

CARACTERIZACION CLIMATICA DE LA ALTA CUENCA DEL RIO NEUQUEN, ANDES PATAGONICOS

*por Griselda Ostertag y
Miriam Cuello**

En el desarrollo del presente documento se analizan las principales variables meteorológicas, **temperatura y precipitación**, que caracterizan y definen el clima de la Cordillera de los Andes en la Patagonia, provincia de Neuquén, particularmente en el área que ocupa la alta cuenca del río Neuquén. En esta etapa, de tipo descriptiva, el análisis estadístico refleja la situación de la climatología regional en el nivel medio histórico mediante la evaluación del comportamiento de las variables mencionadas durante los últimos 25 años.

En este período se han registrado eventos extremadamente húmedos como así también situaciones de sequía. El objetivo es realizar una evaluación climática a partir de la información “in situ” de estaciones meteorológicas, información satelital y análisis estadístico para definir a posteriori, en cuál clasificación climática puede encuadrarse la zona de estudio, qué tipos climáticos pueden definirse en función de la bibliografía existente al respecto, y evaluar el grado de ajuste que presentan los climas determinados con los demás componentes del paisaje tales como vegetación y suelos.

Para tal fin se realiza el análisis y evaluación estadística de las variables meteorológicas que definen y caracterizan la región de la alta cuenca del río Neuquén, simultáneamente con el seguimiento del comportamiento actual de las variables y su repercusión sobre la cuenca hídrica con el correspondiente impacto en los derrames de los ríos, apoyándose esta tarea en el monitoreo diario de información satelital, modelos atmosféricos en todos los niveles de la atmósfera, imágenes satelitales de Sudamérica y Argentina realizando, de esta manera, el análisis permanente de la **circulación atmosférica** sobre la región. En forma paralela se lleva a cabo el estudio de clasificaciones climáticas, publicadas y reconocidas en el ámbito geográfico a efectos de obtener un marco específico y orientador dentro de la temática, para luego realizar los ajustes acordes a la escala zonal, la cual exige mayor nivel de detalle y consideración de todas las variables del sistema natural.

* Las autoras son docentes del Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Comahue, Av. Argentina 1400, Neuquén.

Ubicación del área de estudio

El río Neuquén es tributario por el noroeste de la cuenca del río Negro. Nace en el norte de la provincia de Neuquén y recorre una distancia de 540 Km desde sus nacientes hasta la confluencia con el río Limay. Posee un régimen irregular de tipo fluvio-nival, con un caudal medio de 300m³/seg que muestra oscilaciones muy dispares según se trate de años secos o húmedos. Su hidrograma anual presenta dos picos de crecientes a lo largo del **ciclo hidrológico**: uno por precipitaciones invernales de mayor intensidad en el mes de junio y, otro, por la fusión de la nieve en los meses de octubre a noviembre.

La zona de la alta cuenca del río Neuquén se ubica en la llamada Cordillera Principal: ésta ingresa a Neuquén desde la provincia de Mendoza, a través de la sierra Cochico de 3500 m.s.n.m. (36° L.S) y se prolonga hacia el sur por la Cordillera del Viento, alcanzando su máxima altura en el macizo del Domuyo de 4709 m.s.n.m. Constituye un encadenamiento continuo de sedimentos mesozoicos, plegados en el terciario, en combinación con erupciones volcánicas andinas, de las que quedan basaltos eruptivos incorporados al paisaje. Debido a sus máximas alturas constituye una barrera que no permite el ingreso de vientos húmedos desde el océano Pacífico.

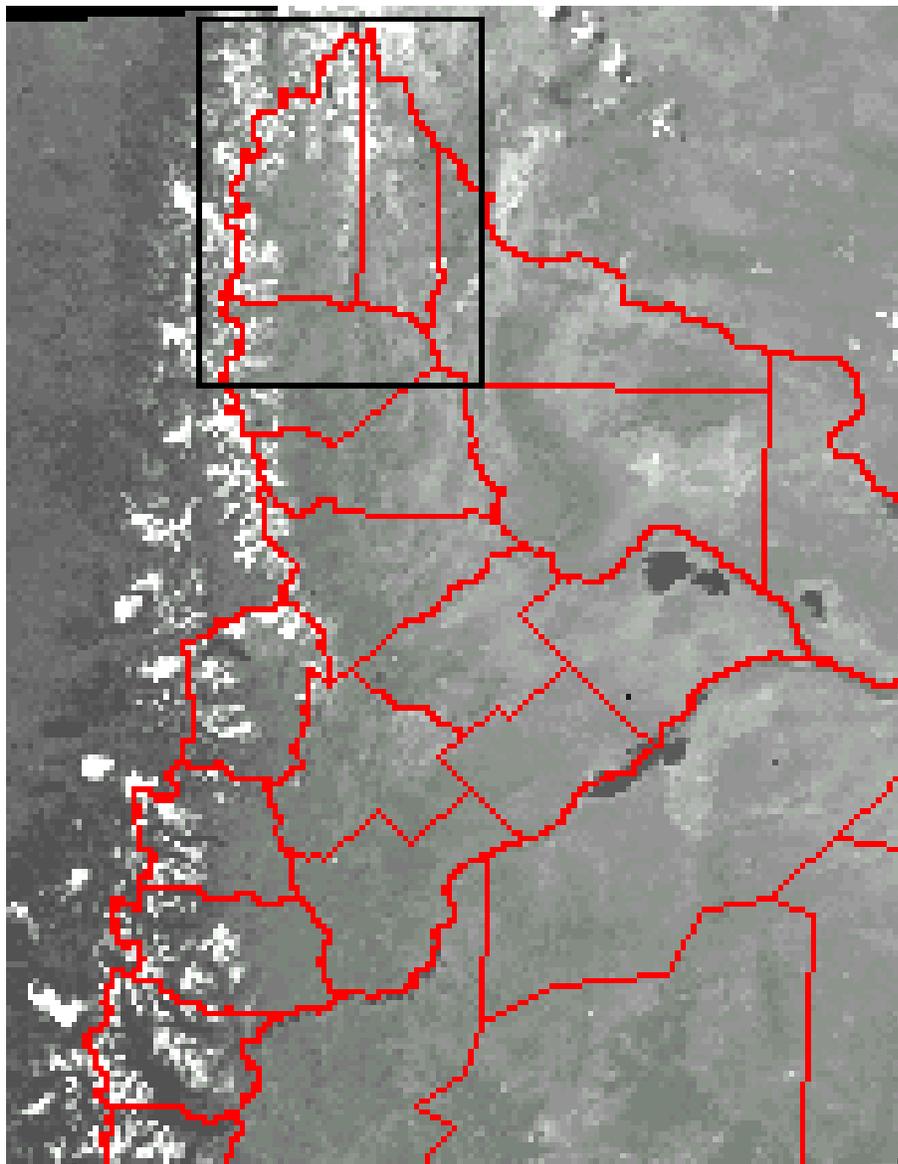
Los cordones se hallan dispuestos en forma longitudinal, separados por valles longitudinales. En el oeste, la cordillera se encuentra fragmentada por valles transversales. Algunos de estos valles actúan como pasos cordilleranos, aunque con mayor altura que aquellos que se encuentran hacia el sur. Esta franja cordillerana finaliza a la altura de Pino Hachado. A partir de aquí, hacia el sur, se encuentran los Andes Patagónicos o Cordillera Patagónica.

En la Cordillera del Viento, el macizo del Domuyo actúa como centro dispersor de agua, presentando una red radial divergente. Al oeste del mismo encontramos a la cuenca del río Varvarco dirigiéndose al sur por el Este del Domuyo. También con dirección sur, la cuenca del río Curileuvú drena las tierras ubicadas entre la Cordillera del Viento y el macizo del volcán Tromen. Ambas se integran a la cuenca principal del río Neuquén, con dirección sur-este.

En el comienzo de la cuenca del **río Varvarco** se ubica el cajón de Los Chenques, emisario de las lagunas Varvarco Campos y Varvarco Tapia. Hacia el sur, en su margen derecha, recibe los siguientes afluentes: Lileo, Riñileuvu y Trocomán.

El desarrollo de los suelos está influido por pendientes muy pronunciadas. La presencia de humedad en quebradas y cañadones se visualiza en el desarrollo de bosques de ñire, lenga, radal y maitén con escasa representación en la escala regional. En el resto del área predomina la estepa xerófila de stipa sp. y festuca principalmente. La fusión de nieve en primavera permite la aparición de las gramíneas, base forrajera de la veranada. La línea permanente de nieve se ubica a los 3000 metros de altura aproximadamente.

Area piloto de estudio
(Proyecto de recuperación de tierras en laderas de montaña H-068)
Imagen Satelital Noaa 12, noroeste de Neuquén



Al este del volcán Domuyo, nace la subcuenca del **río Curileuvú**. En esta cuenca, dadas sus condiciones xerofíticas predomina la estepa arbustivo graminosa – neneo, mamuel choique, mata negra y coirones. No obstante, en los lugares de drenaje lento se forman mallines, que constituyen la principal base de alimentación de la ganadería extensiva practicada en la zona. Los suelos tienen poca diferenciación de horizontes, son de baja fertilidad, con poca retención de humedad y erosionables. En este sector oriental de la Cordillera del Viento, la línea permanente de nieve se encuentra a los 2000 metros de altura.

Los niveles freáticos no tiene continuidad debido a que las sedimentitas falladas y plegadas del mesozoico no permiten el desarrollo de un acuífero continuo. El agua de lluvia se infiltra entonces en las grietas de la roca y da origen a vertientes en los bordes de las coladas basálticas.

Características climáticas de la Patagonia

Como es sabido, el complejo mecanismo de la circulación general atmosférica es, básicamente, generado por el diferente calentamiento de las zonas ecuatoriales y polares. Este principio básico es la base del sostenimiento del clima mundial y define, en gran medida, la distribución de la vida humana en la tierra.

Existen dos mecanismos en la atmósfera que transfieren calor desde las bajas a las altas latitudes. Son las **ondas o perturbaciones horizontales** y las **circulaciones meridionales**. En latitudes medias, como es el caso del río Neuquén, cuyo territorio está ubicado entre 38° y 36° de Latitud Sur, la mayor parte de transferencia la efectúan las perturbaciones sinópticas, altas y bajas presiones y frentes, asociados directamente a las ondas horizontales en altura.

Esta situación atmosférica, juntamente con la presencia orográfica de la Cordillera de los Andes, define un gradiente oeste-este de variación de las precipitaciones, lo que implica grandes diferencias en los registros pluviales en pocos kilómetros de recorrido. Coincidentemente, existe un gradiente térmico diferenciado en relación a las distintas altitudes, desde los 3000 m.s.n.m. en alta cordillera, que sigue en las formaciones antecordilleranas, en la meseta patagónica y en la costa atlántica.

El desplazamiento hacia el norte del **anticiclón del pacífico** en época invernal (debe recordarse que el desplazamiento del sol hacia el norte implica un proceso de absorción de masas de aire -vientos en superficie- por el mayor calentamiento intertropical y enfriamiento del océano Pacífico Sur) define el ingreso de masas de aire húmedo y frío en la región patagónica, provenientes del océano Pacífico. Cuando éstas se encuentran con masas de aire más cálidas sobre continente forman frentes fríos que son los responsables de las características del clima invernal, caracterizado por lluvias y nevadas persistentes desde el mes de abril hasta octubre.

Las lluvias características en esta región son provocadas por sistemas frontales durante los meses de invierno. Las **precipitaciones frontales** se originan en los

sistemas de baja presión que ingresan desde el océano Pacífico, los que se producen con mayor frecuencia desde el sudoeste hacia el noreste, provocando fuertes vientos de dirección noroeste, oeste y sudoeste, acompañados de lluvias de intensidad y nevadas. Cuando el frente es importante el área de influencia de las precipitaciones afecta las altas cumbres con lluvias significativas en la región precordillerana. Estas situaciones pueden tener varios días de desarrollo y se caracterizan por un alto grado de previsibilidad y porque cubren importantes áreas.

En forma menos frecuente, también en meses de invierno, se produce el ingreso de masas de aire frío polar, que afecta la Patagonia con vientos del sur y sudeste. Esta situación, asociada a bajas presiones y formación de frentes, provoca lluvias y nevadas de importancia sobre toda la región. Cuando el ingreso del aire frío y húmedo es dominante desde el océano Atlántico, provoca precipitaciones tanto líquidas como sólidas sobre las costas y en la meseta patagónica, las que condicionan gran parte de la población en ella habita.

En la imagen satelital se observa una situación meteorológica característica en la Patagonia: el ingreso de un frente frío desde el océano Pacífico. Este provoca abundantes lluvias en la cordillera con el posterior ingreso de aire frío y nevadas en alta montaña.

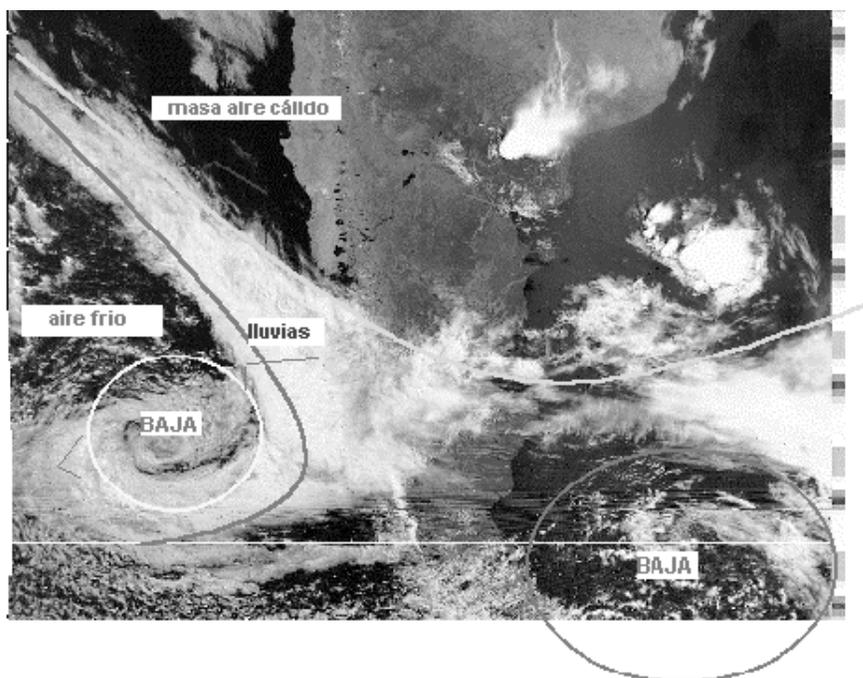


IMAGEN SATELITAL NOAA 14 VISIBLE 24 DICIEMBRE 1994

Desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo, el descenso latitudinal del anticiclón sobre el Pacífico no permite el flujo continuo de masas de aire húmedo desde el Oeste. Por lo tanto existe una notable variación climática, con veranos secos y más cálidos. Es mucho más frecuente, en esta época, el ingreso de aire cálido subtropical del norte del país, con vientos predominantes del noroeste, norte y noreste. Las pocas precipitaciones registradas son de tipo convectivo y algunas muy aisladas, y poco frecuentes, por el ingreso de frentes provenientes del Oeste.

Las tormentas de masas de aire o tormentas de verano convectivas consisten en varias nubes cumulonimbus acompañadas de cúmulus potentes o altos cúmulus, las que provocan relámpagos y truenos, con chaparrones que cambian bruscamente de intensidad. A veces se hacen presentes los eventos con granizo, el que acompaña a chaparrones intensos, acompañados de notables ráfagas de viento y un descenso temporal de la temperatura.

Análisis de variables meteorológicas

En las series de datos de precipitación analizadas en el gráfico N° 1, se observa claramente un gradiente de precipitaciones que va decreciendo desde el Oeste hacia el Este, con valores medios de precipitaciones líquidas y sólidas que van desde los 2500 milímetros anuales hasta los 250 en el norte de la provincia de Neuquén. Se debe destacar que estos valores son tomados de series medias de 30 años de mediciones en algunos casos. Se han observado, también, registros superiores en años de extrema humedad en alta cordillera y valores mínimos en años de sequía.

Gráfico N° 1: Precipitación media anual en mm.

Fuente: elaboración propia con datos de estaciones meteorológicas de la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas.

Con respecto al comportamiento anual de las precipitaciones es posible visualizar, en el Gráfico N° 2, una marcada acumulación pluvial en el período invernal que transcurre desde abril hasta octubre, meses en los que se concentra el 80% de las lluvias aproximadamente. Las máximas precipitaciones se registran en los meses de mayo, junio y julio.

Para destacar el comportamiento latitudinal de las precipitaciones, se ha tomado como referencia, hacia el Sur del área de estudio, la estación villa La Angostura. Es posible observar, en el gráfico, el aumento de las precipitaciones a medida que los registros se ubican hacia el sur. Como puede observarse, los registros reflejan mayores precipitaciones en la estación meteorológica de villa La Angostura, ubicada a los 41° de latitud sur, en contraposición a la estación Los Carrizos ubicada a los 37° de latitud Sur.

Gráfico N° 2: Evolución media anual de las lluvias

Fuente: elaboración propia con datos de estaciones meteorológicas de la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas

Con respecto al comportamiento de las temperaturas, las mismas reflejan el ingreso de aire cálido tropical o subtropical, en el Norte de Neuquén, entre los 38° y 36° de latitud sur. En los meses de verano, con máximas medias que se ubican levemente por debajo de los 30°C, es posible observar mediante el análisis de las series de datos máximas que las mismas superan frecuentemente los 30°C durante los meses de enero y febrero.

En los meses de invierno las temperaturas máximas medias en la misma región se ubican entre los 8 y 12 °C, hecho que define una marcada amplitud térmica estacional de más de 15°C. En los meses de invierno las temperaturas mínimas medias se ubican por debajo de los 0°C, lo que significa temperaturas mínimas absolutas muy inferiores a dicho valores, en algunos casos entre -10 y -15°C, especialmente en los

meses de mayo, junio y julio. En el verano las temperaturas mínimas medias oscilan entre los 4° y 8°C.

**Gráfico N° 3: Evolución media anual
de las temperaturas máximas, medias y mínimas**

Fuente: elaboración propia con datos de estaciones meteorológicas de la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas

Antecedentes Climáticos

En los mapas realizados por **Juan Jacinto Burgos**, en los cuales aplica la metodología del **C.W. Thornthwaite**, se puede identificar una de las zonas con excesos hídricos notables de 50 a 500 mm anuales del país, ubicado en la región cordillerana patagónica (aunque de poca extensión con relación a la extensión total de la Patagonia). Ello se refleja en la vegetación, ya que esa zona incluye a la formación de la foresta valdiviana. Contradictoriamente, que en la misma zona existe un período de déficit de agua que no se satisface durante el semestre cálido -verano-, ni por la precipitación ni por el agua almacenada en el suelo; se produce así un período no muy largo de deficiencia de agua.

Con respecto a las regiones hídricas obtenidas por el autor mencionado, en el noroeste de la provincia de Neuquén desde el Paralelo 36° al 38° de latitud sur, el valor del índice hídrico es negativo entre 0 y -20 lo que indica un clima subhúmedo seco (C1). El resto de la cordillera patagónica ha sido clasificado con valores positivos,

variando dicho índice de 0 a 100, con un marcado gradiente Oeste-Este. Así la clasificación establecida es la siguiente:

- subhúmedo húmedo (C2)
- húmedo (B) y
- perhúmedo (A),

los que caracterizan a las altas cumbres al sudoeste de la provincia de Neuquén, oeste de Río Negro y noroeste de Chubut.

De acuerdo a esta clasificación los índices hídricos positivos descienden rápidamente a valores negativos desde el oeste hacia el este con el descenso del relieve terrestre. Los climas húmedos de la Patagonia son considerados dentro de las características de **'nula o pequeña deficiencia de agua'**, en la porción más próxima a Chile. En la región subhúmedo-húmeda de este sector, se encuentran localidades con deficiencia moderada de agua en verano, mientras que hacia el Este existe una gran deficiencia de agua en verano. Tal es el caso de la localidad de Esquel.

El sistema de análisis climático de Koppen adaptado por Stralher está basado en la situación de los manantiales de masas de aire, en la naturaleza y en el movimiento de éstas a través de los frentes y de las borrascas ciclónicas.

Otro autor, en este caso **E. Bruniard** establece para el mapa climático los límites derivados del factor humedad, los que impone el factor térmico y los que impone el ritmo estacional. Ambos autores, aún utilizando distintos tratamientos, tienen en cuenta las características de precipitación y temperatura, siempre con límites ajustados a la distribución de la vegetación. Es propicio aclarar que se hace referencia aquí a una clasificación climática válida para el nivel Planetario, por lo que el análisis no considera las características regionales y locales, propias de un estudio más exhaustivo a escala más detallada en las que las condiciones locales influyen a los efectos de un análisis más meticuloso.

Los climas definidos de Oeste a Este para los autores mencionados son:

Cfb – clima templado lluvioso- (Koppen) y

Tfma – templado frío marítimo – (Bruniard).

En las costas occidentales de barlovento, correspondientes a latitudes medias, se producen fuertes tempestades ciclónicas, con masas de aire polar marítimo húmedo. Estas masas aportan mucha nubosidad y una precipitación bien distribuida, pero con un máximo en invierno. Koppen distingue un clima **H**, propio de las alturas, el cual coincide con la cordillera. También distingue un clima **E** en mínimas superficies de la zona más austral, al que denomina polar, en el que la temperatura del mes más caluroso no supera los 10°C.

A modo de conclusión

La alta cuenca del río Neuquén tiene sobre su nacimiento, al Oeste, la barrera orográfica de mayor desarrollo altitudinal de la provincia de Neuquén, lo que provoca

una marcada diferencia en el volumen de precipitación que descargan los frentes sobre ella. El comportamiento pluvionival de la alta cuenca del río Neuquén se identifica más con el de la cordillera mendocina, similar al de la alta cuenca del río Colorado. En contraste, hacia áreas de mayor latitud (por ejemplo, la cuenca del río Agrio, tributario del río Neuquén) se puede considerar que tiene ciertas semejanzas, por la mayor oferta de agua pluvial, al comportamiento de las nacientes del río Collon Cura, tributario del río Limay.

Las lluvias sobre la cuenca del río Neuquén en la Cordillera de los Andes, son provocadas por **sistemas frontales que ingresan desde el océano Pacífico oeste o sudoeste, especialmente durante los meses de invierno**. Desde noviembre hasta marzo se destaca en la región la escasez de precipitaciones, con veranos secos y cálidos. Por lo tanto, el caudal del río Neuquén tiene relación directa con las lluvias y nevadas ocurridas en la alta montaña durante el invierno. **Las precipitaciones que ocurren desde las áreas antecordilleranas hacia el Este no definen, entonces, el comportamiento hidrológico del río Neuquén**. Su período invernal es en consecuencia, frío y húmedo.

Si se toman los derrames invernales (abril-agosto) de los ríos cordilleranos, desde el año 1975 hasta la actualidad, se percibe la existencia de una alternancia de períodos húmedos y secos en lo que respecta al comportamiento climático de la región cordillerana, la que siempre mantiene las características generales consignadas en el desarrollo del presente trabajo.

Dentro de los ciclos húmedos se destacan en la década del 80, los años 1980, 1981 y 1982 que clasifican como extrahúmedos o húmedos en la correspondiente serie estadística histórica. Cabe destacar que hasta el invierno del presente año 2002, la máxima acumulación (observar gráfico N° 4) fue la de año 1982. Luego continúa un ciclo seco con un extremo mínimo en el año 1989, y comienza a revertirse esta situación en el año 1991 con un año de máxima humedad en el año 1993.

A partir de 1995 comienza un ciclo seco. En él se destacan los años 1996 y 1998 como los más secos de los últimos 100 años. El año 1997, alterna en esta situación de sequía planteada por el 96 y 98 con una mayor humedad. Se debe destacar para ese año, la ocurrencia de un fenómeno del Niño con importante calentamiento de las aguas del Pacífico durante 1997.

A partir del 2000 nuevamente se ingresó, *aparentemente*, en un ciclo húmedo que hasta el 2002 se mantiene con valores de humedad extrema. El análisis de las variables y su repercusión sobre la cuenca hídrica, con el correspondiente impacto en los derrames de los ríos, constituye la etapa pendiente de esta investigación que prosigue con el apoyo del monitoreo diario de información correspondiente a las variables meteorológicas, con modelos atmosféricos de todos los niveles de la atmósfera e imágenes satelitales de Sudamérica y Argentina.

Gráfico N° 4: Precipitaciones de la última década sobre la estación Cuyín Manzano (representativa de la alta cuenca del río Neuquén)

Bibliografía

- AIC – Autoridad interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (2004): **Informe hidrometeorológico**, Enero 2004, Cipolletti.
- BATTAN, L. (1976): **El tiempo atmosférico**, Ediciones Omega S. A., Barcelona.
- BRUNIARD, E. (1984): *La diagonal árida argentina: un límite climático real*, **Boletín de estudios geográficos** N° 95, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- BURGOS, J. J. y VIDAL, A. (1951): *Los climas de la República Argentina, según la nueva clasificación climática de Thornthwaite*, en **Revista Meteoros**, Año I, N° 1, pp 3 a 32, Buenos Aires.
- BURGOS, J.J. (1963): *El clima en las regiones áridas de la República Argentina*, en **Revista de investigaciones agrícolas**, T. XVII, N° 4, INTA, Buenos Aires.
- PETTERSEN, Sverre (1962): **Introducción a la meteorología**, Espasa-Calpe, Madrid.
- FERRERAS, C. y FIDALGO, C. (2000): *Biogeografía y edafografía*, Capítulo 6 de **Espacios y Sociedades**, Editorial Síntesis, Buenos Aires.
- FERUGLIO, Egidio (1949/50): **Descripción Geológica de la Patagonia**, Tomos I, II y III, Dirección general de yacimientos Petrolíferos Fiscales, Buenos Aires.
- FIDALGO, F. y RABASSA, J. (1984): *Depósitos cuaternarios*, en **Geología y recursos naturales de la provincia de Río Negro**, del Relatorio del IX Congreso geológico argentino, editado por Víctor Ramos, Buenos Aires.
- SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL (1961/70), **Planillas de estaciones meteorológicas** de localidades de la provincia de Neuquén, Buenos Aires.
- STRAHLER, A. (1981): **Geografía Física**, Ediciones Omega S. A., Barcelona.
- BERCOVICH, P. e IRISARRI, L. (1998), *Geografía física*, en **El gran libro de la provincia de Neuquén**, Alfa Centro Editor, Tomo I, Buenos Aires.
- TAMBUSSI, A. (2001), *Flora y fauna*, en **El gran libro de la provincia de Neuquén**, Alfa Centro Editor, Tomo I, Buenos Aires.