



Documento de trabajo N° 1-2009

Estrategias de adaptación al cambio climático: Desafíos regionales claves en la región del Mercosur¹

Vicente Barros – Universidad de Buenos Aires – IPCC

Diciembre 2009



CAMBIO CLIMÁTICO, COMERCIO y COOPERACIÓN en AMÉRICA LATINA

Río de Janeiro, Brasil. 17 de Noviembre, 2009

Organiza:



Con el auspicio de:



Con la colaboración de:



Con la financiación de:



¹ Este documento de trabajo fue realizado especialmente para ser presentado en el Seminario: *Cambio climático, comercio y cooperación regional en América Latina*, realizado el 17 de noviembre de 2009 en Río de Janeiro, con apoyo del Fondo Pérez Guerrero de las Naciones Unidas (PGTF-G77) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC).

Resumen

La región de Mercosur ha sido ya sujeto de cambios importantes del clima con implicancias económicas y sociales. En particular, los recursos hídricos superficiales, un capital natural clave de la región, han mostrado una gran susceptibilidad a estos cambios. Como respuesta, en algunos casos hubo acciones de adaptación, tanto públicas como privadas, pero en otros casos estas acciones están aún pendientes.

En el contexto del cambio climático, la gestión de los recursos hídricos, así como de la agricultura y la planificación urbana y de otros sectores requieren un mejor conocimiento de los escenarios del clima futuro para realizar una adaptación anticipatoria. Actualmente, los escenarios regionales de clima para el horizonte de planificación de 1 a 4 décadas presentan incertidumbres que hacen difícil las decisiones encaminadas a la adaptación anticipatoria. Afortunadamente una nueva generación de modelos de clima probablemente reducirá estas incertidumbres y permitirá comprender mejor las necesidades de adaptación y sus costos. Pero, aún en los casos donde la incertidumbre no pueda reducirse suficientemente, siempre queda el recurso de aumentar la resiliencia de los sistemas de forma tal que puedan resistir con poca afectación los efectos del cambio climático y otros imponderables

La evaluación de opciones de adaptación y sus co-beneficios es un aspecto crucial en la estrategia del manejo de la parte del cambio climático que ya no puede ser evitada. Para este fin, así como para el desarrollo de escenarios regionales con menores incertidumbres, la región del Mercosur tiene un importante potencial humano y recursos técnicos que pueden ser potenciados aumentando la cooperación regional para mejorar la gestión del riesgo asociado al cambio climático, mediante la diversificación económica, la planificación regional del seguro, los planes de contingencia y los programas regionales de infraestructura entre otros aspectos.

1. Introducción: el marco de la negociación internacional

La negociación internacional para encontrar una solución al cambio climático se halla aparentemente en un momento histórico. Se está negociando dentro del llamado acuerdo de "Copenhague" no solo la continuidad del Protocolo de Kioto, sino un plan de largo plazo que tendería a estabilizar primero y reducir después las concentraciones de GEI dentro de límites compatibles con una afectación aceptable del clima.

Los países en desarrollo, especialmente aquellos que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, sufren ya o sufrirán pronto los efectos desfavorables del mismo. En muchos casos, estos países no han contribuido o lo han hecho mínimamente a causar el problema global que ahora los aqueja. Por ello, en la negociación global de largo plazo, los países en desarrollo han insistido en que se habilite un fondo importante provisto por los países desarrollados para que los países más pobres y más afectados puedan realizar la necesaria adaptación. Este fondo está siendo discutido y hay expectativas que sería del orden de decenas de miles de millones de dólares.

1.2 Porqué adaptación

No sólo hay evidencia de que ya hay cambios climáticos de origen antrópico ocasionados por las emisiones de GEI, sino que estos cambios continuarán durante las 2 o 3 próximas décadas

cualesquiera sean los escenarios de estas emisiones durante ese periodo. Ello se debe a la prolongada permanencia de esos gases en la atmósfera y además a la gran inercia térmica del sistema climático que hace que su ajuste a los cambios en las concentraciones de los GEI lleve décadas. Todo ello está ampliamente documentado científicamente y aparece reiteradamente en las proyecciones del tercero y cuarto informes del IPCC. Por lo tanto es necesaria e inevitable la adaptación al cambio climático, lo que no implica que no se deba tratar de reducir estas emisiones. La adaptación al cambio climático no debe ser vista como alternativa a la mitigación del mismo mediante la reducción de las emisiones netas de GEI. Sin una apropiada mitigación, no sólo se agravarán los cambios climáticos en el futuro cercano, sino que como todas las proyecciones indican, ello tendría graves consecuencias en los sistemas ecológicos del planeta y en la sustentabilidad del desarrollo económico y social durante las décadas siguientes.

2. Marco conceptual

2.1 ¿La adaptación a que?, vulnerabilidad e impactos

La adaptación surge como respuesta o ajuste a una situación en que un determinado sistema, sector o región se halla afectado o será afectado por el cambio climático. A esta afectación concurren dos aspectos, los impactos presentes o futuros en el sistema del sistema físico y la vulnerabilidad del sistema social que surge de sus limitaciones para responder adecuadamente a estos impactos. Por lo tanto ambos aspectos, impactos y vulnerabilidad son datos previos para estimar adonde y en que habrá necesidad de adaptación al CC.

El CC ya ha estado ocurriendo, continua en el presente y se prolongará inevitablemente por décadas. Se trata de una realidad de cambio continuo. Por tanto la adaptación al CC vista desde la perspectiva actual implica distintos puede tratarse de reacciones a cambios del clima que ya se han producido o que están en curso, incluso a la variabilidad natural del mismo cuando la adaptación actual es incompleta o inadecuada o de medidas anticipatorias a los futuros cambios.

2.2 Tipos de adaptación

Según la adaptación sea una respuesta a cambios ya ocurridos o a cambios por ocurrir se trata de una adaptación de modalidad reactiva o anticipatoria. Una vez comprobado el cambio, la adaptación surge como algo natural y necesario. Sin embargo, si la naturaleza del cambio no esta basada en un conocimiento científico que deje poco margen de incerteza, la adaptación reactiva puede igualmente ser problemática cuando se realiza no por un cambio prolongado sino por una fluctuación de mediano plazo del clima. En algunos de estos casos, la adaptación puede concretarse en medidas que eventualmente se tornan perjudiciales ante la reversión de la tendencia climática

Otra desventaja de la adaptación reactiva es que se realiza solo después de que el cambio se ha manifestado claramente y ocasionado daños y costos. Por el contrario, cuando el conocimiento científico deja poco margen de incerteza, lo que por el momento es poco frecuente en la escala local y regional, la adaptación anticipatoria es beneficiosa porque anticipa y evita los perjuicios del cambio.

Desde el punto de vista de la adaptación local y regional, la adaptación anticipatoria solo tiene sentido para cambios en un horizonte temporal que compatible con las posibilidades y

voluntad colectiva de realizarla. No tiene sentido económico ni práctico orientarla a aquellos cambios a muy largo plazo ya que su implementación se haría sobre bases altamente especulativas, debido no sólo a las incertidumbres sobre los detalles regionales de la evolución climática, sino también de otros factores como el desarrollo tecnológico y socioeconómico. Por ello la adaptación anticipatoria es conveniente cuando se plantea para actividades cuyas implicancias estarían dentro de los que para las mismas es el horizonte de planificación, es decir 20 o 40 años y en ciertos casos, algo más dependiendo de la actividad en cuestión.

Desde el punto de vista de quien y como es la toma la decisión, la adaptación puede ser centralizada o autónoma. En el primer caso responde a la decisión de una organización estatal sea local o nacional o de un organismo internacional u organización importante de otro tipo. En cada caso su carácter distintivo es que responde a cierta planificación que en el mejor de los casos tiene racionalidad basada en el conocimiento experto. Por el contrario, la adaptación autónoma resulta de medidas individuales o de pequeños decisores, es casi siempre de naturaleza reactiva cuando los cambios climáticos son muy ostensibles y puede llegar a ser masiva y determinante de la actividad en la región en que se han producido los cambios del clima.

2.3 Limitantes

La adaptación anticipatoria al CC se encuentra limitada en ciertos casos por la incertidumbre sobre los escenarios climáticos. Ello no surge de las diferencias climáticas causadas por los diferentes futuros posibles de emisiones porque ellas no serían importantes para el horizonte de planificación. El problema radica en dos aspectos relacionados con la capacidad actual de predecir el futuro climático. El primero es que los modelos climáticos no son capaces de reproducir el clima actual en algunas regiones con suficiente habilidad, especialmente en el caso de la precipitación. Más aún, aquello que lo hacen mejor, a veces presentan proyecciones regionales del clima futuro distintas aunque en el caso de la temperatura, estas diferencias son de magnitud pero no de signo.

El otro limitante es la variabilidad natural del clima en la escala interdecadal que en algunas regiones puede ser tan importante que para el horizonte de planificación puede llegar a ser mayor, y a veces opuesta en signo, al cambio esperable por el calentamiento global debido a las crecientes concentraciones de GE. Hasta ahora, los escenarios climáticos no incorporaban esta variabilidad interdecadal. Afortunadamente, una serie de experimentos en curso, cuyas proyecciones estarán disponibles hacia el año 2010, incluirán este tipo de variabilidad, lo que de resultar exitosos permitiría estrechar el actual rango de incertidumbre en la escala regional y facilitar las iniciativas de adaptación.

De todos modos, sobre ciertas regiones con escasa variabilidad interdecadal y en las que las incertezas de los modelos son pequeñas para algunos parámetros climáticos, como por ejemplo la temperatura media, es posible estimar con la tendencia climática para el horizonte de planificación.

2.4 La implementación de la adaptación

Las alternativas donde la adaptación al cambio climático es posible son:

- a) Adaptación a la variabilidad del clima actual, especialmente a los eventos extremos que causan severos perjuicios a la vida y el desarrollo económico y social.

- b) Adaptación a las tendencias climáticas regionales actuales cuando las mismas han persistido por décadas. Cuando se han detectado importantes tendencias y/o variaciones interdecadales en algunos climas regionales, la adaptación a las mismas puede ser conveniente, hayan sido estas, originadas por el aumento de las concentraciones de GEI o no, lo que no siempre es posible dilucidar. Si la adaptación ya se ha concretado de manera autónoma, los sectores afectados deberían ser ayudados con conocimiento científico y tecnología para mejorar esta adaptación.
- c) Adaptación a los cambios climáticos futuro del horizonte temporal de planificación. Estas iniciativas probablemente se limiten a aquellos casos sobre los que hay poca incertidumbre.
- d) Adaptación anticipatoria en los que la misma es de todos modos beneficiosa cualquiera sea el escenario climático que finalmente resulte (win-win options)
- d) En los casos en que los impactos potenciales sean altamente perjudiciales, pero a la vez se cuenta con poca certidumbre sobre los mismos, una alternativa es mejorar la resiliencia del sistema a cualquier cambio eventual.

3. Los impactos y vulnerabilidades más importantes de la región y las respuestas de adaptación

3.1 Impactos y adaptación referidos a las tendencias climáticas observadas

Las más importantes de estas vulnerabilidades (en algunos casos, oportunidades) debidas a los cambios climáticos e hidrológicos de las últimas décadas son:

- a) Aumento de las precipitaciones medias anuales en Uruguay, casi toda la Argentina y muy especialmente en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional y en el sur de Brasil. En el caso de Paraguay la tendencia en general es también positiva pero depende de cual es el periodo que se considere.
- b) Aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y centro Argentina, este de Paraguay, sur de Brasil y oeste de Uruguay.
- c) Aumento de los caudales de los ríos y de la frecuencia de inundaciones en la cuenca del Plata, incentivado en la parte norte de la cuenca por los procesos de cambio de uso de suelo, fundamentalmente por la deforestación.
- d) Retroceso de los caudales de los ríos de origen cordillerano en Chile central y en las regiones argentinas de Comahue y Cuyo.
- e) Aumento de la temperatura en la zona cordillerana desde Colombia hasta Patagonia con el consiguiente retroceso de los glaciares.
- f) Olas de calor en invierno en el gran Chaco y oeste argentino con afectación en las pasturas, la disponibilidad de agua e incendios rurales en algunas regiones.
- g) Extensión de vectores y enfermedades tropicales.

a) Tendencias de las precipitaciones medias anuales

En América del Sur al este de los Andes entre 20 y 40° S las precipitaciones medias anuales aumentaron durante el siglo XX, pero muy especialmente entre 1960 y 1990, Figura 1 (Barros et al 2008) . Por el contrario sobre los Andes y al oeste de la cordillera las precipitaciones siguieron una tendencia opuesta. Este patrón de cambio parece haberse debido al corrimiento hacia latitudes más australes de los sistemas de circulación de la atmósfera, lo que es un cambio que se espera que ocurra con el calentamiento global.

Aunque las series de datos de precipitación de la década de 1960 en el Mato Grosso son escasas, la información en el este y sur de Brasil es suficiente como para concluir que hubo tendencias negativas en una amplia región, figura 1. Los mayores aumentos, del orden de 200

mm, se produjeron en el oeste de Buenos Aires y La Pampa con un incremento paulatino desde 1960 hasta el año 1990 y en el norte y noreste de Argentina, Paraguay y sur de Brasil con un salto a fines de la década de 1970. Porcentualmente, estos aumentos fueron muy importantes en la zona semiárida donde solo en la Argentina habilitó potencialmente desde el punto de vista de las precipitaciones 10 millones de hectáreas para la agricultura de secano.

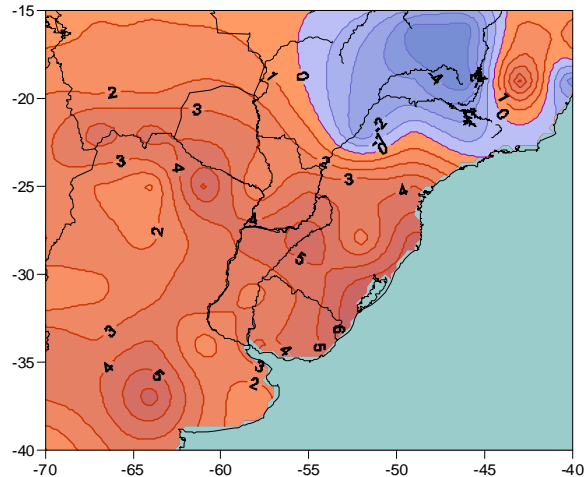


Figura 1: Tendencia de la precipitación anual en mm/año. Período 1960-2000

Las nuevas condiciones climáticas facilitaron la expansión de la frontera agrícola, alentada por mejores precios y nuevas tecnologías como la siembra directa, las semillas transgénicas y otras, dando lugar a una importante agriculturización en una franja que va desde La Pampa hasta el norte de Paraguay que hasta no hace mucho era considerada semiárida. La figura 2 muestra como más de la mitad del aumento de 20 a 30 millones de hectáreas en la superficie dedicada a la producción de granos en Argentina se produjo en las provincias anteriormente consideradas predominantemente semiáridas, Figura 2.

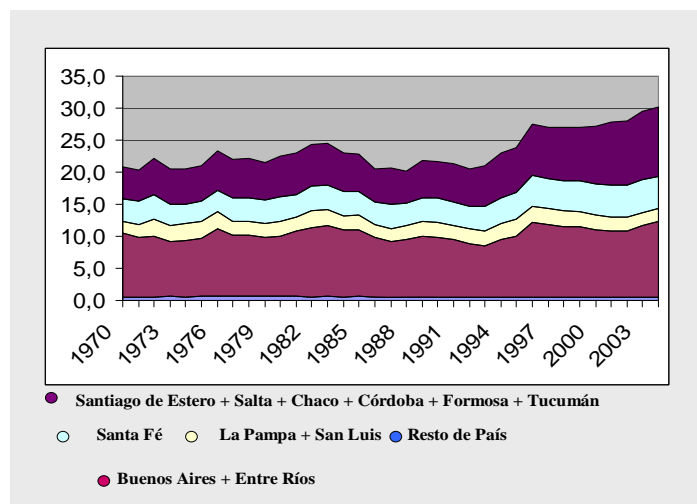


Figura 2: Área cultivada en millones de hectáreas

Este proceso de adaptación a las nuevas condiciones climáticas se realizó en forma autónoma como resultado de decisiones individuales masivas y sin una planificación previa centralizada ni de parte del estado ni de agentes u organismos técnicos o financieros. Como todo proceso de adaptación autónoma, fue de naturaleza reactiva, es decir tuvo lugar a posteriori de los

cambios. Esta adaptación autónoma sin una orientación técnica adecuada trajo enormes beneficios económicos de corto plazo y una gran renta adicional para la región, pero también en algunos casos ocasionó perjuicios al medio ambiente por el avance sobre ecosistemas naturales frágiles.

b) Aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y centro de Argentina, Paraguay y sur de Brasil y Uruguay

Desde la década de 1970, en la misma región en que hubo un aumento de las precipitaciones medias, también se registró una tendencia hacia precipitaciones extremas más frecuentes con sus secuelas de inundaciones. Cuando se considera la precipitación máxima de cada año entre 1959 y 2002, sobre un total de 54 localidades con series de datos diarios de lluvia del centro y este de Argentina, Uruguay y sur de Brasil, en 38 la tendencia fue positiva y solamente en 14, negativa (Re y Barros 2009).

En la figura 3 se muestra el número de casos con precipitaciones mayores a 100, registrados cada 4 años en 18 estaciones del Centro y Este de Argentina desde 1959 hasta 2002. Es evidente un salto a comienzos de la década de 1990; las precipitaciones mayores a 100 mm registradas en 16 estaciones meteorológicas durante las década del 60 oscilaron entre 7 y 13 casos cada 4 años y desde la década del 90 se triplicaron sumando más de 30 casos en cada cuatrienio. La sensación que surge de la información de los medios de comunicación es que la mayor frecuencia de estos eventos, al menos se ha mantenido o probablemente intensificado en lo que va de la primera década de este siglo.

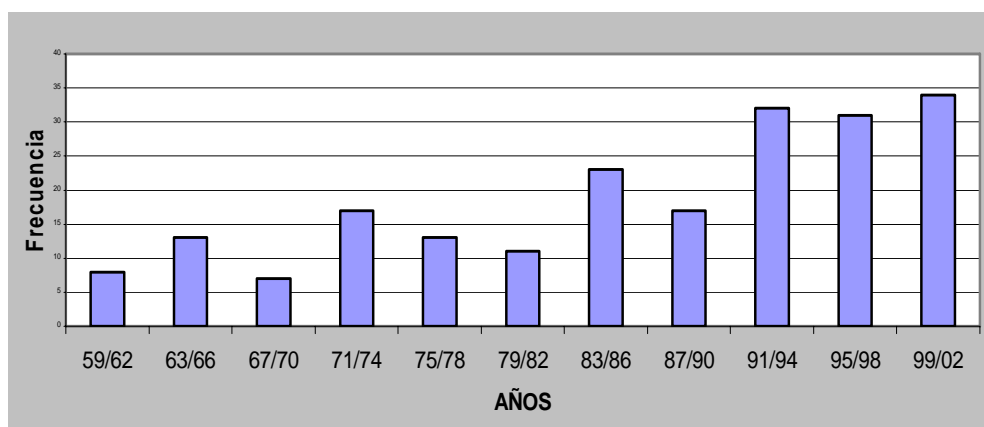


Figura 3: *Precipitaciones mayores a 100 mm en no más de dos días en 16 estaciones de la región Centro y Este de Argentina. Las frecuencias muestran el número de casos en los periodos de cuatro años indicados*

Eventos como los que se contabilizan en la figura 3, son los que conducen generalmente a inundaciones, en especial si las condiciones del terreno no facilitan el escurrimiento o lo concentran en determinados lugares. El aumento de la frecuencia de precipitaciones intensas está ocurriendo en muchas regiones del planeta y muy probablemente es atribuible al cambio climático.

El aumento de la frecuencia de las grandes precipitaciones ha sido de tal magnitud que ha repercutido negativamente en la vulnerabilidad social y en la infraestructura. Sobre este cambio no hay todavía demasiada conciencia, incluso en los sectores técnicos, por lo cual

muchas de las necesarias medidas de adaptación están todavía pendientes. En primer lugar falta mejorar y en algunos casos implementar sistemas de alerta temprana y planes de contingencia para el manejo de las emergencias resultantes de estas precipitaciones extremas. Además, en algunos casos es necesario revisar la infraestructura que puede ser afectada o resultar inadecuada por los ahora más frecuentes eventos de precipitaciones extremas, lo que generalmente no se está haciendo. Peor aún, no siempre estas nuevas condiciones se tienen en cuenta cuando se diseña nueva infraestructura.

c) *Aumento de los caudales de los ríos y de la frecuencia de inundaciones en la cuenca del Plata*

Una parte muy importante de los caudales y la mayor contribución a las crecidas de los ríos Paraná y Paraguay se generan en sus cuencas en la banda de latitud entre 21° y 26° Sur (Camilloni y Barros 2202) . En esa región hubo un importante aumento de las precipitaciones, principalmente a partir de la década del 70, figura 1.

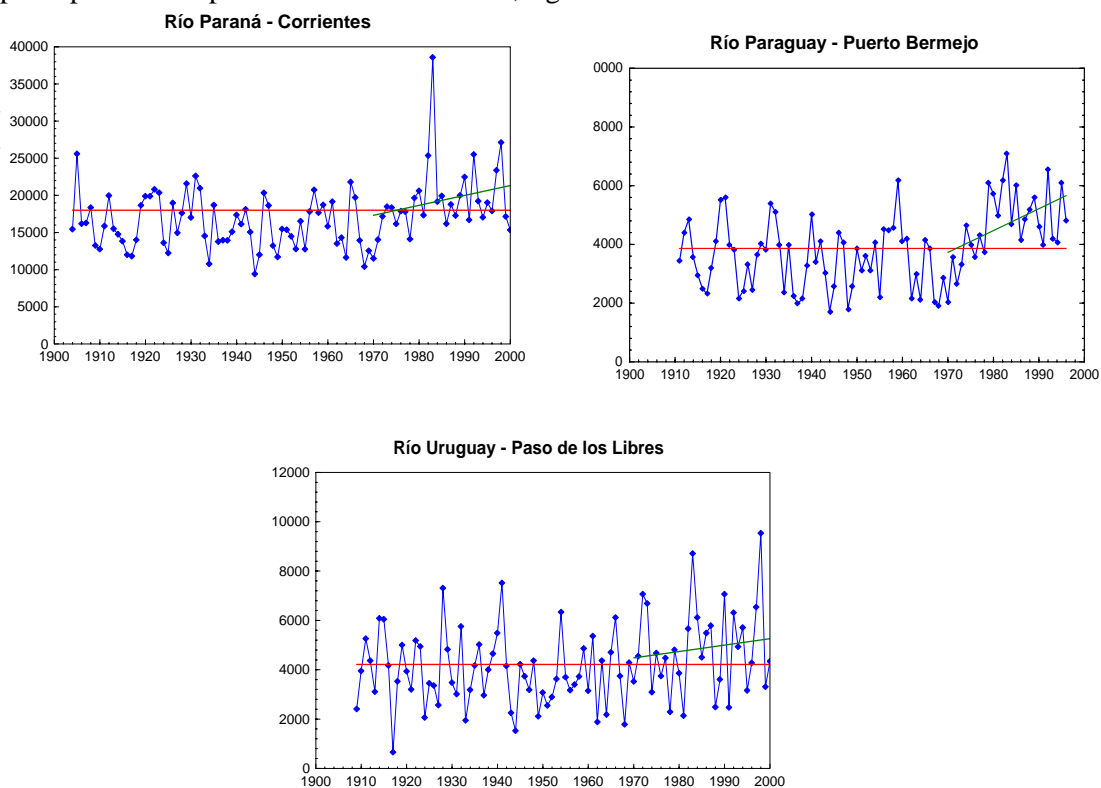


Figura 4: Caudales medios anuales (m^3/s) en los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay. Promedios para el período (línea roja) y tendencia lineal a partir de 1970 (línea verde)

Este cambio no fue acompañado por cambios importantes en la temperatura que pudieran incrementar la evaporación y así compensar las mayores precipitaciones. Por lo tanto, el aumento de las precipitaciones se tradujo en mayor escurrimiento del agua hacia los ríos que aumentaron sus caudales desde mediados de la década del 70 (García y Vargas 1998; Genta et al 1998, Barros et al 2004). Este aumento también se registró en otros ríos de menor caudal y afluentes de los anteriores y fue en general del 20 al 30 %.

La cuenca del Plata se caracteriza por un relativamente escaso declive, por lo que el escurrimiento de las aguas de las precipitaciones hacia los cauces de los ríos y arroyos es

lento, permitiendo que una alta fracción del volumen del agua de lluvia se evapore. Esto último se ve favorecido por las altas temperaturas propias de una región subtropical. Por lo tanto, solo una parte minoritaria de esta agua escurre hacia los ríos, alimentando sus caudales. En el área norte de la cuenca del Plata, la evaporación anual varía entre un 65 y 75 % y los caudales anuales entre un 35 y 25 % del volumen del agua caída por lluvia, dependiendo si el año es húmedo o seco. En promedio solo un 30 % alimenta los ríos. Esta es una característica intrínseca de esta cuenca que depende de sus condiciones fisiográficas y de su clima e implica que cambios relativamente moderados en la precipitación o en la evaporación cuando no están compensados entre sí, producen grandes cambios porcentuales en los caudales. Por esta razón, en las últimas 3 o 4 décadas del siglo pasado, los aumentos porcentuales de los caudales de estos ríos fueron más del doble que los de la precipitación (Berbery y Barros 2002). Esta amplificación de la respuesta hidrológica a las variaciones del clima es indicativa de que las actividades dependientes de los caudales de los ríos de la cuenca pueden ser potencialmente muy vulnerables a los cambios climáticos.

Las actividades humanas, al modificar las condiciones naturales del suelo, también modifican el balance hídrico al cambiar las condiciones de infiltración, evaporación y escurrimiento superficial y subsuperficial, lo que da lugar a cambios en los caudales de los ríos. Esto sucede cuando se cambian tipos de actividad como cambios entre agricultura, ganadería y cultivos forestales o cambios entre diferentes cultivos.

Simultáneamente con el aumento de las precipitaciones y los caudales en la cuenca del Plata se registró un cambio importante en el uso del suelo con una extensa deforestación para ganadería y el cultivo del café al principio y para el cultivo de soja después en gran parte de la cuenca brasileña del Paraná. La deforestación se extendió también sobre el Este de Paraguay. En el caso del río Uruguay, Saurral et al (2008) mostraron que a futuro, el impacto del cambio del uso del suelo sobre los caudales ya sea por deforestación o por forestación puede potencialmente compensar y superar ampliamente cualquier impacto debido a cambios del clima razonablemente esperable en el siglo XXI. No obstante ello, el cambio operado en las 4 últimas décadas en el cambio de uso de suelo no tuvo casi influencia en los caudales medios anuales, los que se originaron básicamente en las mayores precipitaciones. En el caso del río Paraná, falta aún cuantificar con cierta precisión, cuanto del cambio registrado en los caudales pudo originarse en el cambio de uso de suelo y cuanto a las mayores precipitaciones. Sin embargo, parece haber un patrón general de la cuenca donde el cambio de uso de suelo fue la causa fundamental de los mayores caudales erogados desde el Pantanal por el río Paraguay y los mismo en el norte de la cuenca del río Paraná; en ambos ríos el efecto del cambio de uso de suelo disminuye hacia el sur contribuyendo en forma secundaria al aumento de los caudales al sur de 25° S.

Los mayores caudales medios produjeron enormes beneficios para las represas hidroeléctricas que generaron mucha más energía que la que se había previsto al momento de su construcción. El caso más paradigmático es el de Itaipú, que después de muchos años de beneficios, decidió aprovechar aún más los mayores caudales agregando dos turbinas.

Las grandes inundaciones de llanura, especialmente en Buenos Aires y las inundaciones ribereñas de los grandes ríos de la cuenca del Plata son el aspecto negativo del aumento de las precipitaciones siendo las catástrofes de origen natural que mayores daños económicos y sociales causaron en la región en los últimos tiempos.

En la primera mitad del siglo pasado hubo pocas inundaciones importantes en las áreas ribereñas de los tres grandes ríos del sistema del Plata. En el caso del Paraná, después de la gran crecida de 1905 pasaron más de 60 años para que se produjera un evento con caudales, cercanos o superiores a 50.000 m³/s. Este periodo muy prolongado sin importantes crecidas indujo a la ocupación de los valles de inundación con actividades agropecuarias, e incluso con poblamiento urbano en medio del olvido social de que estos valles son sujetos de anegamiento e inundación con mayor o menor asiduidad, según los periodos. Debido a ello, la mayor frecuencia de grandes crecidas de las últimas dos décadas del siglo pasado materializó los riegos provocados por un sistema de actividad y residencia humana con una alta exposición a las inundaciones.

Las crecidas extraordinarias del Paraná constituyen fenómenos de gran envergadura tanto por la superficie que afectan en territorio argentino y paraguay como por su duración cuando persisten por meses. Durante las mayores crecidas, los caudales mensuales en Corrientes exceden entre dos y tres veces su caudal medio; los aportes al río Paraná, al sur de esa ciudad son en general relativamente pequeños ya que la mayor parte de los caudales que configuran las crecidas se generan en la cuenca entre 21 y 26° S La frecuencia de las grandes crecidas se incrementó en los últimos 20 años del siglo; de las cuatro crecidas registradas con caudales pico mayores a 50.000 m³/s (1905, 1983, 1992, 1998), tres se produjeron después de 1980. La Figura 5 muestra la frecuencia por décadas de caudales mensuales superiores al promedio en al menos dos veces el desvío estándar para el correspondiente mes. Se observa un notable incremento en las décadas del '80 y '90.

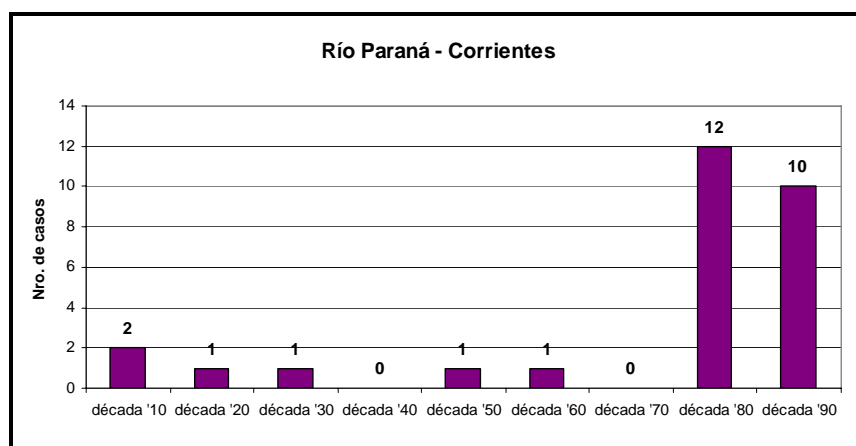


Figura 5: Frecuencia decádica de casos en los que el caudal mensual supera en al menos dos veces el desvío estándar para el correspondiente mes.

Mientras que en el río Paraná las crecidas duran varios meses, las del río Uruguay duran de 3 a 20 días porque su cuenca es relativamente pequeña comparada con la del Paraná y sus caudales responden rápidamente a una o a lo sumo a dos o tres tormentas. La figura 6 muestra que al igual que en el caso del río Paraná, pero de forma no tan pronunciada, la frecuencia de las mayores crecidas aumentó durante las últimas dos décadas.

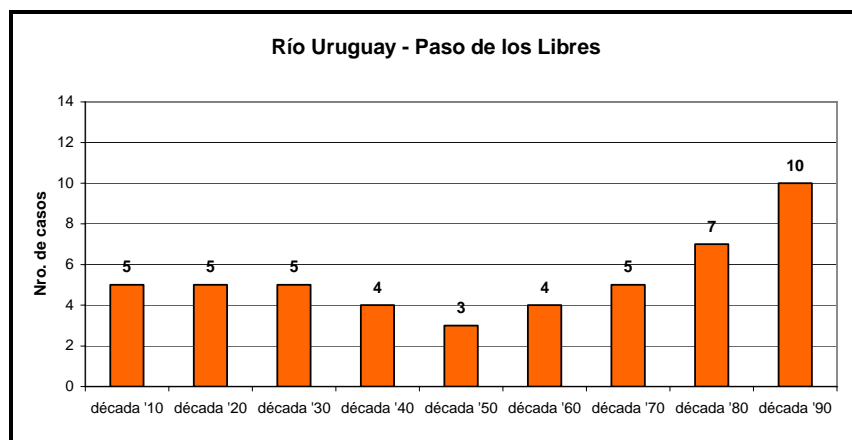


Figura 6: Frecuencia decádica de casos en los que el caudal mensual supera en al menos dos veces el desvío estándar para el correspondiente mes

Contrariamente a lo que se creyó durante mucho tiempo, las crecidas en el río Paraguay no se originan en el Pantanal, sino en territorio paraguayo, después de la salida del río desde el Pantanal e independientemente del caudal que el río tenga a la salida de este (Barros y otros, 2004). Al igual que en los otros dos grandes ríos de la cuenca del Plata, la mayor parte de las mayores crecidas del siglo pasado se produjeron también durante el último cuarto del siglo. Esta tendencia es más evidente cuanto más grandes fueron las crecidas consideradas, ya que de las 5 más intensas, 4 ocurrieron después de 1975

Los excesos hídricos derivados de prolongados periodos de precipitación, en muchos casos agravados por precipitaciones intensas han generado inundaciones por desbordes de lagunas o de cursos de agua que tienen caudales sensiblemente inferiores a los de los grandes ríos de la cuenca del Plata o simplemente han ocupado grandes zonas en las áreas mas bajas de distintas regiones. Sin ánimo de hacer una descripción exhaustiva, se comentan brevemente algunos de los casos más paradigmáticos que ilustran la magnitud de estas inundaciones. La ciudad de San Pablo sufre recurrentemente y casi anualmente importantes inundaciones en algunos de sus barrios con graves consecuencias sociales. La inundación de abril de 2003 en la ciudad de Santa Fe por el desborde del río Salado del Norte fue un punto de inflexión en la atención que la comunidad científica y profesional y la sociedad argentina en general prestaba a las inundaciones y a los eventos meteorológicos causantes de las mismas. Hasta esa fecha y aún hoy, el discurso de funcionarios a cargo de lidiar con las consecuencias de estos eventos ponían y ponen el acento en el carácter excepcional de los sucesos y en cierta medida eso era compartido, cuando no sugerido por técnicos y especialistas. Las consecuencias dramáticas de esta inundación despertó la conciencia de que algo había estado cambiando en materia climática e hidrológica, cosa que ya había sido comprendido con anterioridad en lo referente a los grandes ríos de la cuenca del Plata. Las defensas construidas sobre el Paraná y las que estaban incompletas sobre el Salado del Norte contribuyeron a bloquear la salida de las aguas, hasta que finalmente se destruyó una parte de ellas para permitir el paso de las aguas.

En el otoño de 2007 se volvió a registrar una serie de grandes precipitaciones que causaron inundaciones desde el este de Córdoba hasta Uruguay, afectando también gran parte de Santa Fe y algunas localidades de Entre Ríos; un máximo de más de 500 mm en 4 días se produjo en el centro de Santa Fe causando enormes pérdidas a la agricultura. En este caso, la ciudad de Santa Fe fue afectada mayormente por las precipitaciones in situ, por lo que otra vez las

defensas fueron un obstáculo para la evacuación de las aguas y responsables de parte de la inundación al no funcionar de inmediato el sistema de bombeo instalado.

El 90% o más de la población de la región está concentrada en centros urbanos, muchos de los cuales y la mayoría de los más grandes, se localizan cerca o alrededor de ríos. Aunque la localización inicial de los centros urbanos se hizo generalmente en zonas altas, en muchos casos parte de la expansión más reciente se hizo ocupando zonas bajas e inundables. Esto configura una situación de vulnerabilidad a las inundaciones causadas por los desbordes de los ríos. No debe asombrar, por lo tanto, que se hayan detectado afectaciones hídricas negativas y crecientes en toda la región.

Esto se suma a las pérdidas en el sector agropecuario, de forma que en algunos años, los daños directos de las inundaciones han disminuido la producción, reducido las exportaciones y afectado las economías de las regiones inundadas. Probablemente, los daños mediatos, generalmente no mensurados, han sido mucho más importantes debido a la quiebra de empresas, pérdidas de empleo y las consecuencias de largo plazo sobre la salud pública. Sorprendentemente, los enormes daños causados por las inundaciones no han sido evaluados en una forma sistemática que permita su comparación y sobretodo que incluya todos los costos directos e indirectos. Hay sin embargo varias estimaciones parciales y un estudio (Banco Mundial 2001) ubica a la Argentina entre los 14 países más afectados por inundaciones con pérdidas económicas que alcanzaron en algunos años más que el 1 % del PIB.

Las respuestas a las más frecuentes inundaciones de toda tipo se fueron concretando desde hace años, aunque aún faltan obras y sobretodo sistemas de respuesta que incluyan un amplio abanico de manejo, previo, durante y después del evento de inundación. Entre las respuestas mas significativas están las defensas en las orillas de los grandes ríos del Litoral realizadas en la década de 1990. Más recientemente, el aumento de la preocupación sobre las inundaciones durante la actual década se tradujo en el establecimiento en la Argentina de un fondo hídrico que ha estado financiando mejoras en la infraestructura para atender los problemas derivados de los excesos hídricos.

d) Retroceso de los caudales de los ríos de origen cordillerano en Chile Central y en las regiones argentinas de Comahue y Cuyo

Cuando se producen nevadas en la cordillera, generalmente los sistemas meteorológicos que las causan también producen las precipitaciones en las localidades chilenas al oeste de los Andes y viceversa. La precipitación en toda la región chilena entre 30 y 42° S, con registros que en algún caso datan del siglo XIX, ha ido disminuyendo marcadamente; Figura 7.

La tendencia negativa en Puerto Montt, es de más de 5 mm por año durante 140 años; esto es nada menos que 700 mm en total. Pero porcentualmente es aún mayor en el norte, donde es del orden del 50 %. Al igual que al este del continente, pero con signo inverso, la tendencia negativa es más pronunciada desde la década de 1960, lo cual refuerza el concepto de que las tendencias de la precipitaciones en el sur de América del Sur son parte de un patrón hemisférico relacionado con el calentamiento global. Estas tendencias son similares a las que se registraron del lado argentino de la cordillera en el Comahue y en la zona oeste de la Patagonia argentina, por lo menos en la segunda mitad del siglo pasado que es desde cuando se dispone de registros de datos de muchos años.

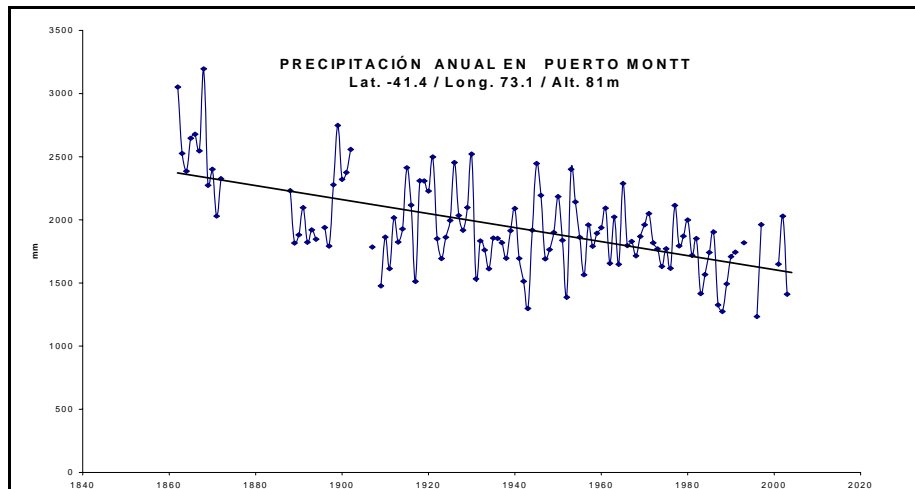


Figura 7: Precipitación media anual y tendencia lineal. Puerto Montt (arriba) y La Serena (abajo)

Como consecuencia de las menores precipitaciones pluviales en el piedemonte andino y nivales sobre la cordillera, los ríos chilenos han estado disminuyendo considerablemente sus caudales. A modo de ejemplo se muestra el río Aconcagua, figura 8.

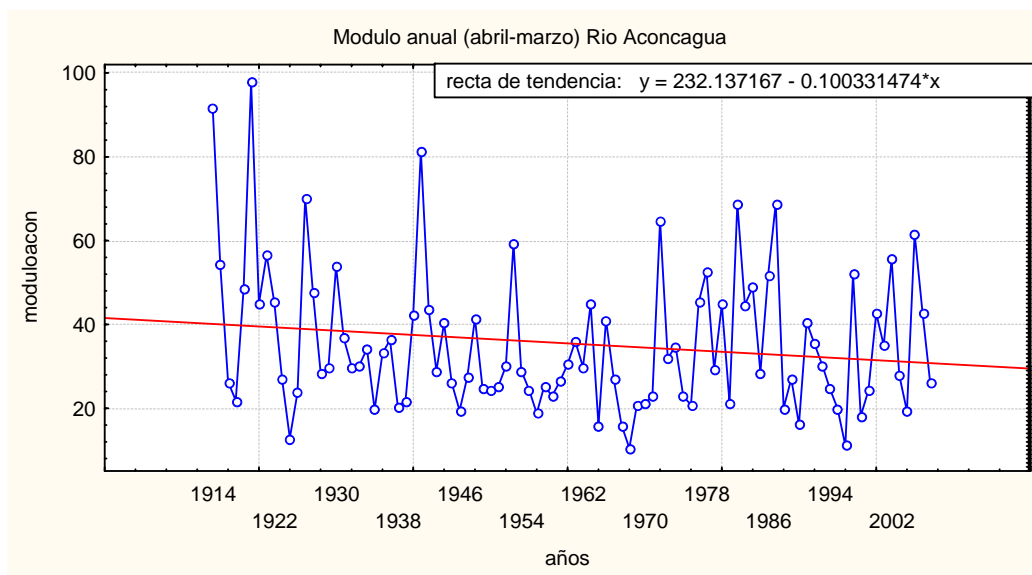


Figura 8: Caudales medios anuales (m^3/s) en el río Aconcagua. Se indica la tendencia lineal para el período total con información disponible (línea roja)

Lo mismo ocurre con los ríos de Cuyo y Comahue, figura 9, donde aquellos que tienen largos registros muestran una leve tendencia negativa cuando se considera la totalidad de la información. A ello se suma la disminución de las masas de hielo almacenadas en los glaciales de las altas montañas que son la principal fuente reguladora de estos ríos como está documentado por numerosas fotografías. Pero además, en todos los casos se observa una marcada tendencia negativa en los caudales anuales a partir de la década del 80, por lo que cualquiera sea la causa de esta tendencia, resulta evidente el riesgo de déficit hídrico en la región ya que las tendencias negativas desde la década de 1980 representan en promedio una

disminución del 50 al 60% del caudal en Cuyo y de un 30 % en Comahue en un lapso de alrededor de solo 20 años. No obstante, de la figura 9 se puede apreciar que hubo otros períodos con tendencias similares, pero que se revirtieron posteriormente y que los caudales anuales mínimos de los últimos años se encuentran en el rango de los mínimos observados con anterioridad. Sin embargo, esto no alcanza para despejar las dudas sobre el futuro de estos oasis, ya que los escenarios climáticos indican una continuación de la tendencia recesiva de las precipitaciones sobre los Andes.

La pérdida de hidráulicidad de los ríos del Comahue de los últimos años implica una oferta de energía hidroeléctrica del orden del 10 % de la generación media total de Argentina que tuvo que ser generada por otras fuentes.

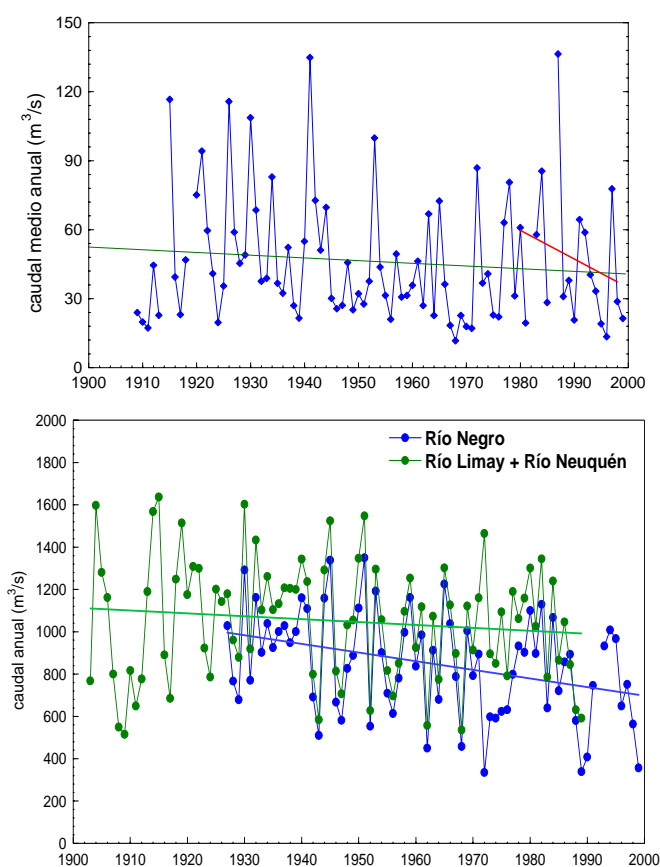


Figura 9: Caudales medios anuales (m^3/s) en estaciones de los ríos de los Patos, y Negro, y la suma de los caudales de los ríos Limay y Neuquén que confluyen para formar el Negro

e) *Aumento de la temperatura en la zona cordillerana desde Colombia hasta Patagonia con el consiguiente retroceso de los glaciares*

La altura de la isoterma de cero grado, representa en general la altura por encima de la cual la temperatura del aire se encuentra debajo de $0^{\circ} C$ cero (punto de congelación del agua). Ello implica que en las superficies sólidas que se encuentran por encima de la altura de esa isoterma, el agua permanece en estado sólido, mientras que por debajo de esa altura, se escurre en forma líquida. La altitud a la que se ubica la isoterma de cero indica la altura mínima en que se puede hallar nieve y o hielo. En los últimos 50 años, la isoterma de cero

grado ha estado aumentando su altitud. Esto explica el retroceso generalizado de los glaciares de alta montaña en América del Sur. En el Hielo Continental Sur que se encuentra en el sur de Chile y Argentina, 48 de los 50 glaciares que lo conforman están retrocediendo desde hace varias décadas. Mas la norte las evidencias fotográficas indican tendencias similares tanto en la región patagónica como en la subtropical y tropical. La reducción de la masa de los glaciares está comprometiendo su poder regulador sobre los ríos que nacen en al alta montaña. Ello adquiere particular gravedad, ya que las precipitaciones en toda la región tienen una alta variabilidad estacional e interanual. La pérdida de esta capacidad de regulación ya se hace sentir en el caso de La Paz donde por una parte se generan más frecuentes inundaciones en una parte del año y se reduce el suministro de agua en la otra.

Estos cambios responden al cambio climático global y no se pueden detener con medidas locales. Por otra parte, las medidas estructurales paliativas como el mayor represamiento son costosas y casi siempre solo resuelven el problema parcialmente.

f) Olas de calor en invierno en el gran Chaco y oeste argentino con afectación en las pasturas, la disponibilidad de agua e incendios rurales en algunas regiones

En gran parte del centro de Brasil, Paraguay y norte y centro de Argentina, el régimen de precipitación es monsonico es decir con lluvia en verano y poca o nula en invierno. Los aumentos de temperatura en invierno han aumentado considerablemente la evaporación en un periodo crítico por la falta de lluvia. Como consecuencia, se han registrado con mayor frecuencia episodios de extrema sequía aumentando el estrés hídrico sobre los cultivos de invierno, las pasturas y aumentando los riesgos de incendios forestales y de pastizales. Esto es de particular relevancia ante el actual avance de la frontera agropecuaria en toda esta región con la consiguiente destrucción del monte y la pérdida de la cubierta vegetal del suelo

En relación a los efectos del aumento de temperaturas en la población, los problemas más frecuentes son la afectación a los servicios de abastecimiento de agua y energía, ésta última por exceso de consumo y la proliferación de insectos asociados a ambientes cálidos, la afectación de la salud de la población expuesta a ambientes excesivamente cálidos y la pérdida del confort y amenidad del espacio urbano.

Se han observado cada vez con mas frecuencia olas de calor en el periodo invernal con temperaturas superiores a 35° C que destruyeron pastizales y afectando en consecuencia la producción ganadera.

Hasta el momento no ha habido reacciones que puedan considerarse como adaptaciones a estas nuevas condiciones climáticas. Ente las medidas posibles, se encuentra la acumulación estacional de reservas forrajeras y el diferimiento de los potreros de forraje. El riego suplementario con agua subterránea es posible solo en algunas zonas porque en la mayor parte de esta extensa región es escasa. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que esta alternativa demanda mucha inversión sea esta pública o privada. En el caso de la agricultura otra medida de adaptación es la sustitución de los cultivos invernales por cultivos de verano. Este proceso se viene dando en forma autónoma, aunque impulsado por otras variables además del cambio climático.

Como se señaló anteriormente, las nuevas condiciones climáticas estarían incrementando los riesgos de ocurrencia de incendios forestales y de pastizales. Recientes ejemplos de este fenómeno se vivieron en las provincias argentinas de Córdoba y San Luis y anteriormente en

la de La Pampa y en el norte de la Patagonia. En algunas zonas, los incendios escapan de control después de haber sido provocados con la finalidad de facilitar el rebrote de las pasturas. Por ello se debería revisar los sistemas de control y penalización de estas prácticas cuando las condiciones climáticas las tornan imprudentes. La posible acentuación de la tendencia hacia inviernos secos aconseja reforzar los sistemas existentes de alerta y realizar una evaluación del equipamiento disponible para el combate del fuego.

La región tiene una alta variabilidad climática interanual por lo que una confiable predicción de la evolución de las temperaturas y de las precipitaciones facilitaría la toma de decisiones como la elección de cultivos y variedades o la rotación con la actividad ganadera reduciendo los riesgos de la variabilidad interanual. Sin embargo, en general los pronósticos sólo tienen algún éxito al predecir las posibles condiciones climáticas estacionales en algunas circunstancias y se requiere aún de un avance importante en materia científica.

h) Extensión de vectores y enfermedades tropicales.

El dengue y su mosquito trasmisor se han establecido como endémico en la región tropical y estacionalmente se extiende en la región subtropical. En esta última región se manifiesta en el periodo estival y muy pocas larvas del mosquito trasmisor sobreviven al periodo invernal para aparecer e iniciar el ciclo de expansión en la primavera siguiente. Cuando el periodo caluroso del año es más prolongado que lo usual, tanto el vector como la enfermedad tienen más chances de tener más ciclos reproductivos y se favorecen las condiciones epidémicas. El periodo cálido de 2008 se inició temprano y terminó tarde en el otoño de 2009 por lo que los brotes autóctonos de dengue ocurrieron hasta 40° S. Otra enfermedad transmitida por mosquitos que se encuentra en forma endémica en la región tropical es la malaria y el mayor calor y humedad ha favorecido su extensión.

3.2 Impactos y adaptación referidos a las tendencias climáticas proyectadas

En materia de adaptación, el horizonte temporal de los cambios climáticos es de suma importancia. En general es poco práctico y factible pensar en adaptaciones más allá de un cierto horizonte temporal, no solo por la dificultad de afrontar costos sobre efectos que se sentirán en muy largo plazo, sino porque la sociedad y la tecnología probablemente evolucionarán más rápido que el cambio climático por lo tanto cambiarán las condiciones de adaptación. Por ello, para muchas actividades es solo atinente planificar la adaptación teniendo en cuenta los cambios climáticos en un horizonte que podemos definir como de planificación y que para el caso está tomado aquí como el periodo 2020/2040.

Escenarios climáticos

Los impactos del cambio climático dependerán de los escenarios de emisiones antrópicas de GEI, pero también del horizonte temporal de referencia. Un escenario de fin de siglo tiene interés ecológico y de indicador para las políticas de largo plazo y uno de mediados de siglo, importancia para las políticas de adaptación a través del planeamiento anticipatorio. En ambos casos, y cuando se trata de escenarios climáticos regionales hay un importante margen de incertidumbre que debe especificarse en cada caso. En este trabajo se discuten fundamentalmente los cambios del clima proyectados para el período 2020-2040. Para este horizonte temporal, los escenarios climáticos son casi independientes de las futuras emisiones de GEI ya que las diferencias en el clima causadas por los distintos escenarios de emisiones serán todavía pequeñas. Por lo tanto son casi predicciones del clima, a menos de la

variabilidad interdecadal o de que este resulte afectado por inesperadas variaciones en la actividad volcánica y/o solar.

El único método hoy aceptado para hacer proyecciones climáticas es utilizar los resultados de los modelos climáticos globales (MCGs) alimentados por las proyecciones de emisiones de GEI. El método más simple es utilizar las salidas provistas por los MCGs en la región de estudio. Aunque este método presenta varias dificultades con respecto a su confiabilidad debido a la baja resolución espacial de los MCGs, en las condiciones actuales ofrece la ventaja que al disponerse de un buen número de modelos que representan aproximadamente el clima regional, su promedio puede reducir las incertidumbres asociadas a los resultados individuales de un solo modelo.

Los escenarios climáticos son presentados como diferencias con las condiciones presentes, en este caso de la década de 1990, para sortear la dificultad de los grandes errores sistemáticos de los modelos en los campos medios, Figuras 10 y 11. Esta es la técnica usual y se basa en la presunción de que las diferencias entre climas de distintas épocas en los modelos son iguales o muy parecidas a las del clima real. Esto no es siempre cierto, especialmente cuando el modelo representa muy mal el clima actual.

Para el periodo 2020/2040, los cambios proyectados para la precipitación en la región sur del Mercosur son en general pequeños. El promedio entre modelos indica tendencias positivas, pero no mayores al 10 % con respecto a los valores actuales. Estas tendencias serían mucho menores que las de las últimas 4 décadas, pero además los distintos modelos no concuerdan en el signo de la tendencia, por lo que debe concluirse que los cambios en general serían pequeños e inciertos en signo. Por otra parte, los modelos son consistentes en indicar una disminución de la precipitación en la región cordillerana del Comahue donde las actuales tendencias negativas de la precipitación en esa región continuarían en las próximas décadas.

De acuerdo con consideraciones físicas independientes de los modelo climáticos, los eventos de precipitaciones intensas pueden hacerse aún más frecuentes, siendo en todo caso altamente improbable que en este sentido se vuelva a las condiciones previas a 1990

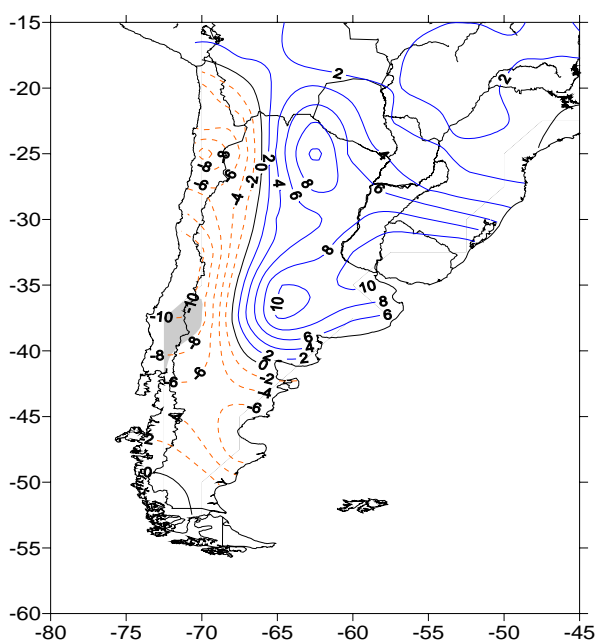
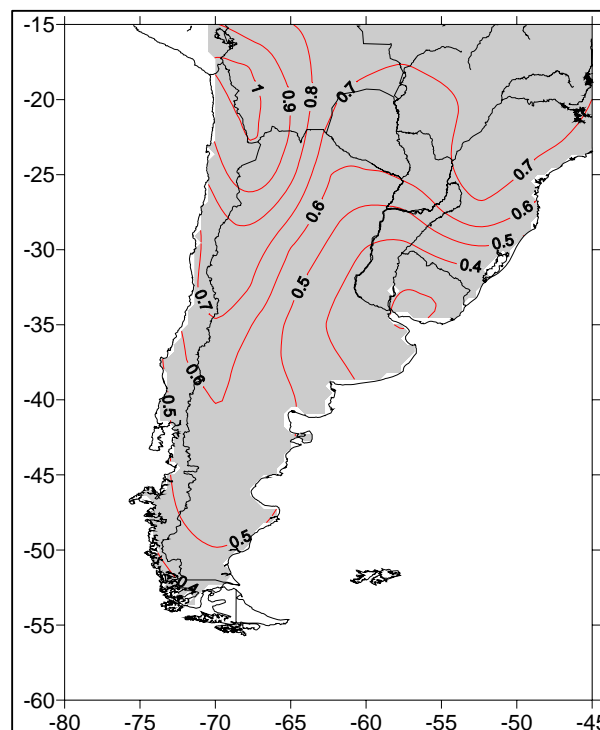


Figura 10: Cambio de precipitación media anual (%) para el período 2020-40 respecto de 1991-2000 para el escenario Alb derivado de un ensamble de 14 MCGs (Versión 2006) Las áreas sombreadas son significativas al 5%. Gentileza de I. Camilloni

En el caso de la temperatura, los distintos modelos son consistentes en proyectar aumentos de la temperatura sobre toda la región. El calentamiento será mayor en el norte, cercano a 1° C hacia el periodo 2020/2040, que en el sur y mayor en el oeste que en el este. Por lo tanto, el calentamiento futuro sumado al ya producido durante el siglo pasado, continuará impulsando el retroceso generalizado de los glaciares.

Figura 11: Cambio de temperatura media anual (° C) para el período 2020-40 respecto de 1991-2000 para el escenario A1b derivado de un ensamble de 14 MCGs (Versión 2006) Las áreas sombreadas son significativas al 5%. Gentileza de I. Camilloni



Los escenarios para fin de siglo (no mostrados aquí) tampoco indican grandes cambios en las precipitaciones medias, aunque tienen algo más de concordancia entre modelos en que en el este y centro de la región habría mayores precipitaciones. Por otra parte se acentuaría el calentamiento con incrementos de hasta 2 grados en el norte.

Ante estos escenarios los principales impactos que se visualizan son:

- h) Continuación de la alta frecuencia de precipitaciones intensas e inundaciones locales en las zonas actualmente afectadas
- i) Incerteza sobre los caudales de los ríos de la cuenca del Plata
- j) Potencial crisis del agua en Chile Central y Cuyo
- k) Continuación del retroceso de los glaciares.
- l) El aumento del estrés hídrico en la zona central y oeste de la región subtropical
- m) Afectación de algunas zonas del litoral marítimo y de la costa del Río de la Plata por el aumento del nivel del mar.
- n) Savanización del Amazonas

h) Continuación de la alta frecuencia de precipitaciones intensas e inundaciones locales en las zonas actualmente afectadas

La tendencia hacia una mayor frecuencia de tales precipitaciones es algo esperable con un calentamiento global causado por el efecto invernadero y ha sido observado en muchos

lugares de la Tierra donde, como en la región sur del Mercosur, se traduce en una mayor frecuencia de devastadoras inundaciones.

i) Incerteza sobre los caudales de los ríos de la cuenca del Plata

Las respuestas hidrológicas con respecto a la variabilidad climática, las tendencias de la precipitación y de los caudales durante las últimas décadas y los escenarios del clima para el resto del siglo, crean dudas sobre el mantenimiento de la actual oferta hídrica en la Cuenca del Plata durante las próximas décadas. Hay por lo menos tres razones para ello; la primera es que el porcentaje de cambio en los caudales se amplifica con respecto a los respectivos cambios en la precipitación o en la evaporación (Berbery y Barros 2002; Tucci 2003). Esta es una característica de la Cuenca de Plata que depende de sus condiciones fisiográficas y de su clima e implica que cambios relativamente moderados en la precipitación o en la evaporación estén asociados a grandes cambios en los caudales.

Lo segundo es que en los últimos 30-40 años los aumentos en la precipitación y en los caudales fueron muy importantes. Aunque aún no se sabe con certeza si estos aumentos se relacionan o no con el Cambio Climático global, su ocurrencia en tiempos recientes indica que podrían presentarse cambios semejantes en el futuro cercano, con sentido igual u opuesto al recientemente observado.

Una tercera y mayor preocupación es que los más recientes escenarios climáticos proyectan cambios importantes de la temperatura sobre la mayor parte de la cuenca de Plata y por lo tanto de la evaporación. Aunque estos cambios dependen de las emisiones de gases invernadero y del horizonte de tiempo, los aumentos de temperatura serían de casi 1° C en los próximos decenios en la región donde se generan la mayor parte de los caudales de la Cuenca del Plata. Por otra parte, los cambios en la precipitación serían pequeños y además inciertos.

Estos cambios en la hidrología de la Cuenca de Plata tendrían impactos considerables en la economía y la vida de la región. En particular, se vería reducida la generación de energía hidroeléctrica regional, con el agravante de que ésta es la principal fuente de electricidad de Brasil (90%) y Uruguay, y la única de Paraguay. Otros usos del agua y de los ríos, como la navegación y el suministro de agua potable de algunas localidades, se verían igualmente afectados y los problemas de contaminación se agravarían por los menores volúmenes para la dilución de los vertidos.

La sensibilidad de los caudales al calentamiento manteniendo constante la precipitación indica que en el caso del río Uruguay en un escenario de calentamiento moderado como el que se registraría dentro de dos o 3 décadas no habría mayores cambios en los caudales y estos disminuirían en un 15 %, solo hacia fin de siglo. En cambio, las respuestas de los caudales a aumentos o disminuciones de la precipitación sería sustancialmente mayores. De todas formas, de acuerdo con Saurral y otros (2008) los cambios originados por los cambios en temperatura y precipitación podrían ser menores que los que se producirían por cambio radicales en el uso del suelo sea por deforestación o por forestación total de la cuenca. En el caso del Paraná el estudio de sensibilidad indica una reducción del 7 % en los caudales para el calentamiento medio del periodo 2020-2040 y aumentos o reducciones de hasta 25% por los cambios proyectados en la precipitación según los distintos modelos

Estos estudios de sensibilidad indican que la respuesta de los caudales es menor al parámetro sobre el cual hay más certidumbre, esto es la temperatura, que a la que presenta la mayor

incertidumbre, esto es la precipitación. Con este contexto, una potencial reducción de los caudales en la cuenca del Plata debe considerarse más una amenaza que una predicción y, por lo tanto se requiere de mayores y más profundos estudios

Resulta evidente que es necesario disminuir las incertezas derivadas de la modelación climática y mejorar la modelación hidrológica, para lograr resultados que permitan avanzar en políticas de adaptación y dentro de ellas de planificación a mediano y largo plazo. Es posible que la nueva generación de MCGs y de experimentos con modelos de alta resolución permitan reducir las actuales incertidumbres y que incluso puedan arrojar luz sobre procesos climáticos de gran impacto en la cuenca del Plata como por ejemplo la variabilidad interanual e interdecadal asociada al fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur.

Mientras el nivel de incerteza no se reduzca sustancialmente, la única política posible es la de adoptar medidas que sean de todos modos beneficiosas en cualquier escenario hidrológico y o que aumenten la resiliencia del sistema en cuestión ante cualquier cambio posible.

j) Potencial crisis del agua en Chile Central y Cuyo

Para Cuyo y Chile Central, los diferentes escenarios climáticos muestran bastante concordancia entre sí, indicando un descenso de las precipitaciones sobre la Cordillera de los Andes y la zona vecina de Chile para el resto del siglo. Estas tendencias decrecientes se vienen ya registrando desde comienzos del siglo pasado. Además, los escenarios indican un calentamiento del orden de 1° C, con el consiguiente aumento de la demanda debida a la mayor evapotranspiración de los cultivos.

De acuerdo con estos escenarios climáticos y sin una política de adaptación, el actual sistema de producción agrícola de Cuyo y Chile Central, basado en el riego con el agua superficial o subterránea que proviene de la Cordillera, se tornará cada vez más vulnerable en pocas décadas.

En el caso del río Negro en el Comahue, debido a su gran caudal y su escaso uso consumptivo, el uso del agua no se verá comprometido en este siglo, ni aún en el hipotético caso de una triplicación del área bajo riego y una reducción de su caudal a la mitad. Sin embargo, como los caudales de los ríos de la región seguirían decreciendo, se seguirá afectando la generación de energía eléctrica.

k) Continuación del retroceso de los glaciares

Se estima que continuará el retroceso generalizado de los glaciares en toda la cordillera de los Andes con la consecuente pérdida progresiva de su papel regulador de los ríos y de la seguridad del suministro para riego y ciudades. La velocidad de este cambio dependerá en la segunda mitad del siglo del escenario de emisiones globales que se concrete desde la próxima década.

Actualmente apenas unos pocos glaciares están siendo monitoreados, por lo que es difícil afinar las predicciones sobre cada uno de los glaciares. Se debería expandir el monitoreo a un número mayor.

l) El aumento del estrés hídrico en la zona central y oeste de la región subtropical

En la región monsonica descrita en el apartado *f* se acentuará la problemática actual, especialmente en lo referente a los inviernos y por lo tanto las medidas de adaptación esbozadas en dicho apartado tiene sentido aún cuando la amortización de sus costos requiera de plazos prolongados.

El aumento en las temperaturas que proyectan los modelos para escenarios futuros también se trasladará a las temperaturas extremas. Para la región subtropical al este de los Andes, las olas de calor pueden ser mucho más frecuentes e intensas debido a que el flujo de aire con el que se provocan estas situaciones proviene del norte donde los calentamientos proyectados son mayores.

m) Afectación de algunas zonas del litoral marítimo y de la costa del Río de la Plata por el aumento del nivel del mar

El cambio climático podría afectar el litoral marítimo del sur de América del Sur con el aumento de la temperatura del océano, cambios en la circulación de las corrientes marinas y el ascenso del nivel medio del mar. En relación a estos aspectos, sólo se ha producido información científica relevante para el caso del aumento del nivel medio del mar

Las costas del sur de América del Sur son en general altas y por lo tanto el aumento del nivel del mar proyectado hasta mediados de siglo inundará en forma permanente muy escaso territorio. Sin embargo, las playas que se encuentran acotadas por acantilados o por la ocupación de los medanos por asentamientos urbanos o por forestación, pueden ir perdiendo gradualmente su extensión y hasta eventualmente desaparecer con gran daño al valor turístico de sus localidades. Mayor será el impacto de este aumento en las inundaciones recurrentes causadas por tormentas que impulsan las aguas sobre costas relativamente bajas como algunas del Río de la Plata, donde se espera que aumente la frecuencia de inundaciones. A ello se suma la demanda creciente de urbanizaciones costeras para el asentamiento de clase media alta siguiendo el mismo patrón global hacia el mayor poblamiento en las costas y que aumenta la vulnerabilidad al cambio climático en esas zonas.

n) Savanización del Amazonas

Muchos modelos climáticos proyectan aumentos considerables de temperatura, mayores a 5 ° C para fin de siglo en la región amazónica. Estos aumentos, aunque menores en el periodo 2020/2040 no serían compensados por aumentos de precipitación con el consiguiente estrés hídrico sobre la biosfera que se agregaría al estrés térmico. Estas condiciones irían empujando el sistema amazónico progresivamente hacia condiciones menos favorables para la selva tropical y más acordes con las de una savana. Aunque esto proceso no sería todavía muy importante en el periodo 2020/2040 seguramente ya implicaría pérdidas de biodiversidad.

4. Impactos Indirectos del Cambio Climático

El cambio climático, sus consecuencias sobre el sistema productivo global y los cambios que se originarán a partir de las medidas y políticas para enfrentarlo traerán aparejados otros impactos sobre la región, además de los directos que se han repasado en la sección anterior. Se trata de al menos tres distintas categorías que van a requerir igualmente de estudio, y diseño de políticas para enfrentarlos exitosamente.

Los cambios climáticos en otras regiones irán modificando sus posibilidades y competitividad de la producción agropecuaria y de otros recursos naturales y por tanto modificando los mercados internacionales. Este es un aspecto que en contraste con los impactos directos ha tenido escasa atención en la región, requiere de estudios para que en un futuro no muy lejano se puedan adoptar las necesarias políticas de adaptación ante estos cambios.

Las medidas y políticas para enfrentar la crisis del clima tendrán obvias implicancias en el sector energético, en los precios de los hidrocarburos y en la forma que los países se relacionan comercialmente de acuerdo con los acuerdos que se establezcan. Dada la importancia de la energía en la vida moderna, esto arrastrará otros cambios en la economía global. Hacia el interior de los países, los compromisos que eventualmente deban asumir, implicarán la promoción de unas actividades y el desincentivo de otras con la consecuente cadena de modificaciones económicas. Mirando más allá del corto plazo, y con una visión hacia mediado de siglo, es muy probable que los principales países de la región tengan que ir reduciendo sus emisiones, so pena de aislamiento internacional y desventajas comerciales.

Por último, y quizás mas lejano y a la vez sutil, pero no por eso menos importante para el tipo de inserción de los países del Mercosur en el mundo, las metas de reducción de emisiones que se plantean para no superar los 2 °C de calentamiento global, solo serán alcanzables sin enormes costos económicos, mediante una enorme revolución tecnológica impulsada por la gestión pública de las grandes naciones y bloques económicos. Ello ocurriría en medio de un proceso ya existente de aceleración de la innovación tecnológica y si bien tendrá su epicentro en el sector energético es de esperar que sus logros se expandan a otros sectores como ha sucedido con los avances tecnológicos en el pasado. Un mundo más tecnológico y en permanente evolución puede modificar drásticamente la actual estructura del comercio internacional y el camino más seguro para una inserción internacional exitosas es mejorar la resiliencia de nuestras sociedades para que puedan acompañar y aprovechar las transformaciones tecnológicas. Ello implica un renovado esfuerzo por elevar la actividad científica y tecnológica, mejorar y expandir la educación e incorporar a los sectores excluidos a la nueva sociedad del conocimiento.

5. Cooperación Regional

La adaptación al CC se implementa de acuerdo con el caso desde muy diversas medidas, tales como la construcción o modificación de infraestructura, la regulación del uso del espacio y la construcción, la implementación de seguros y otros mecanismos financieros, etc

En todo caso, como paso inicial se encuentra la correcta evaluación de los impactos del CC y sus costos tanto los mensurables en dinero como los de otra naturaleza, la vulnerabilidad del sistema afectado y los costos de las distintas opciones de adaptación. Si se trata de adaptación anticipatoria y aun en el caso de la reactiva si se pretende saber si las tendencias o cambios ya ocurridos se van a mantener en el horizonte de planificación, se debe contar con escenarios climáticos regionales lo mas confiables que fuera posible. Los modelos climáticos globales que generan estos escenarios no son por ahora producidos en la región del Mercosur, pero sus resultados están disponibles por la comunidad científica. La representación del clima regional mejora sustancialmente cuando las salidas de estos modelos alimentan modelos regionales de más alta resolución. La región cuenta con varios centros con capacidad humana y tecnológica para utilizar estos modelos regionales de alta resolución y lo han estado haciendo desde hace varios años. La cooperación regional entre estos centros podría generar escenarios climáticos

basados en promedios ponderados de los diferentes modelos, ajustando de esta forma el rango de incertidumbre de estos escenarios.

Como se ha mostrado en la sección anterior, muchos de los posibles impactos se extienden a lo largo de uno o más países de la región. La respuesta adaptativa o el planeamiento de la misma puede ser parte de un esfuerzo compartido o pueden ser transferidos de un país a otro. La misma naturaleza de ciertos impactos del CC requiere de la cooperación regional como en el caso de la erradicación de los vectores de enfermedades infecciosas.

En algunos casos, la adaptación suele requerir de una planificación y ejecución que involucra equipos multidisciplinarios de especialidades muy particulares y cuya integración es más fácil de completar en espacios geográficos mayores. Las experiencias que se realicen en materia de regulación son valiosas para ser replicadas, modificadas o simplemente comparadas en distintas jurisdicciones. Los seguros son un mecanismo de adaptación que permite manejar el riesgo climático; la continuidad geográfica de los impactos permite la transferencia de experiencias y o la extensión de las actividades en esta materia a través de la región. Las mismas razones pueden impulsar la extensión de actividades financieras relacionadas con el CC a nivel regional.

Hay grandes problemas comunes como la eventual reducción de la oferta hidroeléctrica para la cual habría que obtener regionalmente una mayor resiliencia. Este es un problema de extrema complejidad, que ofrece amplios espacios de cooperación, entre otras razones por la contigüidad geográfica y la incipiente integración energética.

Referencias

- Barros, V., L. Chamorro, G. Coronel y J. Báez, 2004: "The major discharge events in the Paraguay River; Magnitudes, source regions and climate forcings". *J Hydrometeorology*, 5. 1061-1070
- Barros, V., M. Doyle and I. Camilloni, 2008: Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and the low-level circulation. *Theoretical and Appl. Climatology*.
- Berbery E. y Barros, V., 2002: The Hydrological cycle of the La Plata basin in South America. 2002, *Journal of Hydrometeorology*, 3, 630-645.
- García, N., Vargas, W. 1998, The temporal climatic variability in the Río de la Plata basin displayed by the river discharges, *Climate Change*, Vol 38, 359-379.
- Genta, J. L., G. Pérez-Iribarren and C. R. Mechoso, 1998. A recent increasing trend in the streamflow of rivers in Southeastern South America. *J. Climate*. 11, 2858-2862.
- Re, M and V. Barros 2009: Extreme Rainfalls in SE, South America *Climatic Change* DOI 10.1007/s10584-009-9619-x
- Saurral, R., V. Barros and D. Lettenmaier. 2008: Land use effects on the Uruguay River discharge. *Geophysical Letters*
- Tucci, C.E., 2003: "Variabilidade climática e o uso do solo na bacia brasileira do Prata" pag 163-242 en el libro *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*. Editores C. Tucci y B. Braga. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 348 pag.