



# CAMBIO CLIMÁTICO, COMERCIO y COOPERACIÓN en AMÉRICA LATINA

Río de Janeiro, Brasil. 17 de Noviembre, 2009

Organiza:



Con el auspicio de:



Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe  
Banco Interamericano de Desarrollo

Con la colaboración de:



ie.  
instituto de economía



ipea  
Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Con la financiación de:



## **Estrategias de adaptación: Desafíos regionales claves en la región del Mercosur**

**Versión preliminar – No citar**

**Vicente Barros (Universidad de Buenos Aires, UBA – IPCC)**

## **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 altas incertidumbres altas que hacen difícil una adaptación anticipatoria efectiva. Afortunadamente una nueva generación de modelos de clima seguramente reduciría 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 camino 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 del cambio del clima que no puede ser evitado. 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 poder 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 en un momento probablemente histórico. Se esta 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 aquellas 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 esta siendo discutido y hay expectativas que seria 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 tercer y cuarto informe 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 tipos de actitudes según se trate de reacciones a cambios del clima que ya se han producido o que están en curso o incluso a la variabilidad natural del mismo cuando la adaptación actual es incompleta o inadecuada.

### **2.2 Tipos de adaptación**

Según la adaptación sea como respuesta a cambios ya ocurridos o a cambios por ocurrir se trata de una adaptación con modalidad reactiva o anticipatoria. Una vez comprobado el cambio, en primera instancia 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 sobre lo que es en realidad no es un cambio sino una fluctuación de largo plazo del clima. En algunos de estos casos, la naturaleza de la adaptación conlleva cambios que 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 par cambios en un horizonte temporal que sea 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 consistente cuando se plantea para actividades cuyas implicancias estarían dentro de los que par las mismas es el horizonte de planificación, es decir variando con la actividad 20 o 40 años y en ciertos casos, algo más.

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 una 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. La adaptación autónoma resulta de decisiones individuales o de pequeñas agrupaciones: es casi siempre de naturaleza reactiva y cuando los cambios climáticos son muy ostensibles se hace masiva y determinante de la actividad en la región en que se produce.

### **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 par el horizonte de planificación. El problema radica en dos aspectos relacionados con la capacidad actual de predecir el futuro climático. El primero es que no todos los modelos climáticos son capaces de reproducir el clima actual en escala regional 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 menores.

El otro limitante es la variabilidad natural del clima de escala interdecadal que en la escala regional que para el horizonte de planificación puede ser tan importante que puede llegar a ser mayor, y a veces opuesta en signo, al cambio esperable por el calentamiento global debido a las creciente concentraciones de GEI. 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 y parámetros, la temperatura media por ejemplo, las actuales diferencias entre modelos son pequeñas, y la escasa variabilidad interdecadal por un lado y el conocimiento de la dinámica del clima por otro permiten estimar con alta probabilidad 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 hayan durado por décadas y hayan afectado sectores socioeconómicos y sistemas ambientales. Como ya se han detectado importantes tendencias y/o variaciones interdecadales en algunos climas regionales, es importante facilitar la adaptación a los mismos por los grandes impactos que

están causando, mas allá de que hayan sido o no originados por el aumento de las concentraciones de GEI, aspecto este de difícil dilucidación. A tal efecto, y ante la presencia de adaptaciones autónomas, los sectores afectados deberían ser ayudados con conocimiento científico y tecnología a mejorar este tipo de adaptación.

- c) Adaptación a aquellos cambios futuros en el horizonte temporal de planificación. Estas iniciativas se limitan a aquellos cambios sobre los que hay poca incertidumbre.
- d) Adaptación anticipatoria en los que la misma es de todos modos beneficiosa cualquiera sea el CC 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:

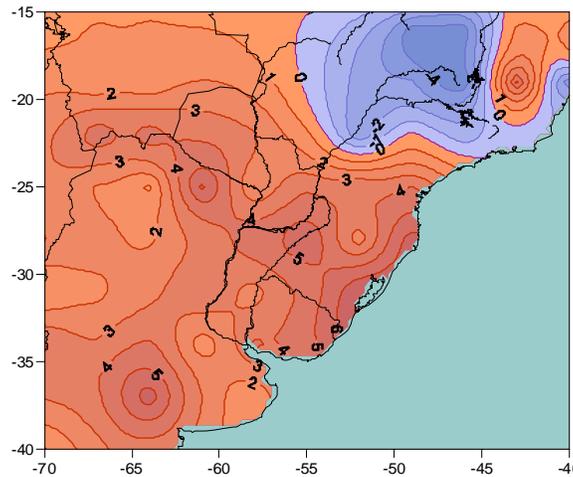
- a) Aumento de las precipitaciones medias anuales en Uruguay, casi toda la Argentina y muy especialmente en el Noreste y en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional., y en el sur de Brasil, En el caso de Paraguay la tendencia en general es también positiva pero depende de cual es periodo considerado.
- 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, incentivada 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 Perú 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. 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.

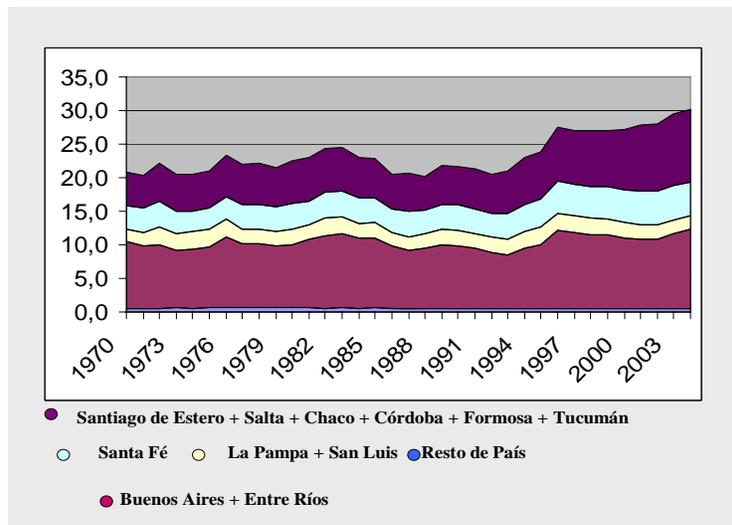
Aunque las series de datos de precipitación de la década de 1960 en el Mato Grosso son escasas, la información en el este y sur de Brasil es suficiente como para concluir que hubo tendencias negativas en una amplia región, figura 1. Los mayores aumentos, del orden de 200 mm, se produjeron en el oeste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

Estas 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

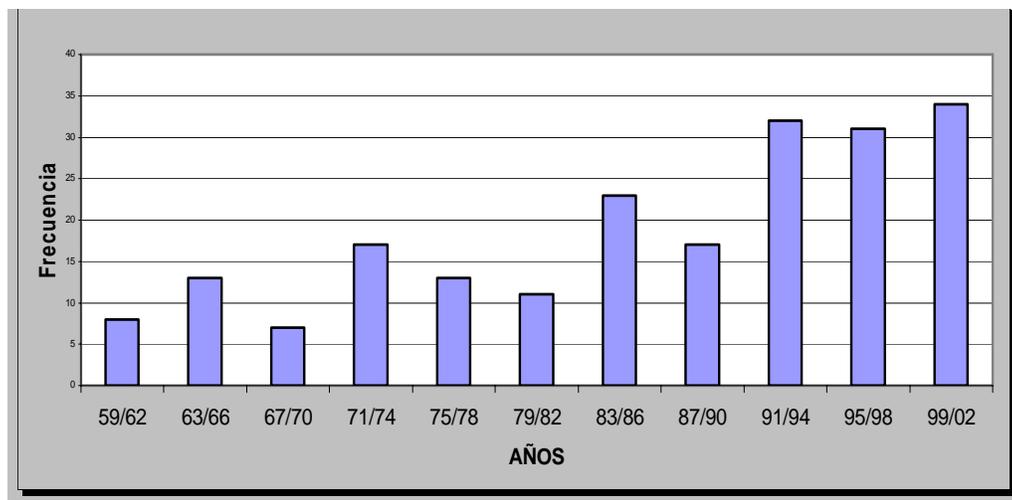
Cabe destacar que este proceso de adaptación a las nuevas condiciones climáticas se realizó en forma autónoma, es decir como resultado de decisiones individuales masivas y sin una planificación previa centralizada ni de parte del estado ni de agentes u organismos técnicos o financieros. Como todo proceso de adaptación autónoma, fue de naturaleza reactiva, es decir no se adelantó a los cambios sino que tuvo lugar a posteriori de los mismos. 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 y vientos destructivos. 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.

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 1992. Es evidente que a la tendencia positiva se agregó un salto a comienzos de la década de 1990. De este modo, mientras que 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, en la década del 90 se triplicaron sumando más de 30 casos en cada cuatrienio. Los resultados que aquí se presentaron sobre las precipitaciones extremas se remiten hasta el año 2002 debido a que los estudios aún no han avanzado hasta fechas más recientes. 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.



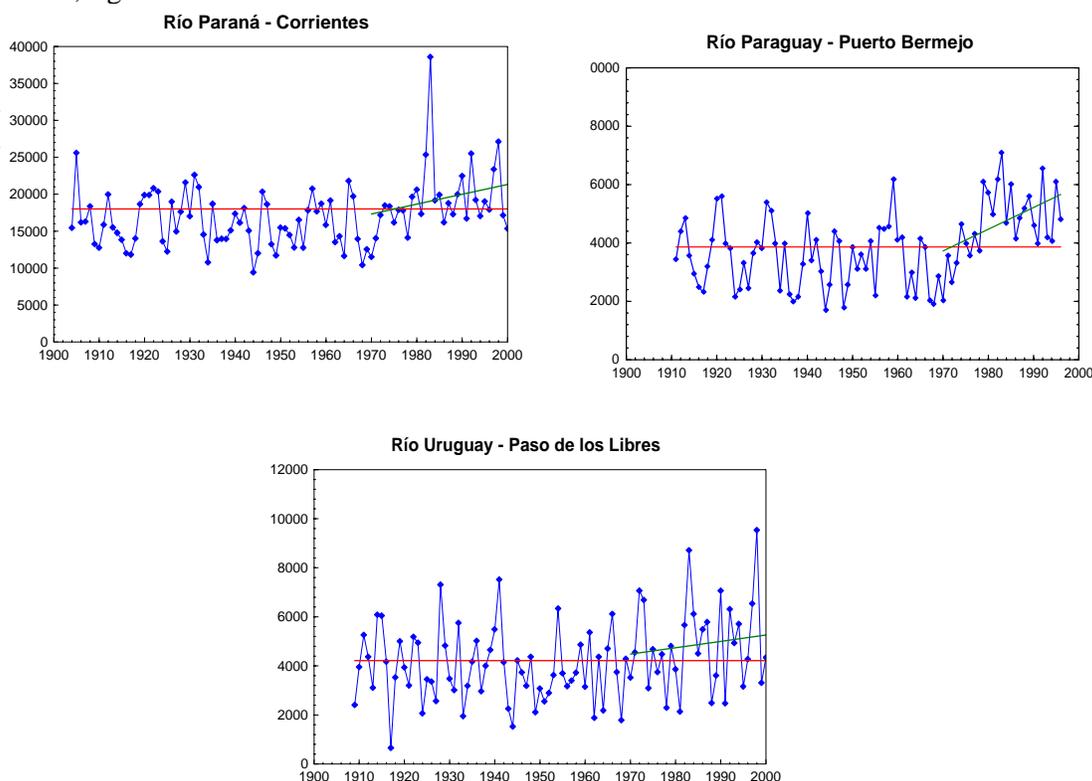
**Figura 3:** *Precipitaciones mayores a 100 mm en no más de dos días en 16 estaciones de la región Centro y Este de Argentina. Las frecuencias muestran el número de casos en los periodos de cuatro años indicados*

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. Este aumento de la frecuencia de precipitaciones intensas esta ocurriendo en muchas regiones del planeta y es probablemente 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 de la infraestructura. Sobre este cambio no hay todavía demasiada conciencia, incluso en los sectores técnicos, razón por la 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. Por otra parte, es necesario en algunos casos revisar la infraestructura que puede ser afectada por estas lluvias, ahora mucho mas frecuentes, Igualmente, 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. En esa región hubo un importante aumento de las precipitaciones, principalmente en 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 de 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 y lo mismo ocurrió con el río Uruguay (García y Vargas 1998; Genta et al 1998, Barros et al 2004). Este aumento a partir de la década del 70, también se registró en otros ríos de menor caudal y afluentes de los anteriores y fue en general del 20 al 30 %.

En las zonas subtropicales como las de la cuenca del Plata que se caracterizan por altas temperaturas y un relativamente escaso declive, 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 hace que solo una fracción minoritaria de esta agua escurra hacia los ríos, alimentando sus caudales. En el área norte de la cuenca del Plata, la evaporación anual más la infiltración varían entre un 65 y 75 % y los caudales anuales varían 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 si, 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 vulnerables a los cambios climáticos.

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 en el este de Paraguay y en gran parte de la cuenca brasileña del Paraná, para ganadería y cultivo del café en un principio y para el cultivo de soja después. 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.

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 de los cambios climático razonablemente esperable. 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.

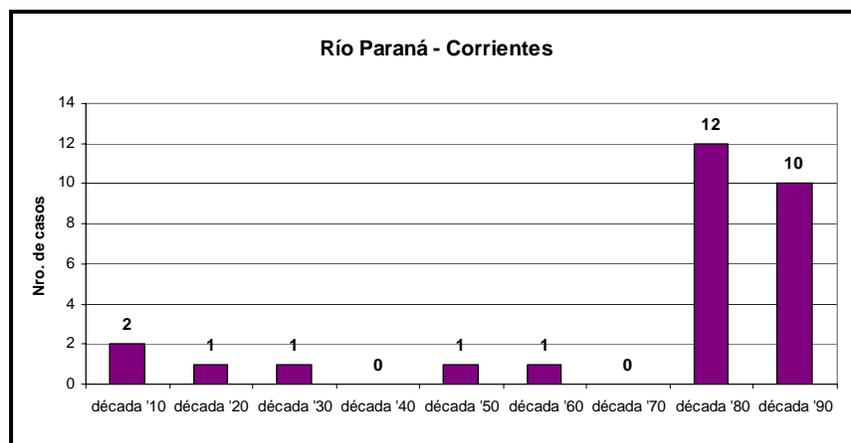
Los mayores caudales medios representaron enormes beneficios para las represas hidroeléctricas que generaron mucha mas energía que la que se había previsto al momento de su construcción. El caso mas paradigmático es el de Itaipú, que después de muchos años de beneficios decidió aprovechar aún más los mayores caudales agregando dos turbinas. Esto es ciertamente una medida de adaptación a condiciones más beneficiosas.

Las grandes inundaciones de llanura, especialmente en Buenos Aires y las inundaciones ribereñas de los grandes ríos de la cuenca del Plata son una consecuencia negativa del

aumento de las precipitaciones en zonas inundables o en las regiones imbríferas de los ríos de la cuenca del Plata siendo las catástrofes de origen natural que mayores daños económicos y sociales causaron en la región en los últimos tiempos.

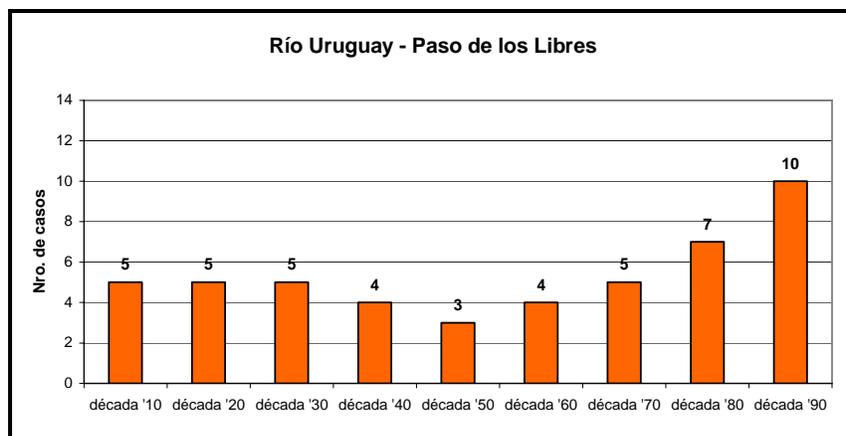
En la primera mitad del siglo pasado hubo pocas inundaciones importantes en las áreas ribereñas de los tres grandes ríos del sistema del Plata. En el caso del Paraná, después de la gran crecida de 1905 pasaron más de 60 años para que se produjera un evento con caudales, cercanos o superiores a 50.000 m<sup>3</sup>/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 paraguayos como por su duración que se prolonga 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 m<sup>3</sup>/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 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. 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.

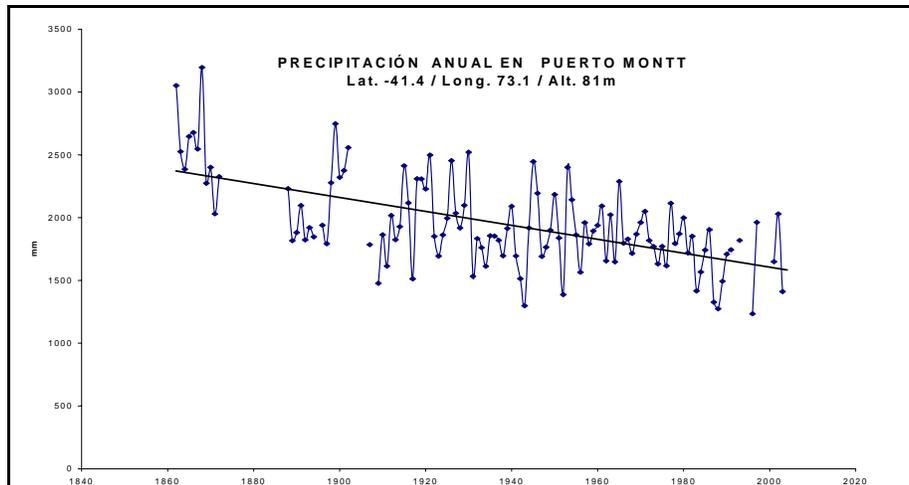
Esto se suma a las pérdidas en el sector agropecuario, de forma que en algunos años, los daños directos de las inundaciones han disminuido la producción, reducido las exportaciones y afectado las economías de las regiones inundadas. Probablemente, los daños mediatos, generalmente no mensurados, han sido 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 más significativas están las defensas en las orillas de los grandes ríos del Litoral realizadas en la década d 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*

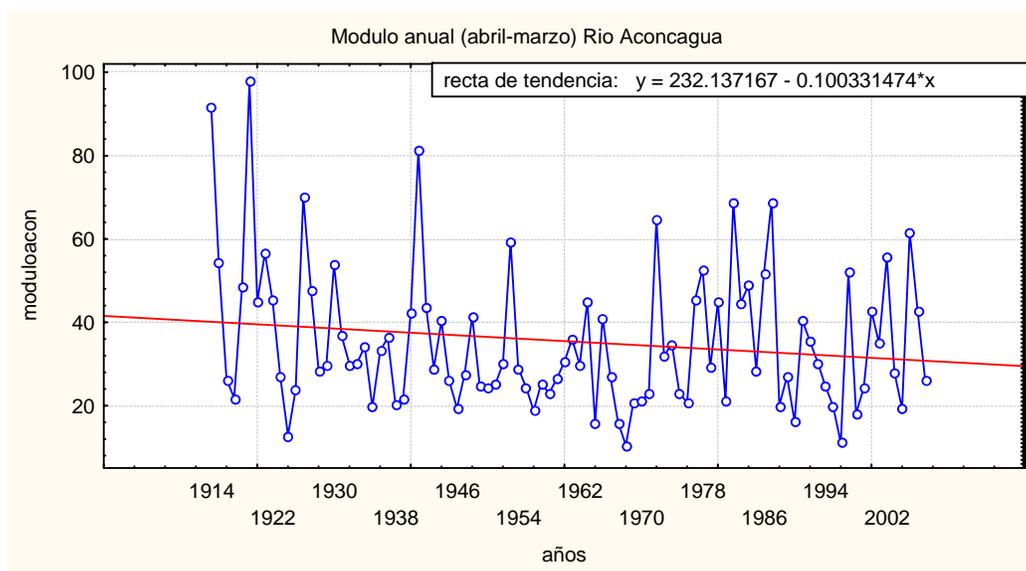
Cuando se producen nevadas en la cordillera, generalmente los sistemas meteorológicos que las causan también producen las precipitaciones en las localidades chilenas al oeste de los Andes y viceversa. La precipitación en toda la región chilena entre 30 y 42° S, con registros que en algún caso datan del 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, por lo menos en la segunda mitad del siglo pasado que es desde cuando se dispone de registros de datos de muchos años en el Comahue y en la zona oeste de la Patagonia argentina.



**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.

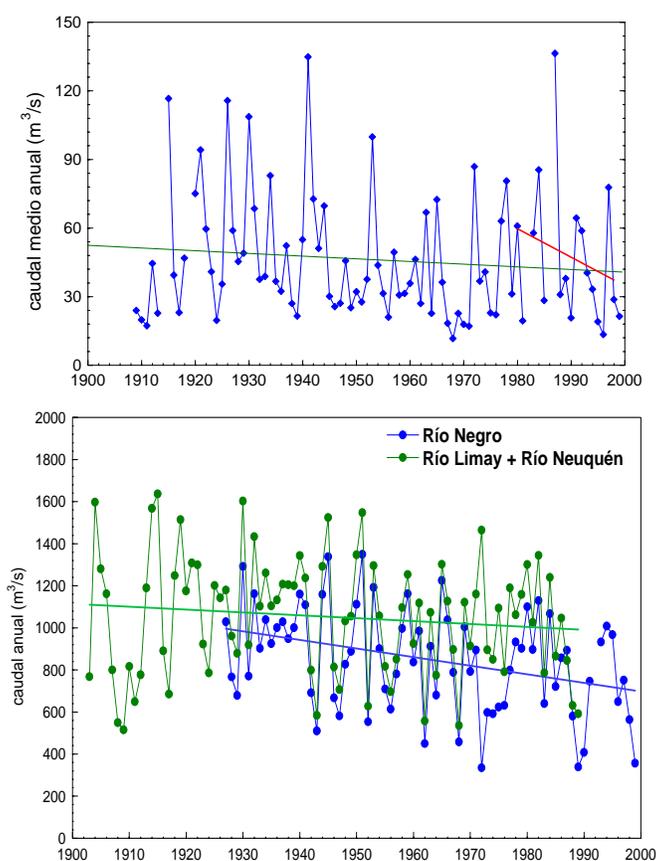


**Figura 8:** Caudales medios anuales ( $m^3/s$ ) en el río Aconcagua. Se indica la tendencia lineal para el período total con información disponible (línea roja)

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. Ello sugiere una disminución de las masas de hielo almacenadas en los glaciales de las altas montañas que son la principal fuente reguladora de estos ríos, como por otra parte 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 hídrica 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 Perú 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 Perú, Bolivia, Argentina y Chile. 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 la s 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 demandará una inversión mucho mayor, tanto pública como 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 CC

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 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 en los ámbitos provinciales y en el nacional.

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 favorece 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 se produjeron hasta 40° S. Otra enfermedad transmitida por mosquitos que se encuentra en forma endémica en la región tropical es la fiebre amarilla 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 CC y 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 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 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.

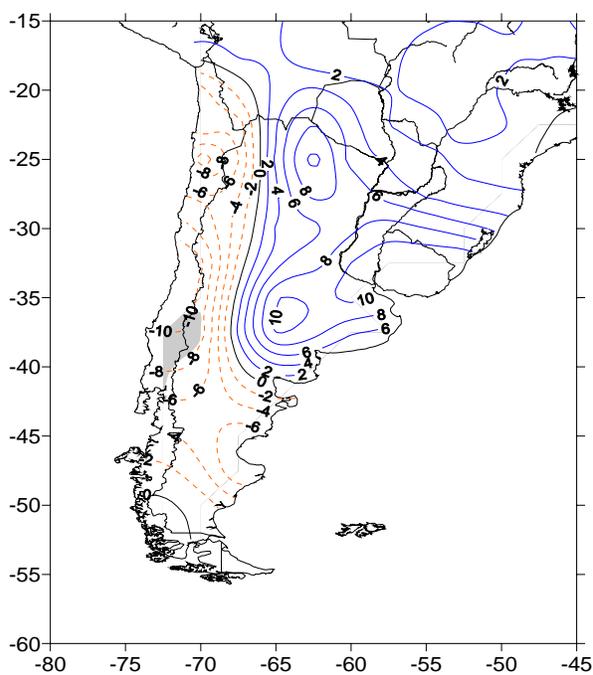
Los escenarios climáticos son presentados como diferencias con las condiciones presentes, en este caso de la década de 1990, para sortear la dificultad de los grandes errores sistemáticos de los modelos en los campos medios, Figuras 10 y 11. Esta es la técnica usual y se basa en la presunción de que 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

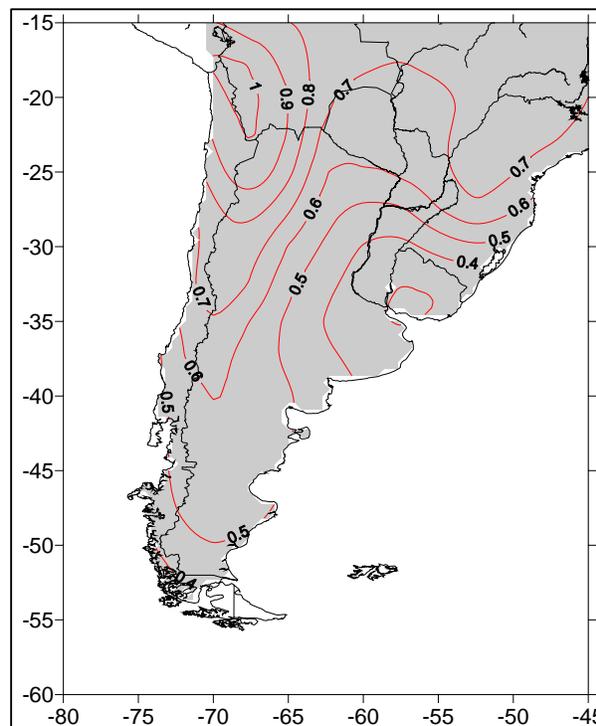
En el caso de la temperatura, los distintos modelos son consistentes en proyectar aumentos de la temperatura sobre toda la región. El calentamiento será mayor en el norte, cercano a 1° C hacia el periodo 2020/2040, que en el sur y mayor en el oeste que en el este. Por lo tanto, el calentamiento futuro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

el retroceso generalizado de los glaciares.



**Figura 10:** Cambio de precipitación media anual (%) 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

**Figura 11:** Cambio de temperatura media anual ( $^{\circ}$  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 en 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 intrínseca de la Cuenca de Plata que depende de sus condiciones fisiográficas y su clima e implica que cambios relativamente moderados en la precipitación o en la evaporación estén asociados a grandes cambios en los caudales, lo que hace que las actividades dependientes del agua tengan una potencial vulnerabilidad al Cambio Climático.

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 (2009) 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 (Rusticucci et al 2003) 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 CC 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 este proceso no sería todavía muy importante en el periodo 2020/2040 seguramente ya implicaría pérdidas de biodiversidad.

#### **4. 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 par 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**

Detalles a completar en la versión final