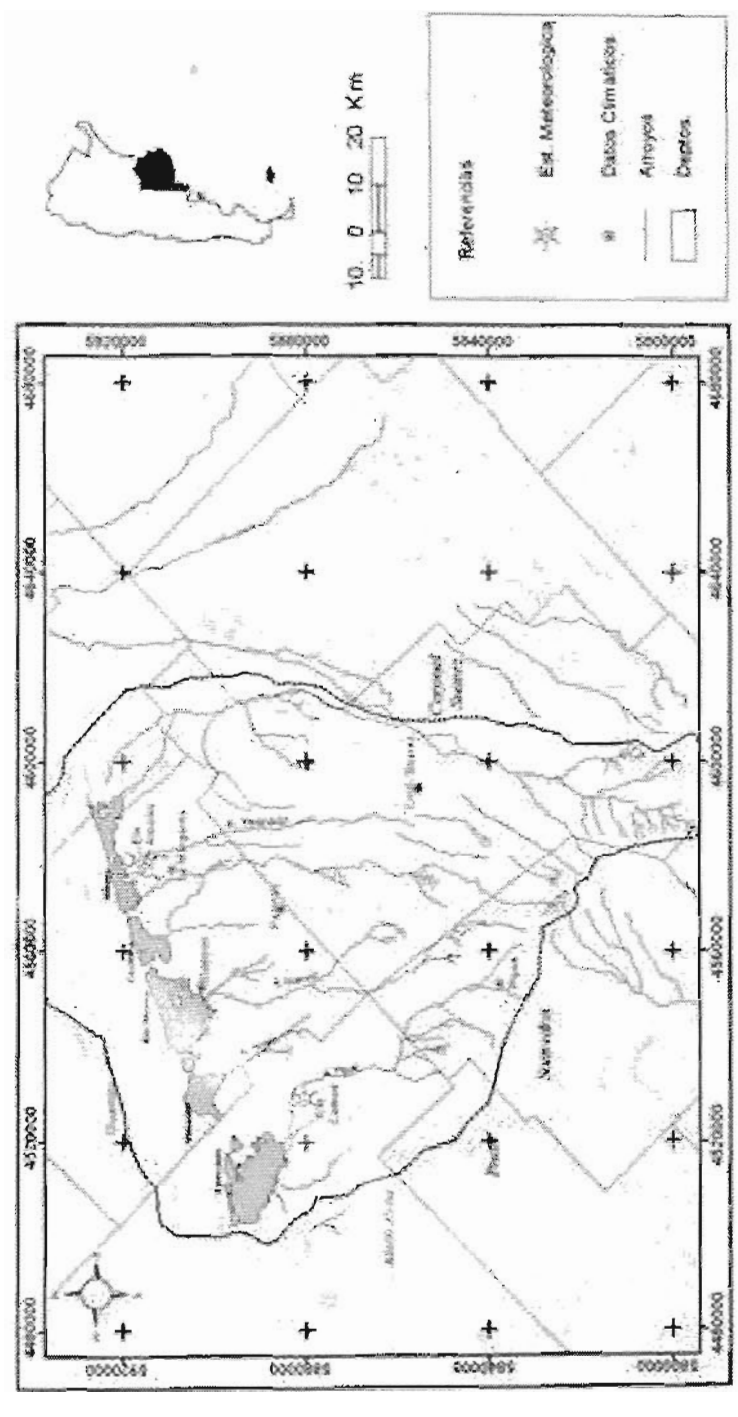



Figura 2. Localización de las estaciones Carhué, La Margarita y Guaminí.

En el periodo seco, la línea de precipitación (P) se sitúa bajo la correspondiente a la temperatura (2T). Cuanto más grande sea el área entre las curvas, mayor será la aridez del clima.

Se realizó además un análisis de las anomalías de temperatura de la estación Carhué para el periodo 2002-2008. En este periodo se estudió la variación espacial que tuvieron las lagunas como consecuencia de las modificaciones de la temperatura y la precipitación. Para determinar la superficie ocupada por el agua se utilizaron imágenes Landsat 5 TM correspondientes a los años 2002, 2005 y 2008. Las mismas fueron corregidas geométrica y radiométricamente. Las lagunas fueron digitalizadas en cada uno de los años y se calculó su superficie.

## Resultados

El régimen pluviométrico definido como la marcha anual de las precipitaciones, varía en función de la circulación atmosférica general, de las condiciones atmosféricas y de la localización geográfica (Bruniard, 1999). La precipitación como principal entrada de agua dentro del ciclo hidrológico, varía tanto espacial como temporalmente en la cuenca. La acción de los factores geográficos como la continentalidad y los fenómenos como el ENSO (El Niño oscilación Sur) influyen en el régimen de precipitaciones a lo largo del tiempo. Dicha variación determina la presencia de periodos húmedos y secos que afectan de forma diferente la funcionalidad del sistema hídrico. La cuenca Las Encadenadas del Oeste tiene un comportamiento singular debido a que se ve afectada por los procesos antes mencionados.

En el diagrama ombrotérmico que se presenta en la Figura 3 se observa la distribución anual de la precipitación y la temperatura en la estación Carhué. Se puede apreciar la presencia de veranos e inviernos térmicos bien diferenciados con estaciones intermedias semejantes en las dos estaciones.

Por la localización regional (alejado de la influencia del anticiclón del Atlántico), las precipitaciones tienen su origen en procesos frontales o de corrientes convectivas o locales que ocurren generalmente en la estación del verano. Las principales precipitaciones se producen en el semestre cálido, con máximos en los meses de febrero y marzo, duplicando al semestre invernal. Los meses más secos son junio a agosto. Las precipitaciones medias de agosto-septiembre son escasas, hecho que produce una insuficiente condición hídrica en el suelo. Dicha condición es muy importante dado que en esta fecha se produce el inicio de la espigazón de los cultivos invernales, lo que hace necesaria la práctica del barbecho en estos suelos (INTA, 1994). En las estaciones intermedias se evidencian diferencias. En Carhué, si bien se registra un máximo de precipitación durante la primavera, la misma sigue siendo seca.

Los registros pluviométricos de la localidad de Carhué afirman la alta variabilidad en los totales de lluvia caída (Figura 4). Las mismas alcanzan valores extremos



de escasas precipitaciones, característica de ambientes áridos o semiáridos, a valores muy por encima del promedio anual similares a regiones extremadamente húmedas. Las desviaciones positivas o negativas por encima o por debajo del promedio anual (730mm) (Figura 4) dan lugar a un movimiento cíclico, que en definitiva significa la ocurrencia de varios años húmedos, secos o medianamente secos. Se describen a continuación los diferentes periodos.

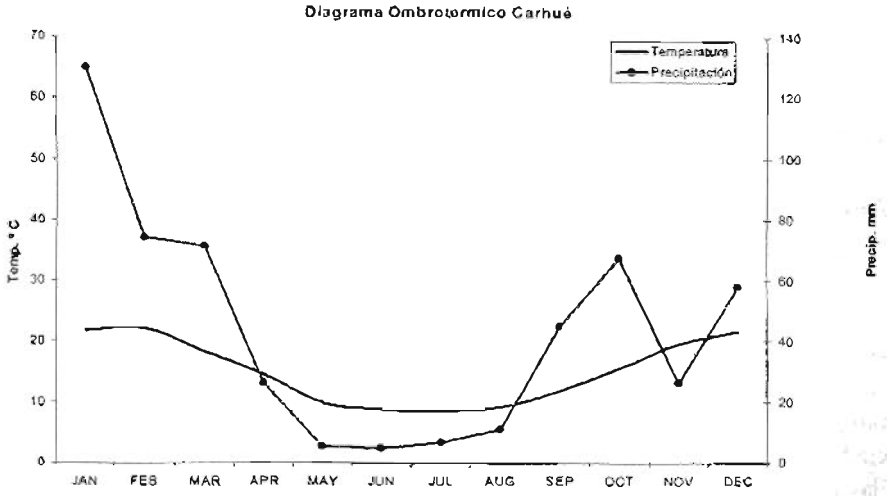



Figura 3. Diagrama ombrotérmico Estación Meteorológica de Carhué.

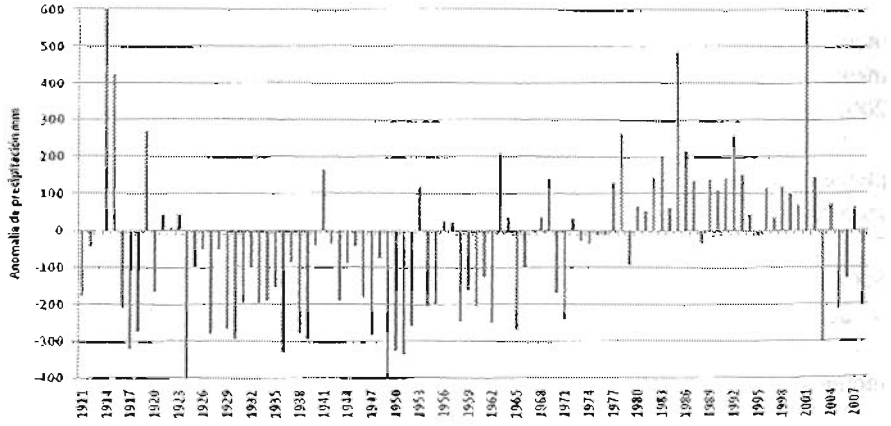



Figura 4. Anomalías de precipitacion estación Carhué correspondiente al periodo 1911-2008, calculados con datos proporcionados por la Estación Experimental de Carhué.

### *Periodo seco 1920 -1970*

El periodo entre la década de los veinte y los setenta para el total de la cuenca se caracterizó por la gran depresión de lluvias con respecto al periodo anterior (1900-1920), definido por varios autores (Deschamps *et al.*, 2003; Glave, 2006) como húmedo. Las precipitaciones disminuyeron notablemente, bajaron las temperaturas en el invierno y los vientos aumentaron su velocidad (Glave, 2006). Los veranos fueron cálidos y secos, motivo por el cual muchos suelos de la región incrementaron la susceptibilidad a la erosión eólica (Glave, 2006).

La estación de Carhué con precipitaciones medias de 730 muestra en los años 1924 y 1949 anomalías de hasta 400mm por debajo de la media (Figura 4). Las anomalías positivas en este periodo, no alcanzaron a reponer las pérdidas de agua.

### *Periodo húmedo 1970-2006*

A partir de la década de los sesenta se instala un periodo húmedo (Figura 4) que originaron inundaciones importantes en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. La fase húmeda provocó una acelerada pérdida de suelos por erosión hídrica en la mayor parte de la región. El aumento de las precipitaciones es muy significativo, se registra un aumento de 25mm por año, con lluvias superiores a 1,200mm, con un promedio en los últimos 30 años que alcanza a 830mm. Los registros más pronunciados de Carhué, fueron los años 1978, 1984 y 2002 los cuales presentaron anomalías de 350, 550 y 700mm respectivamente. Se destaca en la localidad de Carhué que durante este periodo no se registró ningún año con precipitaciones inferiores a la media.

Los primeros años hasta 1977, las precipitaciones apenas llegan o superan la media, sin embargo a partir del año 1977 las precipitaciones van a superar ampliamente el valor de 650mm, con registros extremos en el año 1985, 1,256mm y el año 2001 con 1,372mm. Esta situación generó graves inundaciones a nivel regional.

Se destaca que la variabilidad temporal se suma la variabilidad espacial. Se puede observar que las precipitaciones aumentan hacia el noreste de la cuenca (Figura 5). Las menores se registran en la zona de laguna Epecuén, con valores de 719mm anuales y los mayores registros en el área de laguna Alsina con valores de 800 a 950mm anuales. La isohieta de 800mm divide la cuenca en un sector Este que se definiría como húmedo y el sector Oeste como seco (Figura 5). Las lagunas Cochicó y Alsina quedan ubicadas en el primer sector. En el sector seco quedan incluidas las lagunas Epecuén, Venado y Del Monte.

Las anomalías desde el año 2002 a 2008 vuelven a estar por debajo de la media. Se destaca en el año 2003 una clara disminución de las precipitaciones donde las anomalías alcanzaron los 300mm por debajo de la media. Estas anomalías se acentuaron por influencia de las temperaturas.



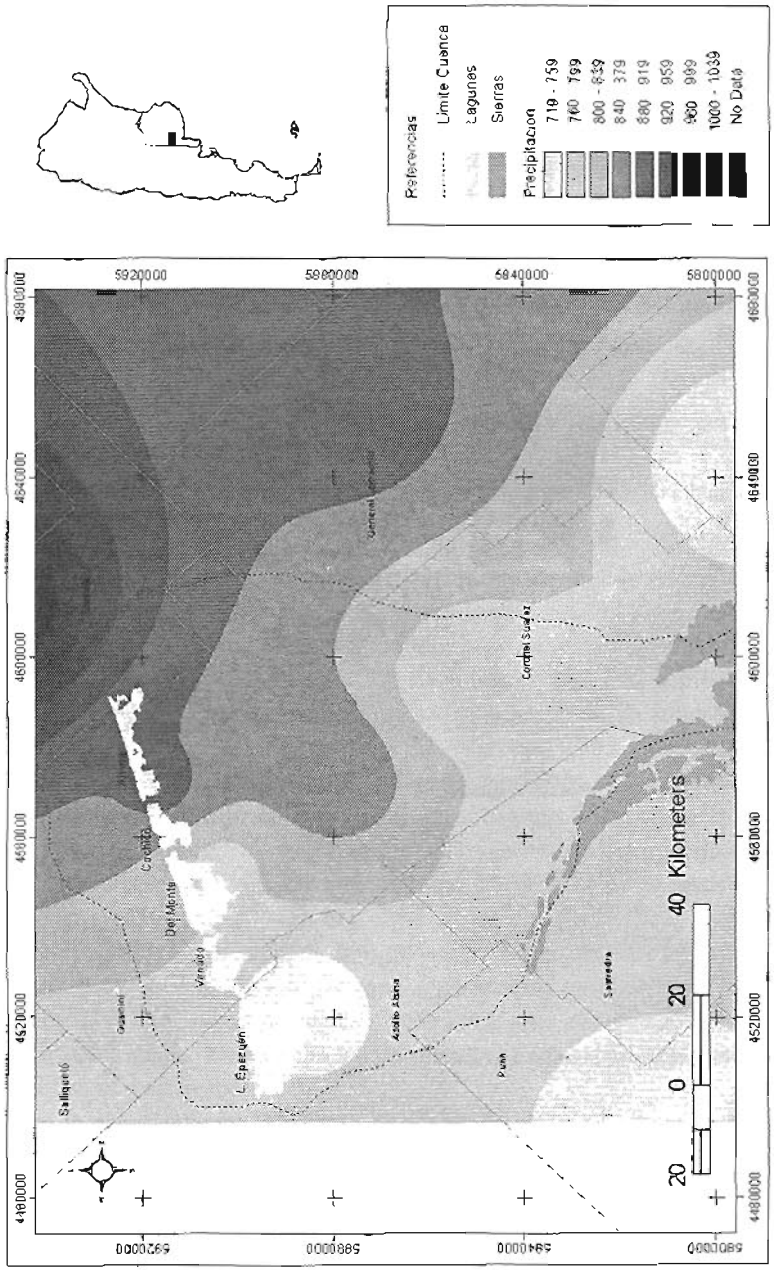



**Figura 5.** Distribución zonal de las precipitaciones en la cuenca Las Encadenadas del Oeste teniendo como base los datos de las estaciones Pasman, Salliquelo, Carhué, Guaminí, Estancia La Margarita, Pigüé, Coronel Suarez, Laprida, Lamadrid, Daireaux, Henderson, Pitan, Tornquinst y Trenque Lauquen considerando el periodo entre 1911 y 2007..

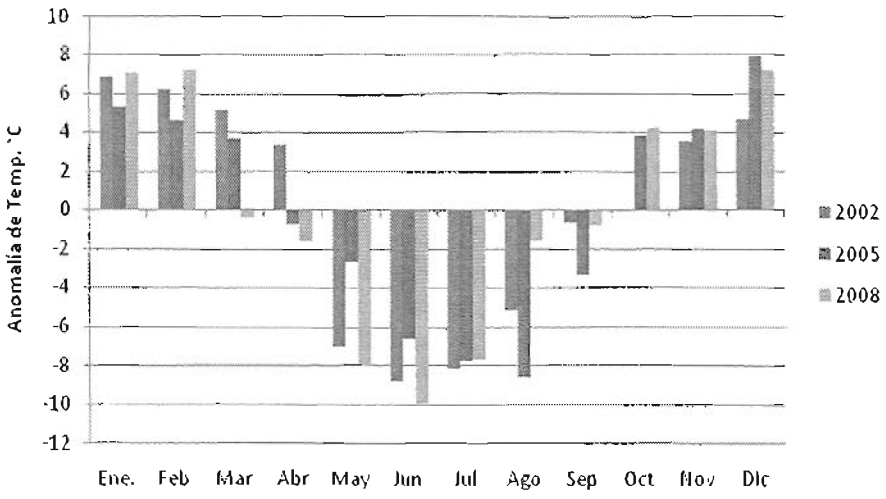
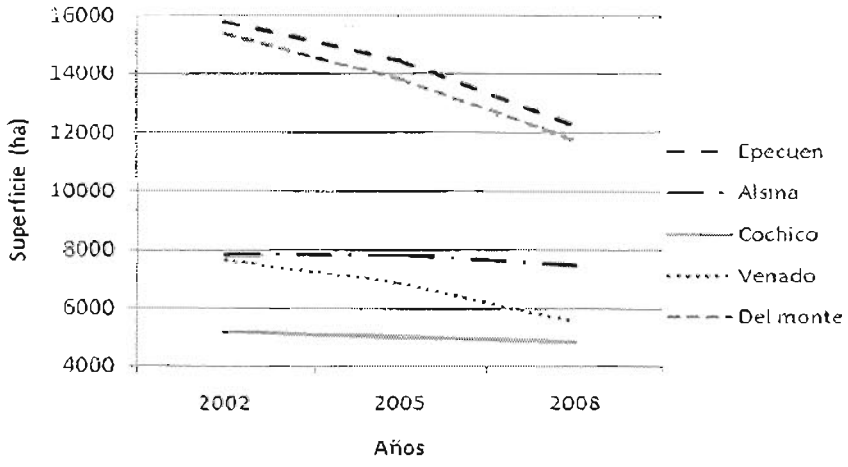



Figura 6. Anomalía de temperaturas para la estación Carhué (periodo 2002-2008).




Figuira 7. Superficie de las lagunas Las Encadenadas del Oeste en el periodo 2002-2008.

La temperatura media anual de la cuenca es de 15.2°C caracterizando al clima como templado. El mes más caluroso es enero con temperatura media de 24°C y el mes más frío julio (7°C) con una amplitud térmica entre ambos meses de 17°C. El periodo de ocurrencia de heladas es 220 días con temperatura mínima absoluta media anual de -6.2°C.

Las anomalías de temperatura presentaron a partir del año 2002 valores por encima de la media (Figura 6). Los años 2005 y 2006 se caracterizaron por invier-



nos muy fríos y veranos muy cálidos alcanzando anomalías hasta 8 grados por encima de la media. Dicha situación con altas temperaturas determinó que las anomalías de precipitación positivas no alcanzaran a cubrir las necesidades de agua.

Se destaca que tanto la primavera como el verano en el año 2006 se adelantaron con respecto a años anteriores. En el año 2004 y 2005 la temperatura alcanzó los 30°C en octubre; en el año 2006 la temperatura alcanzó los 30°C en septiembre, registrándose en el mes de agosto temperaturas de 28°C. El mes de julio también registra una diferencia con respecto a los años anteriores, en que la temperatura no supera los 20°C en los años 2004 y 2005.

Los periodos húmedos que han tenido grandes anomalías de precipitación determinaron la colmatación de los reservorios, un ascenso de los niveles freáticos a alturas muy próximas a superficie, una saturación de los perfiles edáficos y un volumen de escurrimiento superficial totalmente anómalo para un sistema caracterizado por predominancia de movimientos hídricos verticales. Así en el año 2002 las lagunas desbordaron y generaron anegamientos importantes en la región (Figura 7).

Sin embargo, como consecuencia de la significativa sequía de los últimos años, las lagunas de la región experimentaron una considerable disminución de su superficie bajo agua. Si bien todas las lagunas del sistema experimentan este proceso, las del Oeste, donde las anomalías de precipitación son más extremas, el proceso es más pronunciado. Así cada laguna tiene un comportamiento diferente. La laguna Epecuén registró una disminución en su superficie del 2002 al 2008 de 2,234ha, Del Monte 2,084ha, Venado 1,305, Cochicó 144 y Alsina 337ha (Figura 7). Con los datos obtenidos podemos afirmar que con anomalías de 200mm por debajo del promedio anual laguna Epecuén se reduce en 444ha por año, Del Monte 515ha, Venado 278ha, Cochicó 71ha y Alsina 18ha por año.

Lo expresado hasta acá demuestra que los eventos de excesos hídricos, no se dan espaciados e intercalados con otros de deficiencias hídricas que ayuden a mantener el equilibrio del sistema, sino que se presentan en años persistentes con valores de lluvia por encima de la capacidad de evapotranspiración del sistema. Le siguen años con lluvias normales o inferiores; para recomenzar con nuevos ciclos de excesos, cuyos máximos pueden alcanzar valores superiores a los registrados en periodos de excesos precedentes.

## Conclusiones

La cuenca Las Encadenadas del Oeste está localizada en la faja zonal de los climas templados. La temperatura media anual de la cuenca es de 15.2°C caracterizando al clima como templado. Las precipitaciones presentan variaciones a lo largo de la cuenca. En todos los casos las lluvias alcanzan valores extremos de escasas precipitaciones, característica de ambientes áridos o semiáridos, a valores muy por encima

del promedio anual similares a regiones extremadamente húmedas. La precipitación media de la cuenca, considerando los últimos treinta y seis años, es de 730mm. La mayor precipitación ponderada corresponde al sector Alsina y la menor en el sector de la laguna Epecuén. Esta diferenciación en las lluvias caídas determina que las lagunas ubicadas en el Oeste, Epecuén, Venado y Del Monte sean las que registran las mayores variaciones en su superficie. La variación de la superficie de los cuerpos de agua es función principalmente, de los montos precipitados *in situ* y de la capacidad de contención de cada laguna antes de su rebalse. Como lagunas de llanura, se puede afirmar que las mismas son altamente dependientes de las precipitaciones presentando periodos de alta reducción de su superficie bajo agua hasta condiciones de desborde que implica la inundación de espacios aledaños a las mismas.

## Bibliografía


Asborno, M. y Pardi, M., "Variación climática de las lluvias registradas en Los Hornos. La Agrometeorología y el Desarrollo Local", *Agrometeorología*, 1a. Edición, Universidad Nacional de La Plata, pp. 13-14, Buenos Aires, Ed. FAUBA, 2006.

Bruniard, E., *Los Regímenes Hídricos de las formaciones vegetales*, Universidad Nacional del Nordeste, 381 pp., Corrientes. Editorial Universitaria, 1999.

Campos, A., Steffens, A.C. y Diez, P.G., "Condiciones climáticas en el Suroeste de la llanura pampeana", Congreso Nacional de Geografía, 61 Semana de la Geografía, *Contribuciones Científicas*, pp. 69-75. Mar del Plata, Ed. Baraga, 2000.

Canziani, O., Forte Lay, J. y Troha, A., "Estacionalidad de las precipitaciones en el territorio continental argentino", *Geoacta*, 19:21-36, Ed. Sapienza, 1992.

Capelli, A. y Campo, A., "La transición climática en el sudoeste bonaerense", *SIGEO* núm. 5, Universidad Nacional del Sur, pp. 68-78, Bahía Blanca, UNS, 1994.

Carbone, E., "Hidrografía del Arroyo Claromecó", tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur, pp. 171, Bahía Blanca, Ed. UNS, 2003.

Chov, V.T.; Maidment D.R. y Mays L.W., *Hidrología Aplicada*, pp. 557, Colombia, Ed. Mc. Graw-Hill Interamericana Santa Fe de Bogotá, 1994.

Deschamps, J.R.; Otero O.; Tonni E.P., "Cambio climático en la pampa bonaerense: las precipitaciones desde los siglos XVIII al XX", Documento de Trabajo núm. 109, universidad de Belgrano, 2003, http://www.ub.edu.ar/investigaciones/dt_nuevos/109 deschamps.pdf

Díaz, R. y Masiero, B., "Las lluvias en Marcos Juárez. I. Régimen Pluviométrico 1948/1977", Publicación Técnica, *Serie Suelo y Agroclimatología*, 1:1-23, Marcos Juárez, Ed. Omega, 1988.





Galeano, G. y Belingheri, L., "Las precipitaciones en la Estación Experimental Agropecuaria Misiones. Periodo 1936-1975", *Informe Técnico*, 21:1-36, Cerro Azul, 1976.

Glave A., "Influencia climática en el sudoeste Bonaerense y sudeste de la Pampa", Acaecer, 31(360):18-23, http://www.produccion-animal.com.ar/, 2006.

Hajek, E.R. y Castri, F., *Bioclimatografía de Chile*, Dirección de Investigación Vicerectoría Académica Universidad Católica de Chile, pp. 225, Santiago, Ed. DICTUC, 1975.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), *Atlas del Suelo de la República Argentina*, tomo I, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, pp. 525, Buenos Aires, 1994

———, *Informe Agropecuario Mensual RIAP*, EEA, Bordenave, año 1, núm. 11, www.inta.gov.ar/bordenave/actividad/comunica/RIAP/riapenero07, 2007.

Prohaska F., "Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15°S hasta Antártida)", *Meteoros*, II:66-100, SMN, 1952.

Ravelo, A.; Irastorza, R., y Zanvetor, R., *Zonificación de la región pampeana Argentina según tendencias de series pluviométricas (1931-2000)*", RADA, 2005.

Servicio Meteorológico Nacional, *Boletín de Tendencias climáticas en Argentina*, www.smn.gov.ar/mo=clima, 2007.

Sheng T., "Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: Estudio y planificación de cuencas hidrográficas", pp. 185, Roma, Italia, Guía FAO, *Conservación* 13/6, 1992.

Vergara, G., Casagrande, G. y Arnaiz, J., "Caracterización agroclimática de las sequías (1970/2005) en tres localidades de la provincia de La Pampa, Argentina", *Agronomía Tropical*, Ed. Limusa, vol. 58(01):77-80, 2008.