

APLICACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE RÉGIMENES FLUVIALES AL ANÁLISIS DE TENDENCIAS HIDROCLIMÁTICAS EN RÍOS NIVALES

Marcelo E. Lascano y Ricardo Villalba

IANIGLA - CONICET

Instituto Argentino de Nivología y Glaciología

Av. Ruiz Leal s/n, (5500) Mendoza, Argentina. Tel: (261) 4287029. E-mail:

mlascano@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN

Este estudio evalúa tendencias en la estacionalidad de los ríos andinos en relación al comportamiento de la temperatura durante el siglo XX. Se examinaron los cambios porcentuales en la contribución anual de los derrames mensuales de los ríos San Juan (1909-2002), Mendoza (1909-2000), Atuel (1906-2002), Colorado (1940-01 y 1918-89), Neuquén (1903-2002 y 1953-02), Limay (1903-2003), Futaleufú (1948-2003), Chubut (1943-03), Senguerr (1949-03 con interrupciones), Mayo (1947-03) y Santa Cruz (1955-2002). En los Andes Centrales se observaron tendencias positivas (o crecientes) en la contribución mensual de los derrames para los meses de invierno y primavera. Las más importantes se registraron para octubre en el río San Juan, noviembre en el Mendoza y noviembre ($p<0.01$) y diciembre ($p<0.05$) en el Atuel. Por el contrario, los meses de verano presentaron tendencias negativas (o decrecientes) en la contribución mensual de los derrames, particularmente en febrero ($p<0.01$) para el San Juan, enero ($p<0.05$) y febrero ($p<0.01$) para el Mendoza, y en el caso del Atuel para el acumulado de enero a marzo ($p<0.01$). Los aumentos en la contribución mensual para los ríos de la cuenca del río negro se registraron en los meses de invierno y comienzos primavera, siendo significativos para el acumulado de junio a agosto ($p<0.01$), y para septiembre ($p<0.01$) en el Neuquén y para el Limay, y septiembre ($p<0.05$) y octubre ($p<0.01$) para el Futaleufú, ya más al sur. Se registraron disminuciones significativas de la contribución mensual para los meses de noviembre a marzo en el Neuquén, de enero a marzo en el Limay y en enero para el Futaleufú, o sea los meses posteriores al pico estival o primaveral. Finalmente, en el río Santa Cruz se registran tendencias positivas desde julio a febrero (enero, $p<0.05$) y negativas desde marzo a junio. La mayoría de estos cambios estuvieron asociados con temperaturas medias más altas en las últimas décadas de siglo XX que actuaron alterando la relación entre precipitación líquida/sólida durante el invierno y/o adelantando la fusión nival en primavera o verano.

Palabras claves: Calentamiento climático, Cambios en los regímenes hídricos, Andes Centrales, Andes Patagónicos.

INTRODUCCIÓN

El escurrimiento originado en la fusión del manto nival de los Andes representa una parte muy significativa del derrame de varios ríos del país. La incidencia de la temperatura en la conformación del régimen de un río ha sido identificada en numerosas ocasiones (Pardé, 1933,1955; De Martonne, 1957; Fuschini Mejía 1983). En una cuenca nival o nivo-pluvial, un cambio estructural de régimen térmico determinará un cambio igualmente sustantivo en el régimen fluvial asociado. El aumento de las temperaturas medias puede ser responsable de cambios en la distribución estacional del derrame de numerosos ríos. Sobre el oeste y el sur del país la mayoría de los asentamientos y sus respectivas economías dependen de los ríos que nacen en la Cordillera. Por lo tanto el monitoreo de los regímenes fluviales de alimentación sólida, que incluye la nival, y sus posibles respuestas a cambios estructurales del clima son particularmente importantes para la planificación económica y el ordenamiento del territorio.

La franja latitudinal en la que se posiciona el territorio del país genera la existencia de un dominio nival ordinario, que hacia el oeste se proyecta mas allá de las latitudes medias a lo largo de la cordillera de los Andes (Bruniard, 1986; Snaider 1998). La mayor parte del dominio, incluyendo el sector antártico, corresponde a precipitaciones escasas. Sólo en el ámbito cordillerano los montos alcanzan valores hidrológicamente relevantes. En las planicies y zonas de mesetas un desplazamiento hacia el sur del patrón de isotermas se asociará a un movimiento equivalente del dominio nival ordinario. En cambio, en la cordillera un aumento de los valores medios de temperatura deberá comprenderse sobre todo como un desplazamiento vertical de la estratificación térmica. El ciclo anual de fluctuaciones verticales estacionales de la temperatura interviene de forma decisiva en la conformación de los regímenes fluviales cordilleranos desde el río Jáchal hasta la Tierra del Fuego.

El principio de clasificación de cuencas activas es la identificación de los 3 primeros picos mensuales. A su vez se estudia la relación con la estacionalidad de los aportes pluviales (Pardé, 1955, Bruniard 1994). La clasificación de regímenes es por lo tanto un sistema basado en las altas aguas. En este trabajo agregaremos la consideración de los meses de estiaje. La consideración de la estacionalidad más allá de los volúmenes escurridos se realiza a partir de la participación porcentual de cada mes en la composición del derrame anual. Al final del análisis aludiremos a la relación entre estacionalidad y volumen del derrame.

La caracterización territorial básica de la cuenca activa correspondiente a un punto de registro provee de una cantidad de argumentos explicativos que el análisis de datos por sí mismo no plantea. En numerosos trabajos sobre ríos cordilleranos la eficacia de la utilización de estadísticas distó de ser óptima al no tomar en cuenta el cuadro territorial. De esta forma algunas veces se formularon mal las preguntas y otras se careció de seguridad y exhaustividad a la hora de asignar un valor cualitativo a los resultados numéricos. En este punto puede decirse que el análisis territorial también multiplica las posibilidades de evaluar no sólo extrapolaciones estadísticas (modelos) sino también posibles escenarios del uso del agua en una cuenca determinada. La componente antrópica, que diferencia la evaluación de recursos hídricos de la hidrología, es en definitiva el objeto de todo estudio sobre la existencia del agua sobre la tierra. Por lo tanto la prospección territorial puede realizar importantes aportes en la estimación de impactos y en la concepción de infraestructuras de mitigación

Hacia las últimas décadas del siglo XX los ríos de alimentación nival mostraron un comportamiento diferente en relación a la distribución estacional del derrame como función del comienzo de un ciclo en el régimen térmico. Analizando las contribuciones porcentuales al derrame de cada mes y de las estaciones a lo largo de los períodos aforados pueden reconocerse tendencias de signo independiente pero coherentes considerando una génesis nival del caudal. Este trabajo pretende aportar datos que ayuden a comprender mejor un posible escenario hídrico correspondiente a una estabilización de mayores valores de temperatura pero enriqueciendo el análisis estadístico con el andamiaje conceptual de la clasificación territorial de regímenes fluviales.

Como se mencionara al comienzo, puede considerarse que entre octubre y marzo las precipitaciones del sistema del pacífico se reducen notablemente. El anticiclón

permanente del pacífico sur registra entre septiembre y octubre un desplazamiento más importante al acumulado entre octubre y enero (Minetti y otros, 1982). La independencia del comportamiento del caudal es consecuencia del aporte por fusión de nieve (y glaciaria en algunos casos). A esto nos referiremos como componente nival. Este tipo de alimentación es el más importante a los fines de este trabajo. Por otro lado en algunos casos se reconocen grados de asociación inmediata del caudal a la estacionalidad pluvial, que denominaremos componente pluvial. Existe una tercera componente de alimentación: la glaciaria. Presenta mayores dificultades para su distinción a partir de las solas estadísticas de caudal y no existen mediciones de otro tipo de variables que permitan una consideración más precisa. De todos modos no debe dejarse de tenerla presente.

Aproximación general a los regímenes fluviales de alimentación nival

En el gráfico 1 se muestran el régimen del río Mendoza y las precipitaciones en una estación de referencia en la cuenca activa (Puente del Inca, 2700 m.s.n.m.).

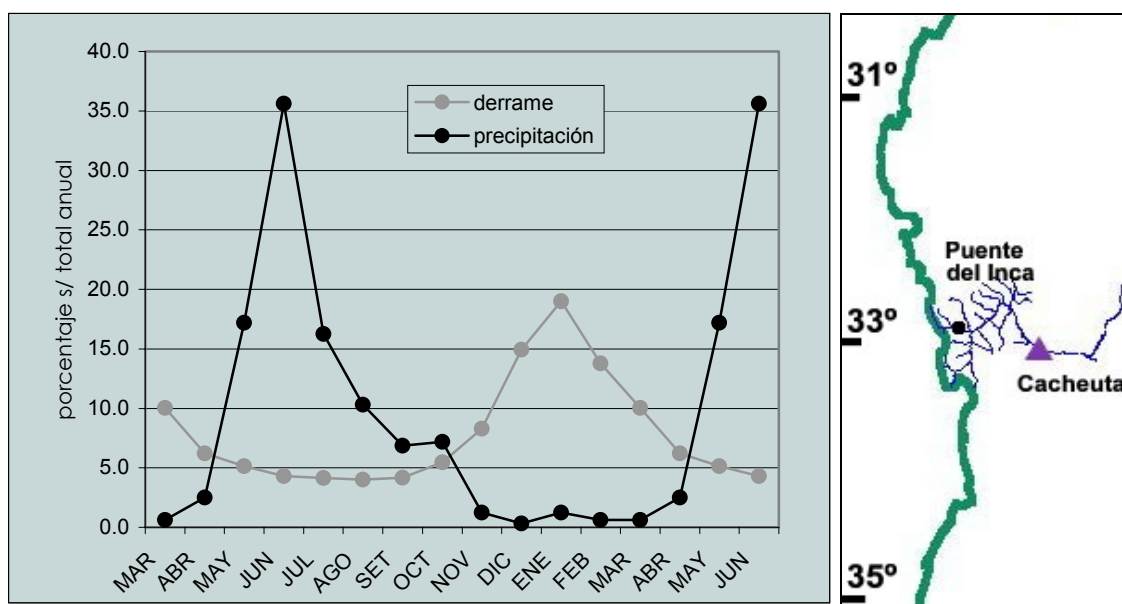


Gráfico 1 : Ondas anuales de precipitación y de derrames en la cuenca activa del río Mendoza ponderados por participación porcentual en el total anual. Las lluvias corresponden al puesto pluviométrico Puente del Inca y los caudales a la estación de aforos Cacheuta.

La onda es simple, con estación de altas aguas y estiaje bien definidos. En este caso la identificación de la componente nival, protagonista en este río, es inmediata. Corresponde a la ocurrencia del principal y único pulso estacional del caudal durante el receso pluviométrico. Este es el patrón básico precipitación-caudal existente en los Andes desde los 28° S hasta los 37°, con un año hidrológico que comienza en julio. El factor determinante en este sector de nueve grados de latitud es la altura media del bloque cordillerano que se mantiene por sobre determinado nivel. A su vez hay una homogeneidad relativa del régimen pluvial mediterráneo que abarca tal tramo cordillerano en su totalidad. Incluso alcanza algunos grados más al sur, hasta el paralelo 40° aproximadamente (Minetti y otros, 1982; Compagnucci y Vargas, 1998). Las ondas anuales registradas en los aforos ubicados al este, ya fuera de la cuenca activa, corresponden a regímenes nivales, cuyo mes de mayor contribución es diciembre, y también a regímenes nivales con una componente glaciaria significativa,

cuyo mes de mayor contribución es enero.

Continuando el recorrido de la cordillera hacia el sur puede distinguirse un segundo grupo de comportamientos fluviales, cuyo año hidrológico comienza en abril. Al sur de los 37° la altura media de la cordillera se reduce repentinamente. A diferencia de las cuencas activas al norte de los 37°, la retención interestacional de las precipitaciones en esta región no es total, sino parcial: una parte escurre inmediatamente o a los pocos días, y otra escurre en forma desfasada durante la primavera y principios del verano. En el gráfico 2 se muestran las marchas anuales de la precipitación y del caudal asociadas en una cuenca al sur de los 37°.

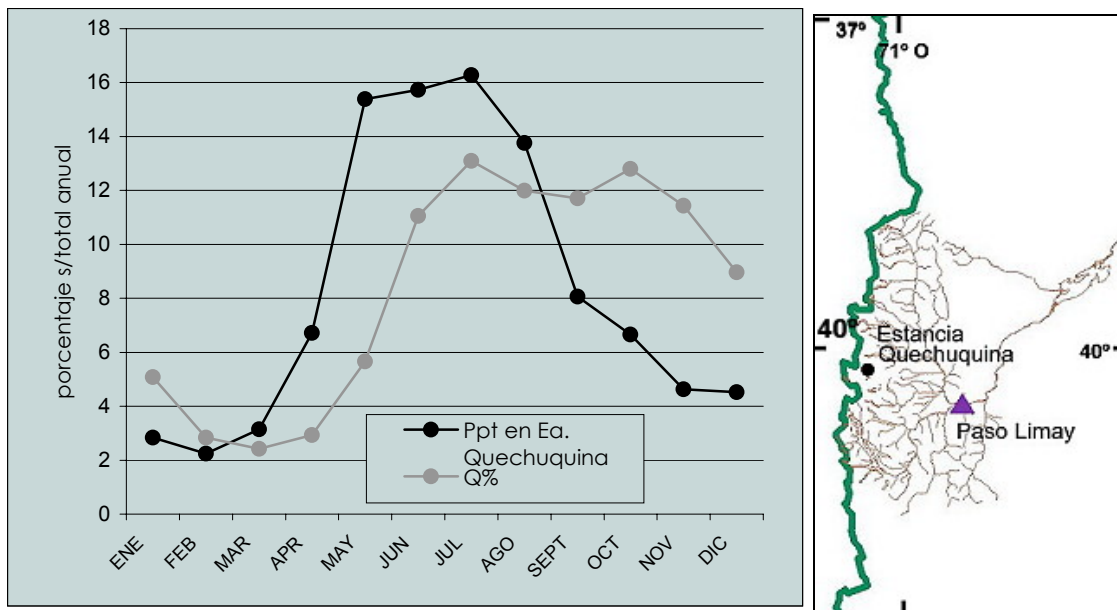
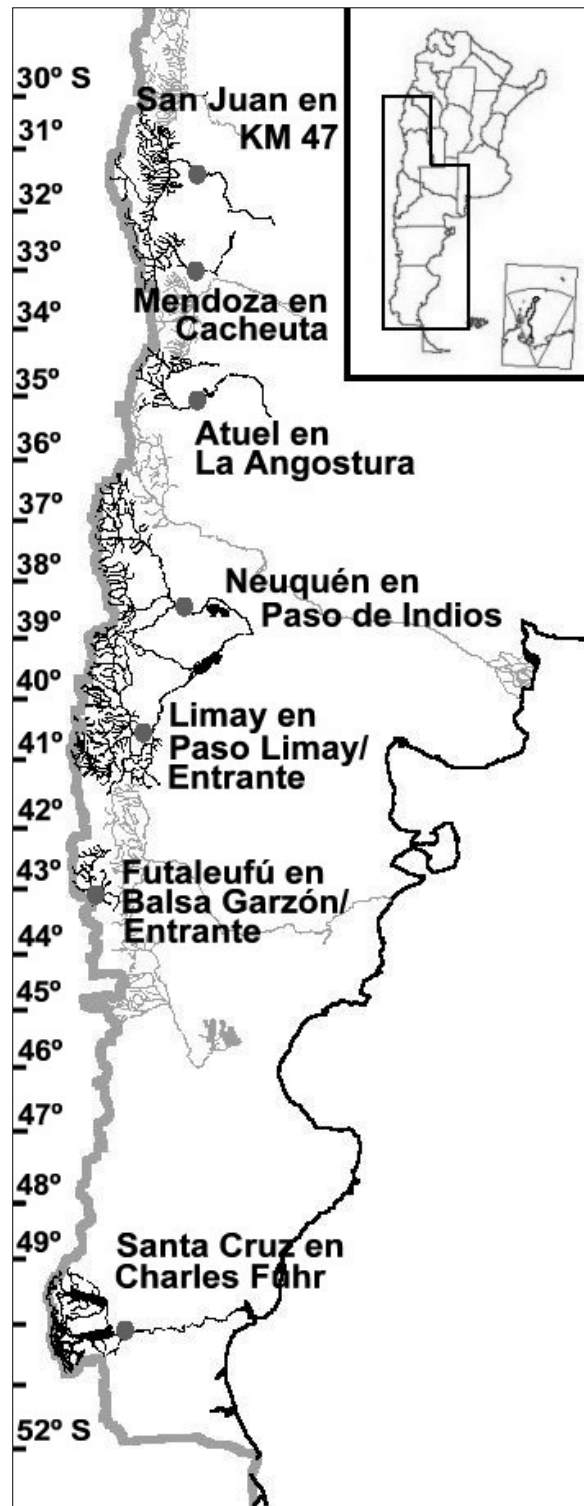


Gráfico 2 : Ondas anuales de precipitación y de escorrentía en la cuenca activa del río Limay ponderados por participación porcentual en el total anual. Las lluvias corresponden al puesto pluviométrico Estancia Quechuquina y los caudales a la estación de aforos Paso Limay y sucesivas sumas del Limay Superior y del Collón-curá.

Para comprender mejor el comportamiento intranual medio de la isoterma de 0 °C se deberá cambiar por un momento la escala territorial de análisis, para situarnos al nivel de una ladera. La estratificación térmica de la cordillera también puede comprenderse como un gradiente oeste-este. De tal forma un ascenso de la isoterma en cuestión es al mismo tiempo un desplazamiento hacia el oeste, y viceversa. Si consideramos la componente horizontal, y no sólo la vertical, de este fenómeno anual, será más fácil entender su relación con la franja de precipitación pacífica. Desde fines de Marzo la isoterma de 0° C comienza a descender, lo cual implica un movimiento hacia el este. La máxima expansión hacia el este no alcanza a incluir la totalidad de la franja pluvial pacífica, cuyo límite-gradiente se sitúa más allá. El eje cordillerano de lluvias invernales queda entonces dividido en dos sub-franjas separadas por la expansión máxima hacia el este de la isoterma de 0° C. Entre la cresta de la cordillera y la isoterma se da la retención de la mayor parte de la precipitación. En la sub-franja adyacente la parte más importante del aporte atmosférico cae en forma de lluvia. Sólo una porción menor cae en forma de nieve y aún así se funde pocos días después sin alcanzar un tiempo de permanencia inter-estacional. Estas dos franjas son a su vez pisos hidroclimáticos (Bruniard, 1994). La diferencia con las cuencas activas al norte de los 37° es la retención intrastacional de las precipitaciones no es casi total, sino



parcial. En el gráfico XX se muestra las marchas anuales de la precipitación y del caudal asociados en una cuenca al sur de los 37°.

Mayores precisiones sobre los regímenes y las combinaciones de alimentación pueden encontrarse en Pardé (1955) y Bruniard (1994). En este trabajo identificamos las tendencias lineales en la contribución mensual y estacional de algunos ríos a lo largo del siglo XX, sin indagar todavía en el análisis de ciclos de variabilidad presentes en estos registros. En los ríos con regímenes simples, un aumento de las temperaturas induciría un adelantamiento del pico estival. Los regímenes de doble máximo mostrarían una mayor participación de los meses del invierno, y una disminución de la importancia y adelantamiento de las altas aguas de primavera.