

ISSN 1806-4051  
Vol.3 - no. 2 - (jul./dez. 2006)

# Regga

REVISTA DE GESTÃO DE ÁGUA DA AMÉRICA LATINA  
REVISTA DE GESTION DEL AGUA DE AMERICA LATINA





EDITORES EXECUTIVOS

Carlos E. M. Tucci, IPH, UFRGS, Brasil  
Andrei Jouravlev, CEPAL, Chile

EDITORES ASSOCIADOS

Adolfo Villanueva  
Andrei Jouravlev  
Ari Rosemberg  
Arlindo Phillippi  
Armando Bertranou  
Gino Gehling  
Daniel Joseph Hogan  
David Motta Marques  
Eduardo Lanna  
Eduardo Mario Menciondo  
Eduardo von Sperling  
Eduardo Zegarra  
Ernesto Brown  
Francisco Lobato  
Geraldo Lopes da Silveira  
Gisela Dam Forattini  
Humberto Peña  
Ingrid Illich Müller  
Ivanildo Hespanhol

João Viegas Filho  
José Nilson B. Campos  
Juan Carlos Alurralde  
Juan Carlos Bertoni  
Juan José Neiff  
Luis Ayala  
Luis Garcia  
Márcia Maria Rios Ribeiro  
Márcio B. Baptista  
Martin Lascano  
Miriam Moro Mine  
Mônica Porto  
Nelson Pereira  
Nilo de Oliveira Nascimento  
Pierre Chevallier  
Roger Monte  
Valeria Nagy de O. Campos  
Vicente Vieira  
Victor Pochat

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos  
Av. Bento Gonçalves, 9500 – IPH/UFRGS  
Caixa Postal 15029  
CEP 91501-970 – Porto Alegre, RS, Brasil  
Fone: (51) 3493-2233 / 3308-6652  
Fax: (51) 3493 2233  
E-mail: rega@abrh.org.br

IMPRESSÃO

Editora Evangraf  
Rua Waldomiro Schapke, 77 – Porto Alegre, RS  
Fone (51) 3336-0422

CAPA / PLANEJAMENTO GRÁFICO / EDITORAÇÃO  
Carla M. Luzzatto e Fernando Piccinini Schmitt

Rega / Global Water Partnership South America. – Vol.  
3, no. 1 (jan./jun. 2006) –  
Santiago: GWP/South America, 2005 –  
v.

Semestral  
ISSN 1806-4051  
1. Recursos hídricos. I. Global Water Partnership  
South America.

CDU 556.18

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL

*Pede-se permuta . We demand exchange. Se pide permuta.*

# Rega

**Rega** é uma revista proposta pelo GWP Global Water Partnership da América do Sul e conta com a parceria de várias entidades nacionais e regionais na área de recursos hídricos, entre elas: CEPAL, BID, Banco Mundial, ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, IARH - Instituto Argentino de Recursos Hídricos, RedeCap-Net Argentina, APRH - Associação Paraguaia de Recursos Hídricos, Sociedade Brasileira de Limnologia, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, Organização dos Estados Americanos e RIGA - Red de Investigación y Gestión Ambiental de la Cuenca del Plata.

Os objetivos da revista são de divulgar o conhecimento adquirido nas Américas sobre a Gestão Integrada de Recursos Hídricos. Considera-se importante a troca de informações entre os diferentes atores na área de recursos hídricos: técnicos, decisores de governo e instituições privadas, membros de comitê e agências de bacias, usuários de águas, etc.

Os principais aspectos enfatizados são os seguintes: - resultados comparativos e experiências sobre políticas públicas em recursos hídricos; - estudos sobre a cadeia produtiva dos diferentes setores de recursos hídricos; - gerenciamento integrado dos recursos hídricos dentro de uma visão interdisciplinar; - aspectos institucionais e de gestão de recursos hídricos e meio ambiente; - setores usuários da água e impactos sobre a sociedade.

**Rega** es una revista propuesta por la GWP-Global Water Partnership de América del Sur, y cuenta con el apoyo de varias entidades nacionales y regionales en el área de recursos hídricos, entre ellas: CEPAL, BID, Banco Mundial, ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, IARH - Instituto Argentino de Recursos Hídricos, Red Cap-Net Argentina, APRH - Asociación Paraguaya de Recursos Hídricos, Sociedade Brasileira de Limnologia, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Organización de los Estados Americanos y RIGA - Red de Investigación y Gestión Ambiental de la Cuenca del Plata.

El objetivo de la revista es divulgar el conocimiento adquirido en las Américas sobre la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Se considera importante el intercambio de información entre los diferentes actores en el área de Recursos Hídricos: técnicos, tomadores de decisiones del gobierno y de instituciones privadas, miembros de comités y agencias de cuenca, usuarios de recursos hídricos, etc.

Los principales aspectos enfatizados son los siguientes: - resultados comparativos y experiencias sobre políticas públicas en recursos hídricos; - influencia económica de los recursos hídricos sobre las cadenas productivas; - gestión y gerenciamento integrado de recursos hídricos dentro de una visión interdisciplinaria; - aspectos institucionales y de gestión de recursos hídricos y medio ambiente; - sectores usuarios del agua e impactos sobre la sociedad.



# Regga

REVISTA DE GESTÃO DE ÁGUA  
DA AMÉRICA LATINA  
REVISTA DE GESTIÓN DEL AGUA  
DE AMERICA LATINA

Vol.3 - N.2 - Jul./Dez. 2006

Prefácio da edição Bacia do rio da Prata / **5**

Visão dos recursos hídricos na bacia do Prata / **7**  
*Carlos E. M. Tucci*

Macro-análise-diagnóstico transfronteiriço  
do programa marco da bacia do Prata / **29**  
*Antonio Eduardo Lanna*

La visión argentina sobre los problemas  
y la gestión de los recursos hídricos  
en su jurisdicción en la cuenca del Plata / **43**  
*Ana Mugetti, Percy Nugent, Rosa María Di Giacomo,  
Gustavo Cruzarte, Sebastián Ludueña,  
María Josefa Fioriti, Ignacio Enriquez,  
Raquel Zabala, César Magnani,  
María Cristina Moyano e Ilana Arensburg*

Gestão de recursos hídricos transfronteiriços:  
experiência da bacia do rio da Prata / **59**  
*Julio Thadeu Silva Kettelhut  
e Patrícia Rejane Gomes Pereira*

Caracterización del clima de la cuenca del Plata / **67**  
*Vicente Barros, Alice Grimm,  
Andrew Robertson e Mario Núñez*

Eventos Hidrometeorológicos Extremos.  
Caracterización y Evaluación de Métodos  
de Predicción de Eventos Extremos de Clima  
y de la Hidrología en la Cuenca del Plata / **83**  
*José A. Marengo, Angel Menéndez,  
Alexandre Guetter, Terri Hogue e Carlos R. Mechoso*

El cambio climático y la gestión de los recursos hídricos  
de la Cuenca del Plata / **97**  
*Vicente Barros*

## Prefácio da edição Bacia do Prata

A bacia do Prata é, por sua dimensão e disponibilidade hídrica, uma das maiores e mais importantes do mundo. Esta bacia é compartilhada por Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai. Os esforços dos países em concretizar acordos destinados ao uso de seus recursos naturais ocorreram antes dos anos 60, mas somente depois deste período começaram a se concretizar. O primeiro esforço foi a criação do Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países do Prata, em 1969. Este tratado foi inovador e chave para um enfoque de desenvolvimento integrado, além de possibilitar os entendimentos para que de imediato se realizassem importantes investimentos no uso do potencial energético e facilitar o transporte fluvial.

A posterior integração comercial da Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai no Mercosul, do qual a Bolívia participa como membro observador, vem dinamizando a região e pressionando com modificações dos padrões do uso do solo e dos recursos naturais. A partir deste momento, a região atua no fortalecimento da defesa internacional de seus interesses. Os vínculos comerciais internos se multiplicam e o comércio intra-regional cresce aceleradamente com a assinatura do Tratado de Assunção, que cria o Mercosul em 1997. Novos esquemas de integração física são iniciados, como a implantação de acordo para Hidrovia Paraguai-Paraná.

As mudanças na bacia envolvem novos desafios ambientais para o seu desenvolvimento sustentável, em particular no papel que a água tem no desenvolvimento socioeconômico. Os problemas tradicionais vinculados com a variabilidade do clima mostram que a bacia do rio da Prata é uma das mais afetadas quanto aos aspectos sociais e econômicos nas inundações cíclicas e persistentes secas.

As modificações no uso do solo e no comportamento do clima alteram os condicionantes hidrológicos modificando a vulnerabilidade da bacia a desastres naturais e a sua gestão ambiental. A bacia do Prata possui desafios onde uma importante proporção da população vive em condições de

pobreza e, apesar de ocuparem um ambiente com diversidade e rico, não usufruem deste benefício. Neste cenário o desenvolvimento econômico e social desejado dentro do projeto deve ser amplo, com esforço de consciência e educação relativa à natureza que o sustenta.

Os governos dos cinco países que integram o CIC preparam um Programa Marco buscando fortalecer sua visão, identificar e priorizar os problemas que são comuns, assim como suas principais causas, e os problemas a serem enfrentados. Este programa estabeleceu ações estratégicas para orientar o processo de planejamento, com vistas ao desenvolvimento econômico e social ambientalmente sustentável da região, para ser executado de forma coordenada pelos cinco países.

A iniciativa do CIC para preparar o Programa Marco para a gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da bacia do Prata com relação aos efeitos da variabilidade e mudança climática (Programa Marco) foi canalizada e financiada pelo Global Environmental Facility (GEF), por meio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) como sua agência de implementação. A OEA atuou como agência executora regional de apoio ao CIC. Esta etapa se desenvolveu entre os anos 2003 e 2005. A execução do Programa Marco, com uma duração prevista de cinco anos, será iniciado no ano de 2008.

Neste número da REGA são apresentados alguns artigos que resumem os resultados da preparação do Programa Marco, permitindo um melhor entendimento dos aspectos de Gestão dos Recursos Hídricos e do clima regional. O primeiro artigo apresenta a Visão da Bacia que retrata um diagnóstico da bacia, do qual participaram todos os países. O artigo seguinte trata da Macro-Análise, diagnóstico transfronteiriço da bacia também dentro de uma perspectiva regional, que seguiu a visão. Nos dois artigos seguintes são apresentados os resultados desenvolvidos dentro dos países da bacia Argentina e Brasil. Estes quatro artigos permitem entender o conjunto dos aspectos da gestão na bacia. No grupo

seguinte de três artigos é apresentada inicialmente uma caracterização do clima, seguido pela identificação dos eventos extremos que sempre estiveram dentro das preocupações regionais, terminando com a avaliação da mudança climática e sua relação com a gestão na bacia.

Esta é a primeira edição da REGA com abrangência de uma bacia Latino-Americana, que espe-

ramos, no futuro, seja ampliada para outras bacias do continente.

CARLOS E. M. TUCCI  
SILVIA RAFAELLI

Editores da edição especial  
sobre a Bacia do Prata

# Visão dos recursos hídricos na bacia do Prata

Carlos E. M. Tucci

**RESUMO:** A Visão dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata tratou do diagnóstico integrado dos principais aspectos que norteiam o desenvolvimento e a conservação dos recursos hídricos na bacia e; elaborar uma *proposta de ações* que visem a melhoria da qualidade de vida da população e a conservação ambiental, dentro dos fundamentos do desenvolvimento sustentável, tendo em conta a variabilidade climática. As ações potenciais numa bacia transfronteiriça podem ser do tipo: *cooperação, transferência de conhecimento e informação, uniformização dos padrões e o desenvolvimento de projetos cooperativos transfronteiriços.*

Para o desenvolvimento desta visão foram preparados cinco relatórios nacionais (Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai) e um documento que sintetizou o conjunto da bacia. Este artigo é um resumo regional considerando o diagnóstico e as ações propostas.

**PALAVRAS-CHAVE:** planejamento, avaliação, recursos hídricos, cuenca del Plata.

**ABSTRACT:** Water Resources Vision of La Plata Basin was developed for an assessment of the integrated aspects of the water resource development and conservation in the basin and the framework of actions to improve the quality of life of the population and conservation inside of the concepts of sustainable development and taking into account the climate variability. The main actions of a transboundary basin where based on the following lines: *cooperation, knowledge transference and information, development of standards and the development of cooperative projects.*

In the development of this vision were prepared five reports of the countries of the Basin (Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguay and Uruguay). This paper is summary of the consolidation of the five reports in a regional report in a regional perspective.

**KEY WORDS:** planning, assessment, water resources.

## INTRODUÇÃO

A Visão dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata trata de uma análise integrada dos recursos hídricos na bacia e o levantamento das principais ações potenciais para a sua gestão, considerando a qualidade de vida da população e a conservação ambiental e o risco da variabilidade climática. O estudo foi desenvolvido para o CIC - Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países da Bacia do Prata com a participação dos países da região, en el contexto del “Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático”, proyecto que contó con financiamiento del GEF y apoyo técnico y administrativo de la ODSMA/OEA, a través del PNUMA, como su agencia de implementación. Foi preparado um termo de referência e desenvolvido um relatório por país (Mugetti et al, 2004; Milliet, 2004; Genta et al 2004; Coelho et al, 2004; Chamorro, et

al,2004). Estes documentos analisaram, dentro da perspectiva nacional e transfronteiriça, os principais problemas e as ações para sua solução. Os relatórios passaram por avaliação dos setores de governo e da sociedade através de workshops. Este artigo resume o relatório integrado da bacia que sintetiza os documentos nacionais e desenvolve uma perspectiva transfronteiriça. O relatório nacional foi consolidado em workshop internacional.

A seguir é apresentada uma visão conceitual sobre gestão integrada dos recursos hídricos e das ações numa bacia transfronteiriça, os usos e impactos dos recursos hídricos, impactos dos usos do solo, sobre a sociedade e variabilidade climática.

## GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS EM BACIAS TRANSFRONTEIRIÇAS

São 145 países em águas transfronteiriças e correspondem a 45,3 % da área da terra. As duas principais

bacias transfronteiras da América do Sul são a do rio Amazonas e do rio da Prata. A área total da América do Sul em águas transfronteiras é de 60% (Wolf et al 1999). Biswas (1999) cita a conferência de Estocolmo em 1972 e as discussões entre as águas compartilhadas e a gestão das bacias transfronteiras e destaca o texto do princípio 21 desta conferência: “...*Estados têm ... o direito de soberania para explorar seus próprios recursos buscar suas próprias políticas ambientais e a responsabilidade de garantir que as atividades dentro de sua jurisdição ou controle não produzam danos ao meio ambiente de outros Estados ou áreas além dos limites da jurisdição nacional*”

Desde 1974 a International Law Commission (ILC) buscou estabelecer elementos para gestão das águas transfronteiras dos “usos não-navegáveis”. Em 1997 a Assembléia das Nações Unidas aprovou a Convenção sobre a lei de Usos não-navegáveis dos rios transfronteiras”. Esta convenção necessita ainda ser ratificada pelos países. Esta convenção definiu algumas terminologias, critérios de desenvolvimento e conservação, como evitar a transferência de impactos, cooperação de informações básica, troca de informações sobre planos e ações, prevenção e proteção, entre outros. Os artigos desta Convenção são vagos e não estabelecem mecanismos de avaliação dos impactos que poderiam estar sendo transferidos de uma bacia para outra. As relações causa-efeito em muitos processos que relacionam o sistema terra-água (Waterbury, 1997) nem sempre são de fácil comprovação. Esta foi uma tentativa de buscar consenso em alguns aspectos sobre a gestão de águas transfronteiras, mas muitos países não ratificaram porque desejavam termos que permitissem a gestão conjunta.

Duda e La Roche (1997) identificaram as dificuldades dos arranjos transfronteiras e dentro das Estratégias operacionais do GEF (Global Environmental Facilities) propuseram práticas adotadas pelas comissões dos Estados Unidos e Canadá com relação às bacias transfronteiras como: (a) criar uma base neutra e de confiança entre as nações; (b) nivelar as negociações entre pequenas e grandes nações; (c) promover mecanismos para trabalhar junto em desenvolvimentos compartilhados na bacia sem a perda de soberania.

### COOPERAÇÃO ATRAVÉS DO CIC NA BACIA DO PRATA

Em 1967 os países da bacia do rio Prata estabeleceram o CIC Comitê Intergovernamental Coordena-

dor dos países da Bacia do Prata com a finalidade de desenvolver as ações de interesse comum dentro da bacia. Este comitê é presidido de forma rotativa e tem sede em Buenos Aires. Em 1969 os governos aprovaram o tratado da Bacia do Prata, que entrou em vigor em agosto de 1970, com o objetivo de desenvolver esforços conjuntos para promover o desenvolvimento e a integração física da bacia e suas áreas de influência direta. Este tratado tinha como objetivo específico o entendimento, dentro da área de recursos hídricos, para: facilitar a navegação; utilização racional da água com uso múltiplo equitativo; preservação e o fomento da vida animal e vegetal; projetos de interesse comum relacionado com o inventário, avaliação e o aproveitamento dos recursos naturais da área.

Ao longo do tempo, houve ênfase no pragmatismo de tratados bilaterais de interesse mútuo dos países, além da criação do FONPLATA, que é um fundo de financiamento de projetos na região. Na década de noventa dois programas especiais foram aprovados pelo CIC e criadas contrapartidas técnicas dos países, sobre: sistema de alerta hidrológico e; monitoramento de qualidade da água.

No final de 1996 foi aprovado um convênio de Cooperação técnica regional entre o BID e o CIC, com fundo não reembolsável, para elaboração de estudos necessários à preparação de projetos de investimentos dentro do âmbito dos programas citados. O estudo visava: (a) desenvolver um diagnóstico da bacia quanto a Qualidade da água e Alerta hidrológico e; (b) definir um conjunto de projetos específicos a serem detalhados e submetidos a agências de financiamento pelos países. Em 1997 um grupo de consultores foi contratado para desenvolver os estudos referidos, concluído em 1998 com o título “Sistema de informações sobre a qualidade da água e para o alerta hidrológico da Bacia do Prata primeira etapa: diagnóstico e dimensionamento” (CIC, 1998). Este estudo foi desenvolvido segundo as seguintes etapas: (a) Identificação preliminar das fontes pontuais e dispersas da bacia; (b) Estimativa expedita das cargas contaminantes lançadas pelas diferentes fontes, e elaboração de um diagnóstico global da Bacia, neste aspecto; (c) Identificação das áreas de risco de inundação na Bacia que mereçam um tratamento prioritário; (d) Monitoramento detalhado das descargas ou áreas associadas a zonas de risco de inundação identificadas; (e) Avaliação geral e relatório final. Lanna e Tucci (1999) apresentaram um resumo do *Workshop Sistema Georeferenciado de*



*Informações Hidrológicas da Bacia do Prata* em Foz de Iguaçu de 14 a 15 de outubro de 1999, e dos projetos discutidos, onde participaram representantes dos países. Recomendaram a criação de uma secretária técnica para o CIC baseada em parte dos fundos obtidos com o desenvolvimento dos projetos propostos. Com a implementação da secretaria técnica foi iniciado o programa de “Gestão Sustentável dos recursos hídricos na Bacia do Prata e sua relação com a modificação e a variabilidade climática”, que tem como objetivo principal reunir esforços para apoiar os governos dos países da bacia quanto ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos da bacia dentro da visão de sustentabilidade.

## VISÃO CONCEITUAL DA GESTÃO TRANSFRONTEIRIÇA NA BACIA DO PRATA

### Condicionantes e princípios

Os mecanismos para a gestão da bacia se baseiam em condicionantes e princípios como: *Bacia transfronteiriça*: quando mais de um país compartilha uma mesma bacia hidrográfica; *A independência e soberania dos países*: tomada de decisão em cada território é de atribuição dos Estados (países); *O complexo conjunto de interesses de vários países*: os interesses de

desenvolvimento econômico, social e ambiental e estratégias de cada sociedade dentro de um universo globalizado; *A dimensão espacial e temporal dos recursos hídricos*: variabilidade e modificação climática da disponibilidade hídrica que atua com base da infraestrutura e conservação ambiental.

As ações são desenvolvidas segundo: *cooperação* em ações conjuntas onde benefícios mútuos dos países podem ser atingidos; na *transferência de experiência e conhecimento entre os países e regiões* para que os países venham a praticar os princípios fundamentais do desenvolvimento sustentável; na *troca de informações hidrológicas, ambientais e desenvolvimento econômico e social* que permita analisar a bacia como um todo dentro dos princípios da gestão de bacias; na *compatibilidade entre os planos, e a gestão de ações que visem o desenvolvimento sustentável*: Quando possível desenvolver ações conjuntas para o planejamento de ações que contribuam para o conhecimento e tomada de decisão.

Para que sejam desenvolvidos os princípios foram previstos dois componentes fundamentais (figura 1): *Avaliação* de conjunto da bacia, parte preponderante desta visão e; *Ações* para o desenvolvimento da bacia.

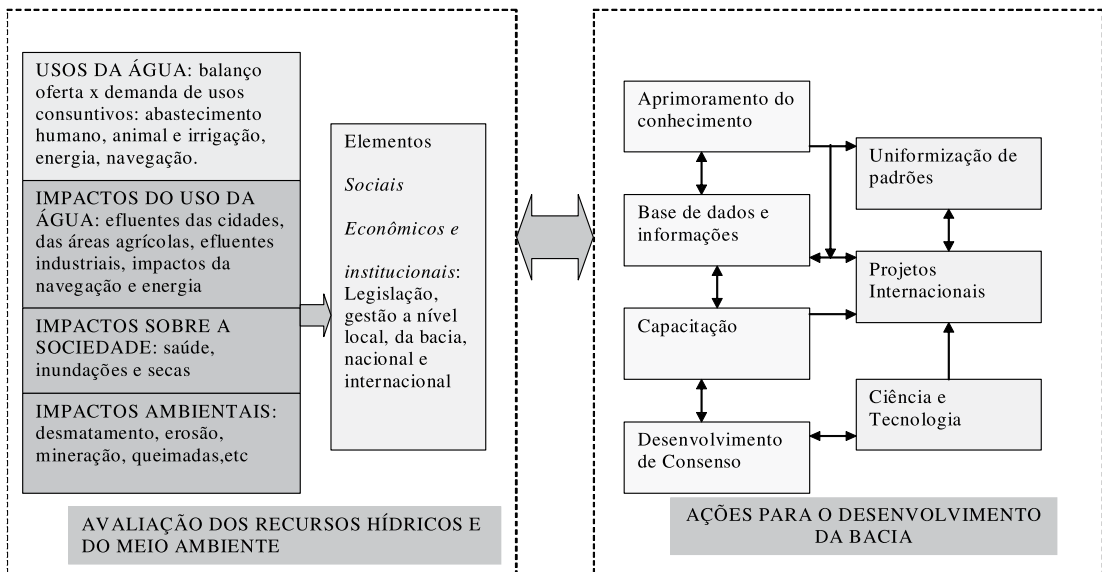


FIGURA 1. Visão dos Recursos Hídricos e do meio ambiente da Bacia do Prata.

As ações foram aqui ordenadas segundo várias linhas, destacadas a seguir.

*Aprimoramento do conhecimento para gestão:* Para que a gestão dos recursos hídricos seja possível é necessário ter um bom conhecimento do comportamento dos sistemas naturais e suas interações com o meio antrópico. Após o diagnóstico destacado no item anterior foram identificados vários temas que não estão suficientemente conhecidos e necessitam estudos mais detalhados quanto ao entendimento do comportamento de processos hidrológicos e ambientais e sua integração com os usos dos recursos hídricos.

*Uniformização dos padrões e metas de interesse comum:* Os países da região possuem condições diferentes quanto aos diferentes aspectos dos recursos hídricos. A uniformização busca obter um padrão mínimo de condições nos diferentes países.

*Intercâmbio de informações, conhecimento e experiências:* A base de dados de uma bacia hidrográfica é essencial para o seu desenvolvimento. Da mesma forma as experiências existentes na bacia e o conhecimento do comportamento das sub-bacias são elementos que permitem melhor planejar o conjunto das ações, tornando os seus resultados eficientes.

*Desenvolvimento de consenso:* O conhecimento em recursos hídricos convergiu para consensos internacionais que hoje são a base de desenvolvimento dos recursos hídricos transfronteiriços. Da mesma forma é possível estabelecer consensos regionais quanto a objetivos, metas e processos dentro da Bacia do Prata que permita apoiar as ações transfronteiriças e internas de cada país. As ações envolvem a identificação dos elementos (instrumentos e âmbitos) de consenso na gestão de recursos hídricos que permita orientar as diferentes entidades que gerenciam a região e favorecer a participação responsável.

*Cooperação em Capacitação e Ciência e Tecnologia*  
As ações relacionadas com a formação de pessoal e pesquisadores e o desenvolvimento de conhecimento para solução de problemas regionais. Todas as ações que promovam a capacitação em diferentes níveis e a ação conjunta de pesquisadores, cooperação entre centros de pesquisa se enquadram dentro deste conjunto.

*Projetos transfronteiriços e projetos pilotos:* Os projetos transfronteiriços e projetos pilotos são entendidos como os projetos de repercussão internacional na região. Os mesmos podem ser dentro de um país que tenha conseqüências transfronteiriças para a solução de problemas comuns entre mais de um país.

## BACIA DO PRATA

### Características físicas

A Bacia do Prata (figura 2) possui área de cinco países da América do Sul: Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai. O principal rio é o Paraná, pois este se torna rio da Prata quando se junta ao rio Uruguai próximo da foz do rio Prata no Oceano Atlântico. É a segunda bacia da América do Sul em área, depois da Amazônica, com 3,1 milhões de km<sup>2</sup> e a quinta do mundo. A Bacia do Prata é importante para a economia dos países da região, pois 70% do PIB dos cinco países são gerados na bacia, onde se localizam 50% da população dos mesmos. Os principais rios, suas áreas e a parcela em cada país são apresentados na tabela 1.

No extremo Norte da bacia estão o Planalto Brasileiro e a Amazônia. No Leste os limites variam das cabeceiras do rio São Francisco a Serra do Mar. No extremo Oeste os limites são a cordilheira dos Andes e no Sul pequenas altitudes das *coxilhas* gaúchas. As altitudes variam desde cotas superiores a 1500 m no

TABELA 1  
Distribuição da área da bacia entre os países (OEA, 1969)

Sub-bacia	Área 103km <sup>2</sup>	%	Argentina 103km <sup>2</sup>	%	Bolívia 103km <sup>2</sup>	%	Brasil 103km <sup>2</sup>	%	Paraguai 103km <sup>2</sup>	%	Uruguai 103km <sup>2</sup>	%
Paraná	1 510	48,7	565	37,5			890	59	55	3,5		
Paraguai	1 095	35,3	165	15,0	205	18,7	370	33,9	355	32,4		
Uruguai	365	11,8	60	16,4			155	42,5			150	41,1
Prata	3 100	100	920	29,7	205	6,6	1 415	45,7	410	13,2	150	4,8

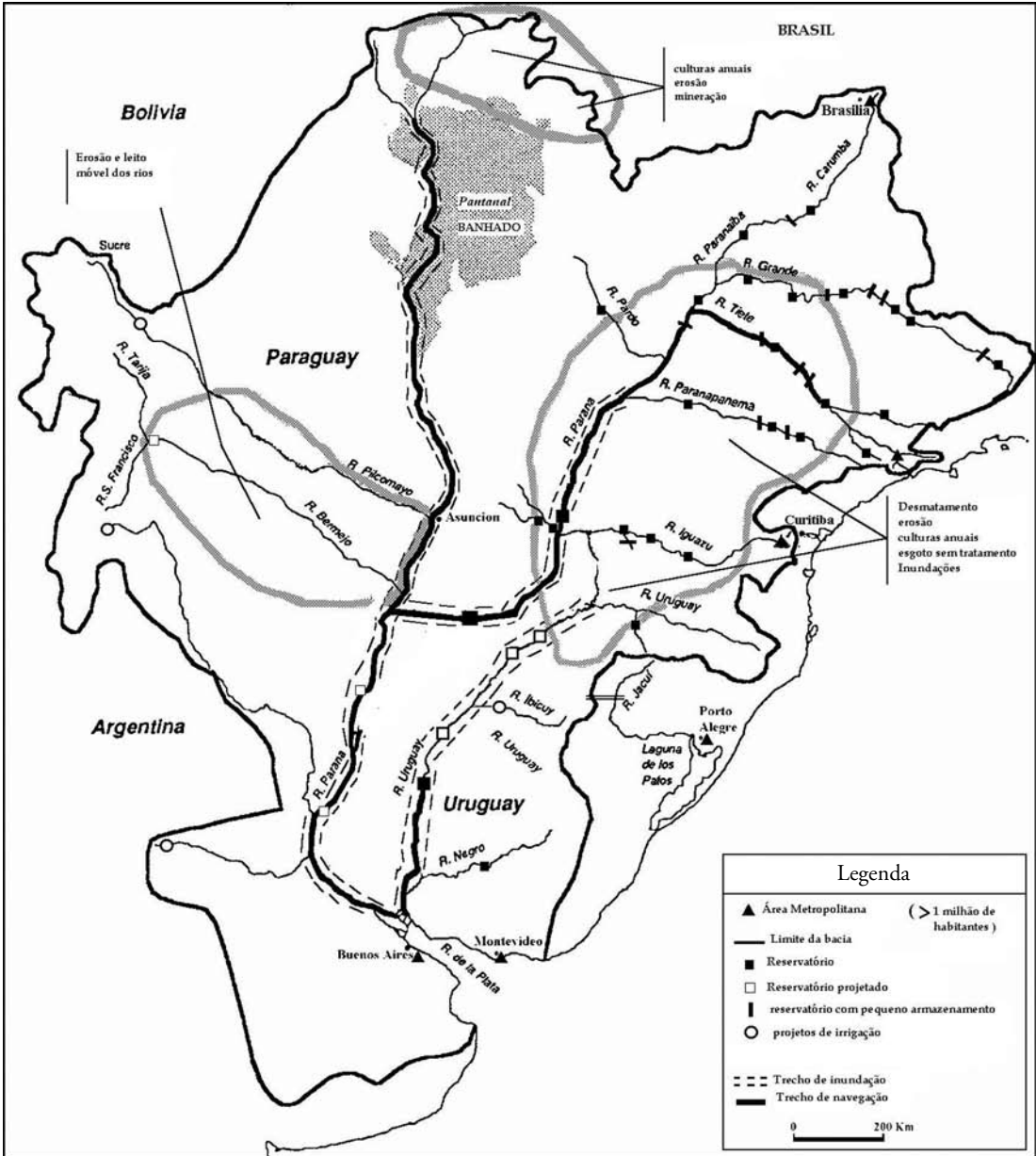


FIGURA 2. Bacia do Prata (Tucci e Clarke, 1998)

extremo Leste para apenas 200 m no Sul. Nos limites a oeste observa-se cotas da Cordilheira Andina de 1.000 a 4.000m. A precipitação anual diminui tanto de Norte para o Sul, como de Leste para Oeste. Estas precipitações variam de cerca de 1800 mm próximo a Serra do Mar no Brasil para 200 mm nos limites oeste da bacia, onde existem regiões semi-áridas. Na tabela 3 são apresentados os valores de vazão média de longo período para alguns locais da bacia, mostrando a contribuição de cada rio na junção dos mesmos. Quando o rio Paraguai (1.095 milhões de km<sup>2</sup>) chega no rio da Paraná, contribui com 18,6% da vazão total e o rio Paraná (1.510 milhões de km<sup>2</sup>) com 81,4 %. Já quando o Paraná se junta com o Uruguai para formar o rio da Prata, a vazão do rio Paraná representa 76,3 % do total. O rio Uruguai possui alta vazão específica, principalmente devido as suas características de precipitação e relevo, enquanto que o rio Paraguai possui baixa vazão específica devido às extensas áreas de inundação como o Pantanal brasileiro e o Chaco Paraguaio que retém grande parte do volume para criar o *habitat* de terras úmidas.

### ASPECTOS INSTITUCIONAIS

Os aspectos institucionais destacados neste documento são a legislação, gestão, sistema de informações, capacitação e ciência e tecnologia. Na tabela 3 é apresentado um resumo da situação dos aspectos institucionais. Dois países possuem legislação de recursos hídricos de abrangência nacional (Brasil e Uruguai). Na Argentina o direito da água é das províncias, não existe domínio nacional. cNa Bolívia e no Paraguai existem propostas em discussão. Países de grande dimensão como Brasil e Argentina um dos fatores preponderantes é a relação entre o governo central e os estados ou províncias.

Os conflitos que aparecem são sobre os direitos do uso da água e conservação ambiental, onde os setores usuários mais organizados dentro de cada país possuem maior peso na definição da legislação, ou são elaboradas legislações setoriais. Com relação ao direito da água a tendência regional é a definição pela água como bem público com outorga para uso público ou privado. A gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente é realizada pelas entidades públicas que aplicam a legislação dos recursos hídricos no país, seja a nível federal ou estadual (provincial) e mesmo municipal. As características de atribuição estabelecida pelas legislações e as estruturas de governo definem os condicionantes de governabilidade dos

recursos hídricos em cada país. A tendência geral é que o processo de gestão integrada descentralizada através da bacia hidrográfica, mantendo-se as ações específicas dos diferentes setores preponderantes em cada país como: água e saneamento, energia, irrigação e navegação. Estes são setores de serviços possuem dinâmica própria através de empresas constituídas pelo Estado que prestam o serviço e geralmente não possuem, fiscalização específica, com raras exceções. Com concessão dos serviços para empresa privadas foram criadas agências reguladoras

A gestão da água nos países tem uma forte interação com o Meio Ambiente, na medida que em alguns países é a lei ambiental que dá suporte a gestão das águas, como no Paraguai, enquanto que Argentina, Brasil e Uruguai, existe uma separação entre a gestão da água e do meio ambiente. Na Bolívia existe um Ministério da Água, mas não possui todas as atribuições.

### USOS E IMPACTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A Bacia do Prata possui grande diversidade espacial de usos da água e conservação de diferentes biomas e sistemas hídricos (figura 2). Os principais usos são: abastecimento de água doméstico e industrial, Irrigação, hidrelétricas, navegação e recreação. Os principais impactos sobre os sistemas aquáticos podem ser classificados em função dos usos da água e do solo. Os impactos devido aos usos da água na bacia do rio Prata identificados estão nos seguintes grupos: (a) efluentes domésticos, industrial e pluvial das cidades; (b) águas pluviais de áreas agrícolas contaminados por pesticidas e erosão do solo; (c) efluentes de criação de animais como aves e suínos; (d) efluentes de mineração; (e) impacto sobre sistemas hídricos devido a obras hidráulicas como de barragens para hidrelétricas, irrigação, abastecimento de água, navegação e recreação; (f) alteração dos sistemas hídricos como rios e lagos. Na tabela 4 são apresentados os principais usos e impactos.

### IMPACTOS DO USO DO SOLO

Os impactos dos usos do solo geralmente estão relacionados com o seguinte: (a) erosão e sedimentação devido a práticas agropecuárias, urbanização, mineração, ou infra-estruturas como estradas, pontes, diques, etc; (b) desmatamento e reflorestamento; (c) urbanização; (d) queima de matas e florestas.

TABELA 2  
Algumas características dos principais tributários

Rio	Distância de montante	Área da bacia 103km <sup>2</sup>	Vazão média anual m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
<b>Paraná</b>			
Confluência com Paranaíba e Grande	1200 km (Paranaíba) e 1000 km (Grande)	376	4 370
Confluência com o Paraguai	2 540	975	11 800
Foz	3 780	1 510	17 700
<b>Paraguai</b>			
Até Cáceres	420	33,8	345
Foz	2 620	1 095	2 700
Uruguai	1 600	365	5 500

TABELA 3  
Aspectos institucionais\*

País	Lei de Águas	Características	Direito	Domínio	Entidades
Argentina	Não	Atribuição constitucional é das províncias enquanto que a nação tem atribuição concorrente e da navegação.	Público	O domínio dos recursos naturais é das Províncias	Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios - Secretaría de Obras Publicas; Subsecretaria de Recursos Hídricos - Dirección Nacional de Políticas Coordinación y Desarrollo Hídrico; Dirección Nacional de Proyectos Obras Hídricas; Diferentes entidades provinciales.
Bolívia	Não	Os elementos legais atuais se baseiam em regulamentos e leis setoriais; CONIAG para diálogo entre o governo e os meios econômicos.		Setorial	Dirección General de Cuencas, del Ministerio de Desarrollo Sostenible
Brasil	Sim	Lei 9.433 de janeiro de 1997 estabelece a política nacional de recursos hídricos; Lei n. 9984 de 2000 cria a Agência Nacional de Águas; Os Estados possuem legislação de RH.	Público	Federal para rios Transfronteiriços e entre Estados.	CNRH-Conselho Nacional de Recursos Hídricos; SRH – Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério de Meio Ambiente; ANA – Agência Nacional de Águas; Diversas secretarias ou departamentos nos Estados.
Paraguai	Não	Existe um conjunto de legislações regulamentos relacionados com meio ambiente		setorial	Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos- Secretaria del Ambiente
Uruguai	Sim	Código de água nacional existente desde 1979, com modificações e inter-relações com meio ambiente	O domínio misto: público ou privado	setorial	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) por meio da Dirección Nacional de Hidrografía (DNH).

\* situação em 2004.

TABELA 4  
Usos e conflitos da água na Bacia do Prata

Bacia	Impactos dos usos da água	Usos
Uruguai	Nas estiagens ocorrem cenários de conflito entre abastecimento de água e irrigação nas sub-bacias do Quaraí (transfronteiriça) e Ibicuí; No alto Uruguai: conflitos do lançamento de efluentes urbanos, rurais (avicultura e suinocultura) e de indústria de celulose, e abastecimento de água da população. No trecho inferior conflito entre Argentina e Uruguai sobre a construção de fábricas de papel no Uruguai junto ao rio Uruguai.	Abastecimento humano e irrigação, hidrelétricas, produção industrial animal.
Paraguai	Contaminação dos rios devido à falta de tratamento de esgoto das cidades; Navegação e conservação ambiental: conflitos para alteração da capacidade de escoamento dos leitos e potencial redução do volumes para as áreas de inundações; Compatibilidade entre a conservação ambiental e turismo com a produção agropecuária;	Abastecimento de água, Navegação, meio ambiente, recreação, produção agropecuária
Paraná	Aproveitamentos hidrelétricos e navegação no rio Tietê e parte do Paraná; Aproveitamentos hidrelétricos e irrigação e abastecimento das cidades. Uso da água regularizada das hidrelétricas para abastecimento; Efluentes dos grandes centros urbanos sem tratamento e abastecimento de água a jusante. espécies invasoras com impactos nas hidrelétricas	Navegação, hidrelétricas, irrigação e abastecimento humano e industrial, navegação;
Prata	Efluentes das cidades sem tratamento; Efluentes industriais; Navegação: dragagem, derrames, espécies invasoras, etc	Navegação, abastecimento de água humana industrial, recreação e meio ambiente

TABELA 5  
Desmatamento nos estados de São Paulo, Paraná e leste da bacia do Paraguai

Ano	Cobertura original do Estado de São Paulo %	Ano	Cobertura original do Estado do Paraná %	Ano	Cobertura original* %
< 1886	81,8	< 1890	83,4	1945	55
1886	70,5	1890	83,4	1960	45
1907	58,0	1930	64,1	1970	35
1935	26,2	1937	58,7	1980	25
1952	18,2	1950	39,7	1990	15
1962	13,7	1965	23,9		
1973	8,3	1980	11,9		
		1990	5,2		

\* Leste do Paraguai (Anderson Jr. et al ,1993).

Com relação ao impacto do uso do solo (que englobam a maioria dos itens acima) é importante considerar: a erosão do solo em função de práticas agrícolas e o uso de fertilizantes que potencialmente pode contaminar com pesticidas os sistemas hídricos regionais. Bosch e Hewlett (1982), Bruijnzeel (1995) e Sahin et al (1996) apresentaram vários experimentos de pequenas bacias no mundo e concluíram o seguinte: o desmatamento aumenta a vazão média; desmatamento seguido de cultivo anual que usa maquinaria para preparação do solo é o que apresenta grande aumento do escoamento médio. Na tabela 5 é apresentada a alteração do uso do solo no Alto rio Paraná. No Rio Grande do Sul, onde um terço da sua área corresponde parte da bacia do rio Uruguai, no início do século vinte 40% do Estado era coberto por florestas e atualmente, restaram 2,6%. No Planalto do rio Paraguai, no seu afluente, o rio Taquari o uso do solo também se alterou com plantações de soja e aumento significativo do rebanho de gado. O aumento de erosão nesta bacia tem sido significativo com importantes efeitos a jusante no Pantanal.

Problemas semelhantes ocorrem no rio Bermejo, afluente do rio Paraguai na Argentina devido às próprias características do rio de grande declividade e leito móvel, ampliada por ações antrópicas ao longo da bacia. Um dos principais aspectos agrícolas ocorre no rio Uruguai, no seu trecho médio, próximo a divisa de Argentina, Brasil e Uruguai devido ao intensivo uso de água para irrigação. Na bacia do rio Quarai, que faz a divisa do Brasil e Uruguai, existem conflitos quanto aos usos da água e representa uma das bacias transfronteiras onde requer uma atenção especial quanto ao gerenciamento dos recursos hídricos. A bacia do Ibicuí, toda em território brasileiro, apresenta também importantes conflitos de uso de água para abastecimento e irrigação nos meses de verão. No rio Paraná a construção de polders interrompeu o corredor natural de habitats de Deltas. Da mesma foram as cidades como Posadas em Misiones, a área industrial do baixo Paraná em Rosário, Zárate e Campana em Buenos Aires se estende por mais de 100km destruindo habitats ribeirinhos.

## IMPACTOS SOBRE A SOCIEDADE

Os impactos sobre a sociedade devido aos recursos hídricos são as inundações, as doenças de proliferação no meio aquático e a falta de água na estiação. No entanto este último também pode ser classificado dentro da disponibilidade e demanda.

## Saúde

A água pode gerar impactos positivos ou negativos sobre a saúde humana, sendo que a natureza de tais impactos depende de aspectos relacionados à quantidade, qualidade e da relação dos grupos populacionais com a água, que envolve, inclusive, os aspectos culturais (BRASIL, MMA,2003). Tanto ocorrem doenças relacionadas à escassez de água quanto ao excesso. Existem vários riscos associados ao consumo e ao manuseio da água, que podem ser coletivos ou individuais, imediatos ou de longo prazo. Os riscos de curto prazo estão mais associados à presença de microorganismos patogênicos, como é o caso de doenças diarreicas e gastroentéricas. Os riscos de médio e longo prazo estão mais associados aos contaminantes químicos e radioativos, podendo ser citadas as doenças que afetam os sistemas neurológicos, hepáticos, renais e circulatórios, efeitos de mutagenicidade e teratogenicidade. Estão relacionados a esses riscos de contaminação os agrotóxicos, metais pesados e toxinas de algas. Existem vários fatores relacionados aos recursos hídricos que interferem no quadro de saúde da população. O quadro epidemiológico das doenças relacionadas à água está mais diretamente vinculado ao precário quadro de saneamento básico dos países da região. A baixa oferta dos serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de drenagem urbana e a disposição inadequada de resíduos sólidos, bem como as condições inadequadas de moradia estão fortemente associadas aos elevados casos de morbidade e mortalidade de doenças como diarreias, verminoses, hepatites, infecções cutâneas e outras. A diarreia, com mais de 4 bilhões de casos por ano em todo mundo, é a doença que mais aflige a humanidade (OPAS, 1998, citada pelo MMA, 2003).

No Brasil existem 11 capitais brasileiras que apresentam racionamento da oferta de água, dentre elas São Paulo(SP), Campo Grande(MS), Cuiabá(MT) e Brasília(DF), ficam na Bacia do Prata. O racionamento de água e a intermitência no abastecimento são problemas que influenciam na saúde, por aumentar a vulnerabilidade de contaminação dos sistemas de distribuição de água. Isso se agrava ainda mais pelo fato da população recorrer a formas inadequadas de armazenamento da água (PNSB/IBGE-2000, citado pelo MMA,2003). Dentre as doenças diretamente veiculadas pela água, no Brasil são registrados cerca de 1,5 milhão de casos anuais. As doenças de origem hídricas mais frequentes na Argentina são as gastrintestinais agudas, a paratifóide, a febre tifóide,

as parasitosis intestinais, o Arsenicismo, a Fluorosis e a metamoglobineamia (CEPIS, 2000).

A diarreia é a doença de origem hídrica mais freqüente. As doenças intestinais constituem 60% das consultas hospitalares no grupo de 1 a 10 anos de idade (OPS, 1998). A incidência de cólera na Bolívia em 1992 afetou principalmente as comunidades indígenas na província de Salta do lado Argentino, devido a inadequados sistemas de saneamento. As cidades mais afetadas foram do Pilcomayo e Bermejo e San Martín com 2080 casos com taxa de mortalidade de 1,6% em 1993. Reduziu-se depois disto chegando a 12 casos em 1998.

### Eventos Extremos

Os eventos extremos são: inundações e secas. A inundações é um dos maiores problemas da Bacia do Prata. A maioria dos rios possui uma planície de inundações muito grande que tem sido ocupada pela população e uso agropastoril.

As inundações ocorrem em áreas **ribeirinhas**, quando o rio inunda as margens dos rios naturalmente durante os períodos chuvosos, gerando impactos na população que ocupa estas áreas. Os impactos ocorrem devido a ocupação das áreas de risco durante anos de pequenas inundações. Quando chega uma inundações maior o impacto é significativo. Também ocorrem na drenagem urbana devido à urbanização, na medida que a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento através de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta produz inundações mais freqüentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento era natural. Estes dois efeitos podem ocorrer isoladamente ou combinados. As inundações ribeirinhas ocorrem em bacias de grande médio e porte (> 500 km<sup>2</sup>) no seu trecho onde a declividade é baixa e a seção de escoamento pequena, enquanto que as inundações na drenagem urbana ocorrem em pequenas bacias urbanizadas (1 - 100 km<sup>2</sup>), a exceção são grandes cidades como São Paulo e Buenos Aires, entre outras

O rio Paraguai possui grandes planícies de inundações e um regime de escoamento muito lento quando ocorrem inundações das suas margens. No rio Paraná e nos seus tributários como o Iguaçú existem muitas cidades nas margens que são inundadas com grande freqüência, principalmente depois dos anos 70. No trecho na Argentina, as cidades de Resistência, Corrientes, Rosário e Santa Fé sofrem impactos impor-

tantes das inundações. Santa Fé possui um sistema de *polders* para proteção contra cheias ribeirinhas, ficou com níveis do Paraná cerca de um ano acima dos níveis de algumas ruas na inundações de 83. Em 2003, ocorreu inundações pelo rio Salado que atingiu grande parte da cidade. Na maioria das cidades da região, a ocupação da área de risco ocorreu no período de desenvolvimento econômico dos anos 60 até o início de 80, quando houve um período de inundações maiores. Neste período os danos foram muitos grandes. O rio Uruguai também apresentou impactos importantes nas inundações, principalmente no seu trecho inferior em São Borja, Itaqui, Uruguiana e algumas cidades dos seus afluentes como Alegrete. No trecho inferior na Argentina Uruguai se observaram também grandes inundações recentes a jusante da barragem de Salto Grande.

A inundações necessita de uma abordagem mais ampla por parte dos governos, já que os municípios não possuem capacidades institucional, econômica e técnica para resolvê-lo. O cenário comum é o de declarar calamidade pública por parte do Estado ou Província e município, o governo nacional fornece recursos a fundo perdido, que pode ser gasto sem concorrência pública dentro de seis meses. Este gasto geralmente é realizado no atendimento de pessoas e recuperação de infra-estrutura pública.

As secas representam períodos anômalos com relação ao clima existente em que a disponibilidade é pequena aumenta a demanda em conjunto com a redução do escoamento. O efeito perverso no clima é que quando ocorre redução da precipitação, ocorre aumento da evapotranspiração, principalmente em clima tropical ou sub-tropical onde se encontra grande parte da bacia. Este processo amplifica a redução do escoamento. A Bacia do Prata tem passado por período longo com vazões acima da média (tabela 7), onde se observaram secas em trechos de bacias de baixa regularização natural, ou seja em pequenas e médias bacias. São variabilidades naturais onde a vazão é inferior a 10% da sua vazão média. Nos trechos transfronteiriços e de grandes bacias isto não tem ocorrido, mas as séries hidrológicas mostram que no passado ocorreram períodos de estiagens que estrangulariam a economia e a sustentabilidade dos países da bacia.

No rio Paraguai o período entre 1960 e 1973 apresentou níveis de água e escoamento muito inferior aos períodos anterior (1900 a 1960) e posterior (1973-2000). A diferença de nível chegou a 2,0 m no rio Paraguai em Ladário, representando diferenças de



níveis de inundação da Planície da ordem de 16.000 km<sup>2</sup> no período seco e da ordem de 50.000 km<sup>2</sup> no período posterior mais úmido. Um forte componente climático associado ao uso do solo produziu os mais variados impactos sobre a sociedade e ao meio ambiente regional.

No rio Uruguai observa-se em várias séries do rio Uruguai e de outras bacias no Rio Grande do Sul que a década de 1942 a 1951 apresentaram precipitações muito abaixo da média. TUCCI (1991) mostrou que ao dimensionar um reservatório no Alto Uruguai sem este período o volume seria reduzido pela metade. Considerando que a maioria das séries disponíveis para a gestão dos recursos hídricos são recentes (iniciando na década de 60 ou mesmo na década de 70) a infra-estrutura dos países desta bacia estão sub-dimensionados e sujeitos a forte impacto no seu desenvolvimento e economia.

#### VULNERABILIDADE A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E MODIFICAÇÃO CLIMÁTICA

A variabilidade hidrológica é resultado das alterações ocorrem na entrada e saídas dos sistemas hídricos. As principais entradas são a precipitação e a evapotranspiração (que depende de outras variáveis climáticas), enquanto que a principal variável de saída é o nível e a vazão de um rio. Os principais efeitos da variabilidade estão relacionados com: (a) Variabilidade natural dos processos climáticos; (b) Impacto da modificação climática; (c) Efeitos do uso da terra e alteração dos sistemas hídricos.

A relação entre as variáveis de entrada e saída apresentam um comportamento não-linear. Observam-

se nos dados que nos anos com valores extremos (inundações e secas) a resposta da bacia se amplifica com relação a variação adimensional da precipitação. Esta condição ocorre devido a proporcionalidade como os valores de precipitação se relacionam com os de vazão. Nos anos mais úmidos o aumento de precipitação produz maior aumento da vazão já que a infiltração aumenta pouco e a evapotranspiração potencial diminui pelo aumento da chuva, o que aumenta o proporcionalmente mais o escoamento. No sentido contrário, nos anos secos, a redução de precipitação, aumento da evapotranspiração reduz em maior magnitude a vazão. Portanto, a anomalia (variação com relação a sua média) da vazão amplifica os efeitos na precipitação, se considerarmos apenas o efeito da anomalia da precipitação.

A variação climática e seus impactos tem sido um dos principais problemas na Bacia do Prata desde os anos 70, quando a vazão média anual aumentou de forma impressionante em alguns trechos da bacia. Na tabela 6 são apresentados os valores onde se observam aumentos de 19 a 46%.

Os principais efeitos do aumento do escoamento e da precipitação na bacia associada a esta variabilidade foram: (a) Erosão do solo e sedimentação dos rios e redução do solo disponível para a agricultura; (b) Aumento dos níveis e frequência das inundações: No rio Paraguai no Pantanal uma parte da população perdeu sustentabilidade entre o período seco da década de 60 e o período de níveis altos dos últimos 30 anos; (c) Mudança do leito dos rios e das condições ambientais das matas ciliares; (d) Diminuição do volume útil dos reservatórios; (e) Aumento da pro-

TABELA 6  
Vazão média anual em m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Tucci e Clarke, 1998)

Local	antes de 1970	1970-1990	Aumento %
Rio Paraná em Jupia	5,852 <sup>(+)</sup>	6,969	19,1
R. Paranapanema em Rosana	1,057 <sup>(+)</sup>	1,545	46,2
R. Paraná em São José	6,900 <sup>(+)</sup>	8,520	23,3
R. Paraná em Guaira	8,620 <sup>(+)</sup>	11,560	34,1
R. Paraná em Posadas	11,600 <sup>(+)</sup>	14,255	22,9
R. Paraná en Corrientes	15,265	19,510	27,8

+ série de 1930-1970; \* série de 1901-1970

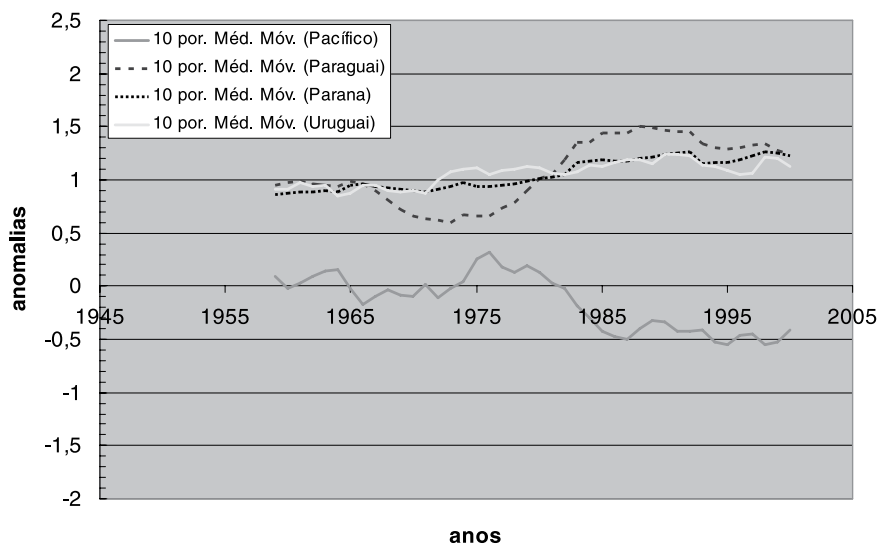
dução hidrelétrica: o sistema energético dos países da região se beneficiou do aumento da vazão dos últimos 30 anos. Caso esta variabilidade retorne a tendência da década de 60 poderá haver uma crise energética importante na região; (f) Mudança na qualidade da água devido a ressuspensão do material de fundo durante as inundações.

O aumento do escoamento e dos níveis de água pode ser devido a um ou mais dos seguintes efeitos: (a) variabilidade climática; (b) alteração do uso do solo; (c) modificação climática. Anderson et al (1993) usando dados do rio Paraná em Corrientes (precipitação e vazão), concluíram que as precipitações fortes dos anos 80 e início de 1990 foram os fatores mais importantes para a produção de inundações destes anos. A precipitação média anual de 1901 a 1970 na bacia do Paraná em Corrientes era de 1364 mm e no período de 1971 a 1991 foi de 1438 mm, com 5,4 % de aumento. Este aumento foi muito similar ao observado na parte da bacia do rio Paraná no Estado do Paraná no Brasil. Em teoria, se toda a precipitação adicional é utilizada para gerar escoamento, um aumento de 6% na precipitação num rio com coeficiente de escoamento de 17% (valor do rio Paraná), pode aumentar o escoamento em 35%. Contudo, este é um limite superior para este cenário.

Barros et al (1995) analisaram a tendência de precipitação na América do Sul a Leste dos Andes e indicaram que houve aumento da precipitação na região. Especificamente, acharam um aumento de 850 mm para 1150 mm entre os anos 20 e os anos

de 80 na Pampa úmida. Neste mesmo período, na África sub-hariana ocorreu o inverso, as precipitações estão muito abaixo da média e muitos rios estão em prolongadas estiagens. O Lago Chade diminuiu para um terço da sua área do período anterior a 1970. Desta forma, poderia se concluir que as mudanças de precipitações fazem parte de grandes variabilidades do clima global.

Utilizando as séries mais longas dos rios Paraguai, Uruguai e Paraná no seu trecho inferior e obtendo a média móvel de 10 anos, obtêm-se os resultados da figura 6. Pode-se observar que tanto o rio Paraná como Uruguai apresentam tendências semelhantes, mas o Uruguai apresenta maior variabilidade de curto prazo, características de uma bacia menor sem sazonalidade e memória (menor regularização natural). A bacia do rio Paraguai mostrou grande variabilidade entre a década de 60 e o período posterior, passando de um estado muito seco para um estado muito úmido. As três séries mostram tendência semelhante quanto aos períodos úmidos e secos. Observe que as três curvas seguem uma tendência decrescente ao longo da primeira parte do século até cerca de 1970, quando todas três curvas começam aumentar e depois dos anos 80 ficam acima da média do período anterior. Na figura 3 a relação de tendência entre a variação de pressão (padronizadas) entre o Tahiti e Darwin na Austrália, indicador das condições do Oceano Pacífico e as anomalias dos três rios. Nesta figura os valores são negativos (temperaturas mais altas) ou com tendência decrescente, desde parte da



**FIGURA 3** Comparação das anomalias (média móvel de 10 anos) de vazão com diferença de pressão do Tahiti e Austrália no Oceano Pacífico.

década de 70, oscilando nesta faixa até 2001. Este período coincide aproximadamente com o período de vazões acima da média das vazões observadas no rio Paraguai, Uruguai e Paraná. No período anterior existem também tendências inversas. O período de valores negativos indica tendência de temperatura do mar mais alta do que quando estão positivos. Neste cenário existe maior evaporação do mar e maior umidade na atmosfera, potencializando maior quantidade de precipitação. Estas relações podem ser utilizadas para previsão de longo prazo das tendências de aumento e diminuição da umidade nas bacias brasileiras do rio da Prata. Collishonn et al (2001) mostraram a complementaridade das séries de vazões entre a África e a América do Sul. Enquanto na África., desde de 1970 os períodos são muito secos, parte da América do Sul (Bacia do Prata) passa por período úmido acima da média. Condições como estas levam a pergunta óbvia: será um comportamento da variabilidade natural ou impacto climático? Uma pergunta simples para um problema complexo que exige ainda muita avaliação detalhada e entendimento do que está ocorrendo.

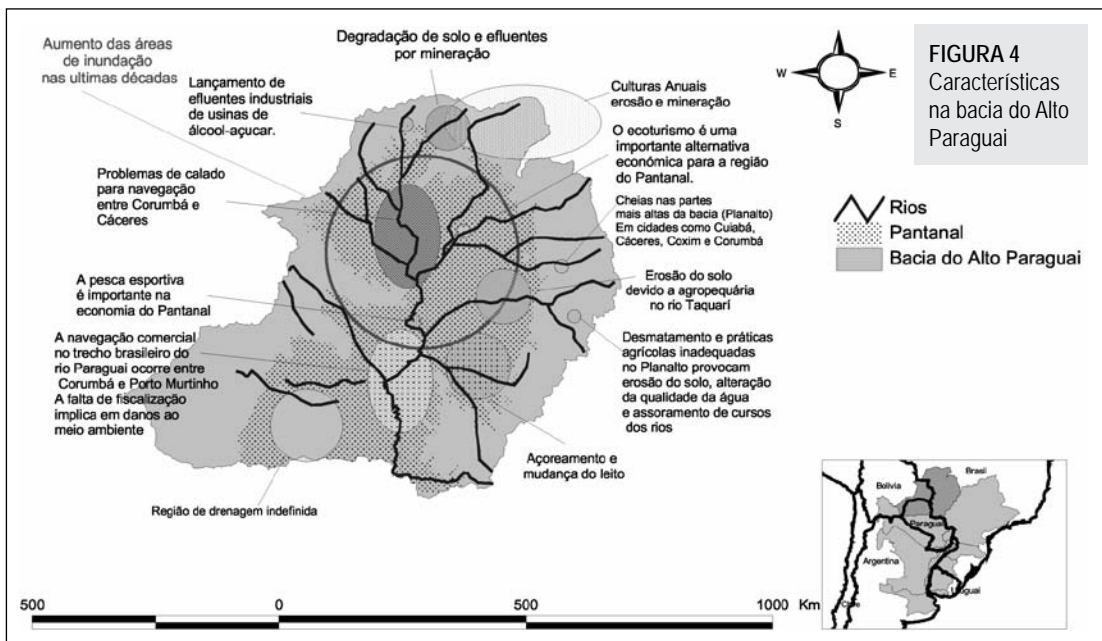
Em resumo, existem mais questões do que respostas e mais pesquisas necessitam ser realizadas para melhor identificar este problema. As principais conclusões são: (a) o escoamento aumentou no alto Paraguai, Paraná e Uruguai depois da década de 70;

(b) a precipitação e o uso do solo contribuíram para este aumento e não há uma resposta clara da contribuição da magnitude das causas.

No contexto dos recursos e desenvolvimento a principal questão é a seguinte: Qual parcela da mudança do escoamento é permanente? Em termos de produção de energia um aumento permanente no escoamento representa aumento na energia firme, mas pode diminuir a vida útil dos reservatórios devido a sedimentação. Em termos de navegação a profundidade da água aumenta e o período no qual o rio é navegável pode aumentar. Em termos de regime de inundações, prejuízos de enchentes podem ser grandes.

### DIAGNÓSTICO DISTRIBUÍDO

Os aspectos relevantes em cada um dos seguintes trechos da bacia são destacados nas figura 4 a 10: (a) Alto Paraguai - dentro do Brasil até a o rio Apa, (b) Médio Paraguai : trecho no Paraguai, baixo Paraguai: Paraguai e Argentina; (c) Alto Paraná - dentro do Brasil; (d) Médio Paraná: Paraguai e Argentina; (e) Baixo Paraná : somente na Argentina; (f) Alto Uruguai- no Brasil; (f) Baixo Uruguai: Uruguai e Argentina; (g) Rio da Prata: - depois da confluência com o Uruguai.



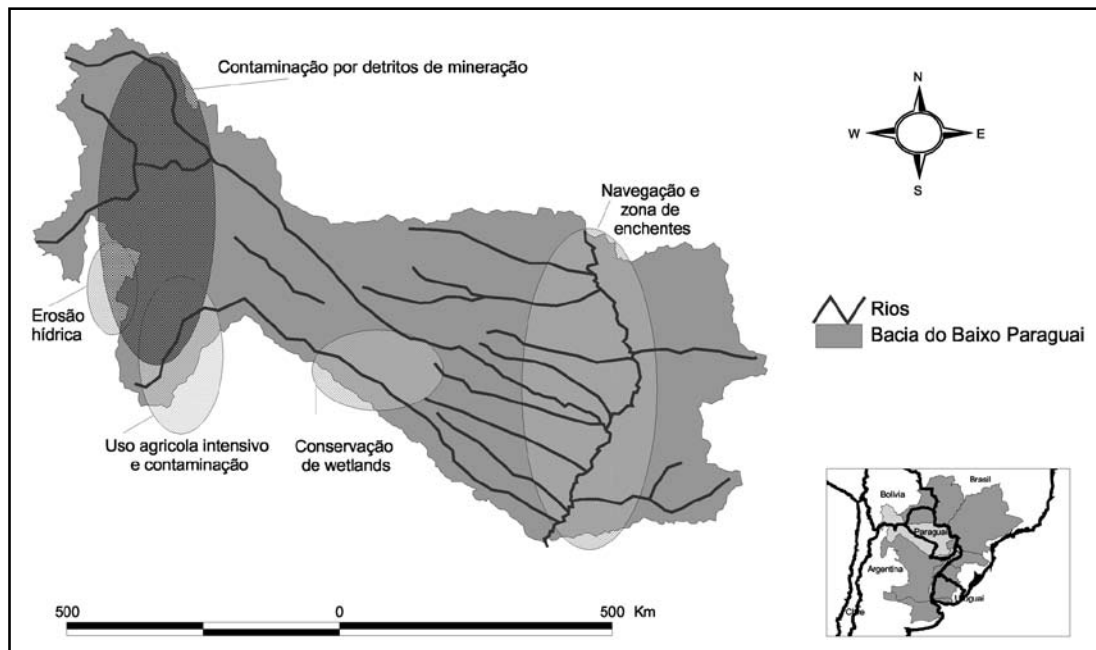


FIGURA 5. Bacia do baixo rio Paraguai.

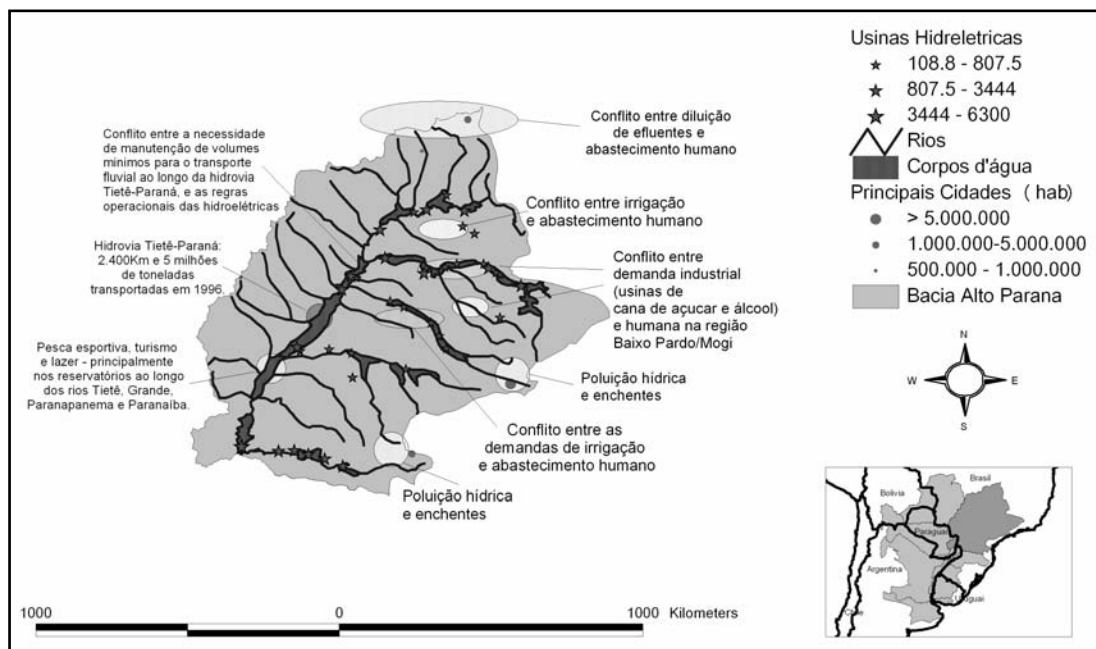


FIGURA 6. Bacia do Alto Paraná.

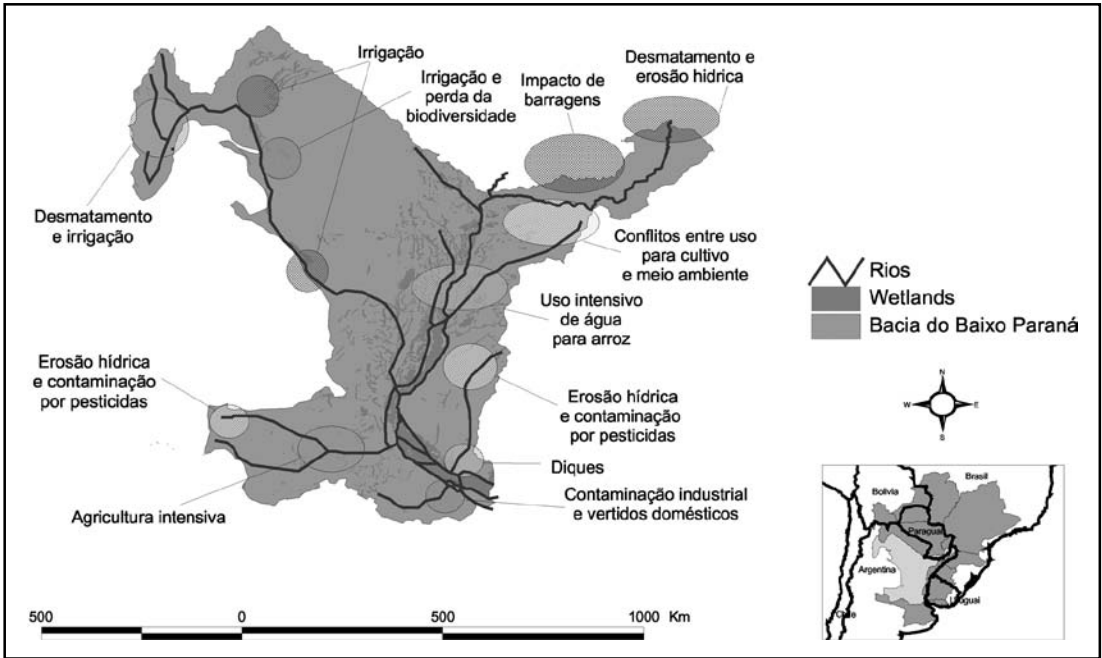


FIGURA 7. Médio e baixo Paraná.

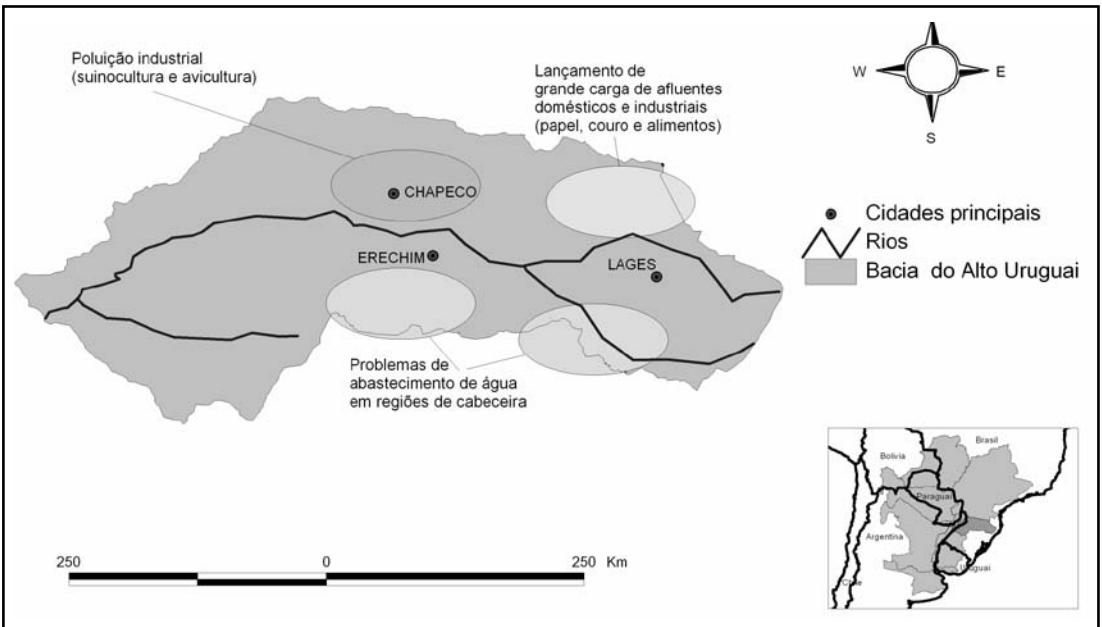


FIGURA 8. Bacia do Alto Uruguai.

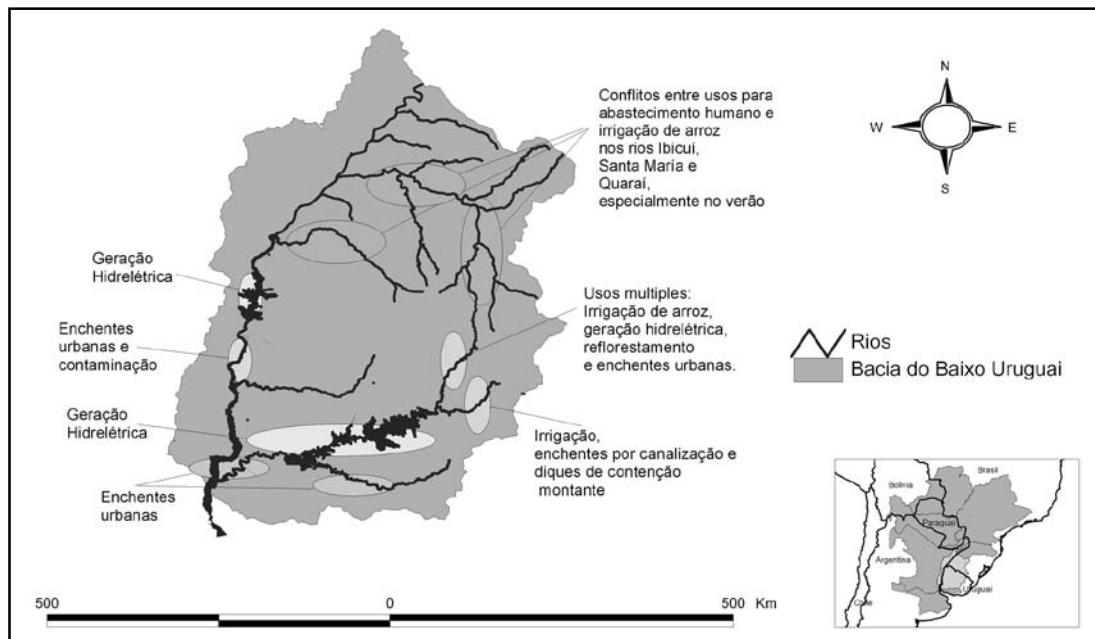


FIGURA 9. Bacia do baixo rio Uruguai.

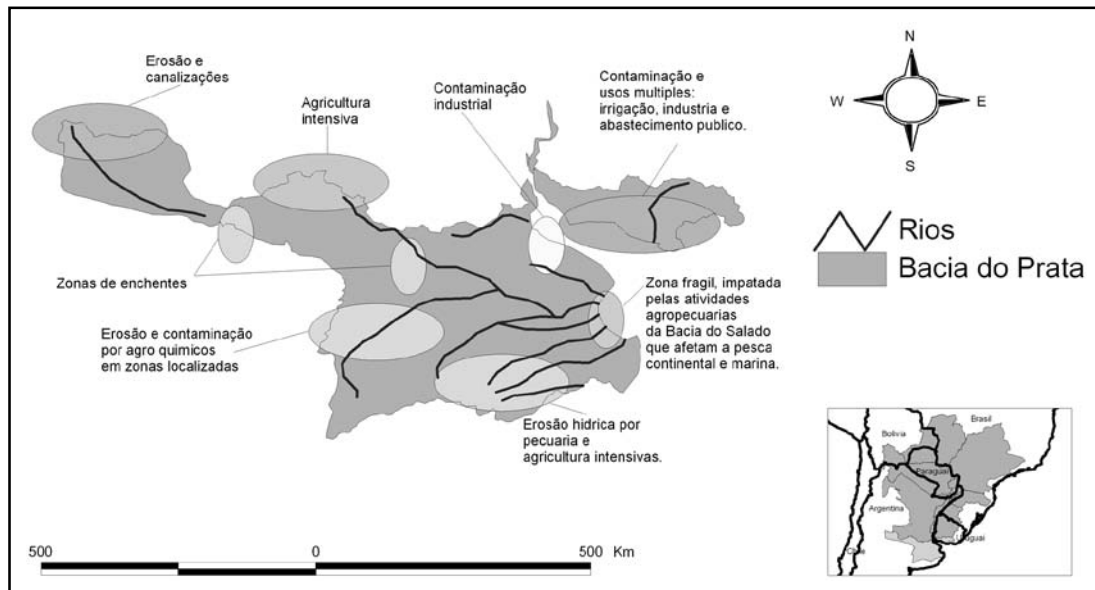


FIGURA 10. Bacia do Prata, depois da confluência do Uruguai.

## AÇÕES PROPOSTAS

As ações propostas estabelecem uma agregação num conjunto de programas que abordem soluções para os principais problemas da bacia hidrográfica. Os temas a seguir foram sintetizados:

**1. Aspectos Institucionais:** Dentro desta visão obteve-se de forma destacada ações relacionada com a construção institucional em todos os países. *Os aspectos institucionais* vão desde a elaboração de uma legislação nacional de recursos hídricos como a sua regulamentação e a compatibilização dos elementos legais dos recursos hídricos com o meio ambiente, fortalecimento das instituições, monitoramento e construção de bases de dados, capacitação para fortalecimento dos profissionais que atuam no setor e ciência e tecnologia para o desenvolvimento de pesquisas dos problemas regionais. Portanto é recomendável criar um programa dentro do CIC para atuar no apoio a:

1.1 Apoiar proposta de preparação da legislação nacional de recursos hídricos dos países que não possuem legislação dentro de diretrizes de consenso; e na regulamentação setorial para os países que já possuem;

1.2 Apoiar os Planos de Recursos hídricos que criam as bases para o desenvolvimento sustentável e integrado aos aspectos ambientais. O projeto pode investir na preparação de metodologias para o desenvolvimento dos Planos e apoiar com projetos específicos os países no desenvolvimento dos seus planos, de forma a compatibilizar as diferentes partes da Bacia do Prata;

1.3 Apoiar os países no fortalecimento das instituições de recursos hídricos e do meio ambiente através de um programa de capacitação regional, incentivar a formação de equipe permanente, desenvolver práticas de troca de informações e experiências através de workshops técnicos e fortalecimento da participação pública;

1.4 Desenvolver uma ação com relação a base de informações na bacia que envolva: (a) complementação da rede (quantidade e qualidade) nos países com baixa densidade; (b) criar um banco de dados associado a sistema geográfico de informações para a bacia relacionada aos banco de dados nacionais; (c) desenvolver capacitação, padrões e procedimentos na obtenção das informações sobre quantidade, qualidade e características dos sistemas hídricos;

1.5 Desenvolver uma agenda de pesquisa para a região com base em pesquisas *problem oriented* voltadas para a realidade e problemas da bacia

**2. Saneamento Ambiental das cidades:** No âmbito dos usos e impactos dos recursos hídricos observa-se que o problema fundamental está relacionado com a falta de tratamento de esgotos, contaminação pluvial e industrial. Neste sentido é recomendável o desenvolvimento de uma estratégia institucional, econômica e social regional para atingir as metas do *millenium*. Certamente não é possível resolver este problema em curto prazo, mas é necessário desenvolver a estratégia para que os investimentos atuais e futuros fluam no sentido de obter um resultado de médio e longo prazo. Como os municípios não possuem capacidade econômica e técnica de resolver o saneamento ambiental e não existe uma estratégia dos Estados (Províncias) e das nações, propõe-se o seguinte:

2.1 Incentivar *o desenvolvimento de uma estratégia regional escalonada no tempo para cada país através de um Plano Integrado de Abastecimento, esgotamento Sanitário, Drenagem urbana e resíduo sólidos para as cidades*. Este programa deve considerar os aspectos legais, econômico-financeiro, técnico, participação pública, capacitação e ciência e tecnologia. Esta estratégia permitirá o investimento focado nas metas do *millenium*;

2.2 Implementar mecanismos institucionais e econômicos nos países para o desenvolvimento e implementação dos planos integrados.

2.3 Controle dos impactos de contaminação industriais em diferentes áreas da bacia como a devido: a mineração no Alto Paraguai e Pilcomayo; a produção de alimentos de aves e suínos no Alto Uruguai

**3. Agricultura:** A agricultura apresenta dois impactos regionais importantes à erosão e a perda de solo fértil e o transporte de agroquímicos para o sistema fluvial, contaminando com compostos químicos o sistema fluvial. Neste âmbito observa-se a falta de conhecimento sobre o real impacto na qualidade da água e o diagnóstico preciso sobre as áreas de impacto de poluição difusa. É necessário o desenvolvimento de um programa voltado para:

Quantificar a produção de sedimentos e da qualidade da água das áreas críticas na forma de amostragem e propor procedimentos de mitigação. Planejar alguns projetos pilotos amostral, após a identificação dos estudos realizados na região: (a) levantamento das

informações existentes; (b) identificação das necessidades e projetos pilotos; (c) desenvolvimento dos projetos pilotos; (d) consolidação dos resultados.

Avaliar o resultado do impacto existente a jusante (efluentes rurais) das áreas agrícola e o aprimoramento de técnicas de predição;

**4. Navegação:** A navegação é um dos usos mais importantes na região e enfrenta conflitos importantes com o meio ambiente em alguns trechos como no Pantanal. Este conflito necessita ser estudado com todos os atores presentes de forma a compatibilizar os limites de atuação da navegação dentro de bases sustentáveis. Além destes aspectos observa-se falta de financiamento para ampliar a navegação acima de Santa Fé. O que se observa é a necessidade de uma agenda construtiva onde sejam discutidos os impactos dentro de bases técnicas e científicas adequadas com forte participação pública. Portanto propõe-se o seguinte:

4.1 Construção de uma agenda positiva com workshops específicos com visão construtiva, identificação dos estudos necessários a busca da sustentabilidade. A participação de todos os atores no processo é base da formação da agenda construtiva, ou seja os usuários da água, as entidades ambientais, participação pública geral, pesquisadores e agentes de governo;

4.2 Acordo transfronteiriço para regulamentar o uso da água de lastro pelos navios nos portos e vias da região.

**5. Biodiversidade das áreas úmidas e pesca :** A biodiversidade da bacia é importante principalmente nas áreas úmidas que representam os principais ecossistemas regionais. Portanto propõe-se o seguinte:

5.1 O monitoramento destes sistemas de forma permanente para garantir que as ações antrópicas existentes que convivem com estes ambientes não venham a produzir impactos permanentes. Os estudos relacionados devem procurar melhor entender o sistema, identificar os riscos a sustentabilidade do sistema e da biota e criar bases para verificação permanente;

5.2 Desenvolvimento de um programa de aumento da produção e exploração da pesca regional que tenha componentes de : (a) melhoria da renda dos pescadores; (b) recreação e turismo; (c) conservação das espécies.

5.3 Um problema específico regional é a introdução de espécies exóticas como o mexilhão dourado.

Este é um problema que exige pesquisa para buscar uma solução adequada. Neste sentido recomenda-se a criação de um grupo de pesquisa regional para desenvolvimento de uma solução sustentada para controlar o mexilhão dourado e as cianobactérias.

**6. Variabilidade climática :** O clima tem apresentado uma variabilidade favorável para alguns setores e desfavoráveis para outros nos últimos anos. Para energia e agricultura o saldo é amplamente favorável, pois as precipitações aumentaram desde os anos 70 com maior geração para a mesma capacidade de geração das usinas e melhor regularização da precipitação na agricultura. De outro lado, produziu maiores inundações e erosão do solo.

Os problemas associados a variabilidade climática são resultado do risco da produção energética na maioria dos países da região que como Brasil, Uruguai e Paraguai tem grande dependência da energia hidrelétrica. A própria Argentina que tem menor dependência, também possui problema de fornecimento de energia. Como as vazões são favoráveis nos últimos anos e o investimento no parque energético foi menor, o sistema incorporou este ganho da variabilidade na sua capacidade. A grande questão é a seguinte: O clima pode voltar ao cenário antes de 70? Se isto ocorrer os países ficaram altamente deficitário em energia. A agricultura pode perder a capacidade produtiva e necessitar maior complementação da irrigação com aumento da demanda dos rios, que estará com menor vazão. Os países certamente não estão preparados para este cenário. Sobre as inundações existe o potencial aumento de risco de rompimento das represas e aumento da frequência das inundações

Portanto, é recomendável o desenvolvimento de estudos voltados para o seguinte:

Estudos para melhorar o entendimento da variabilidade inter-decadal das variáveis hidrológicas visando a predição da disponibilidade hídrica e o risco de alteração de ocorrência das inundações e rompimento das barragens;

6.2 Avaliar o impacto da variabilidade climática no setor energético da Bacia do Prata;

6.3 Melhorar a previsão de longo prazo com vistas a reduzir o impacto do risco da variabilidade climática: verificar a previsão de longo prazo para agricultura e energia através de projeto piloto regional.

**7. Inundações e Secas:** As inundações ribeirinhas ocorrem ao longo de praticamente todos os rios principais e afluentes. Este é um processo natural, mas



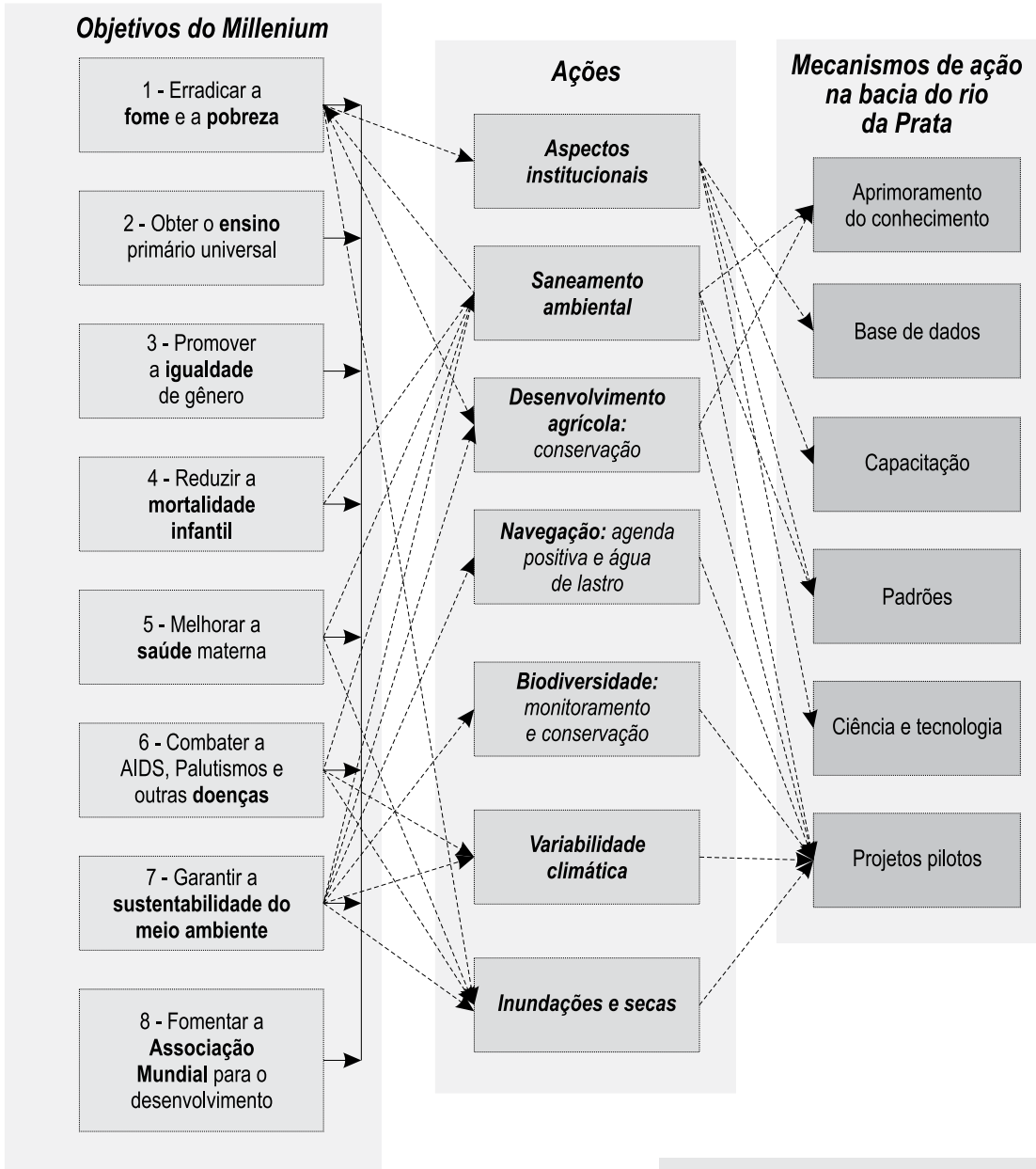


FIGURA 11. Vinculação entre os objetivos e metas do millenium, ações identificadas e os tipos de projetos

que é agravado pela ocupação das áreas de risco pela população. As inundações urbanas dependem da gestão integrada no município e do suporte dos Estados e das nações. As inundações ribeirinhas se agravaram porque antes de 70, com um período prolongado de inundações menores a população ocupou as áreas de risco. Depois de 70, principalmente depois de 80 ocorreram vários eventos chuvosos que produziram inundações significativas e grandes prejuízos. Somente em raras situações é possível utilizar-se isoladamente de medidas estruturais para solução deste tipo de problema. Por exemplo, a combinação de solução estrutural e planejamento do uso do solo são apropriadas para o médio e baixo rio Paraná, onde desníveis das inundações são menores. Na maioria dos locais as medidas não-estruturais são as mais apropriadas. Neste sentido a previsão de cheia em tempo real (curto prazo) e o zoneamento de inundação são os procedimentos adequados para a gestão das inundações.

As secas ocorrem em diferentes áreas da bacia, no entanto os últimos trinta anos tem sido favoráveis e o planejamento de períodos críticos tem sido relegado a um segundo plano, apesar de existirem áreas em que a falta de água ocorre em alguns anos. A falta de previsão e conhecimento sobre o risco das secas é grande na região.

Portanto recomenda-se um programa integrado com os seguintes componentes:

- Identificação dos locais com inundações frequentes e com importante prejuízo: cidades, trechos agrícolas, obras hidráulicas e priorização das áreas de controle;
- Estabelecer o zoneamento das áreas de inundações para as cidades e para as áreas agrícolas, visando definir o risco associado a inundação como base para gestão e planejamento do espaço;
- Aprimorar a rede de monitoramento para alerta de inundações;
- Aprimoramento dos programas de alerta de inundações com base no uso de uma visão pragmática dos modelos disponíveis
- Identificar áreas de estiagem e análises de riscos de secas da bacia.

O workshop internacional foi realizado nos dias 20 e 21 de julho de 2004 em Assunção e contou com delegação de todos os países. Neste evento foram apresentados os relatórios nacionais, o relatório regional e as propostas de ações sintetizadas aqui. As mesmas foram discutidas e através de duas rodadas

foram selecionadas as consideradas prioritárias pelos presentes. As ações mais indicadas foram os temas institucionais, onde se observa a maior preocupação dos presentes, seguido por números semelhantes o desenvolvimento agrícola, saneamento das cidades e as inundações. Biodiversidade, Navegação e Variabilidade climática ficaram num segundo plano apesar de ter sido ressaltada a importância dos temas.

### **Metas do Millenium, Ações identificadas e mecanismos de Ações**

São oito os objetivos que levam as metas do millenium identificadas pelas Nações Unidas e referendadas pelos países para o Desenvolvimento sustentável. Estas metas têm relação direta com o desenvolvimento dos recursos hídricos e a conservação ambiental.

As macro-ações identificadas pelos países e consolidadas no workshop têm relação direta com estas metas. Na figura 11 são apresentadas as relações entre as metas, ações e potenciais tipos de projeto.

### **CONCLUSÃO**

A Bacia do Prata apresenta uma grande diversidade de comportamento física, climática, da biodiversidade e do sócio-econômico. Esta variabilidade é temporal e espacial e a combinação destes fatores estabelece condicionantes específicos que possuem dois contornos específicos:

- os contornos jurídicos institucional, econômicos e sociais dos países e;
- a relação de dependência física do comportamento integrado de um sistema físico como a bacia hidrográfica onde a água se distribui.

O diagnóstico dos problemas da bacia mostrou grande semelhança entre os problemas nos diferentes países e problemas transfronteiriços atuais e potenciais que exigem ações internas e externas aos países de forma cooperativa e mantida a soberania e interesses dos mesmos. Os resultados aqui obtidos da visão da bacia refletem ainda uma macro-avaliação espacial. O estudo necessita de um maior detalhamento nas sub-bacias. Da mesma forma, o resultado da escolha e definição dos temas é o resultado de um grupo de profissionais e não retrata necessariamente a visão completa de participação pública. No entanto, a tomada de decisão sobre os focos a serem desenvolvidos na forma de projetos pilotos, cooperação, uniformização dentro dos países entre outros mecanismos de ação caberá aos governos dentro da estratégia de desenvolvimento.

**Referências**

- ANDERSON R. J.; DA FRANCA RIBEIRO N.; DIAZ H. F. 1993. **An Analysis of Flooding in the Paraná-Paraguay River Basin**. Washington : The World Bank
- BARROS, V; CASTANEDA, M.E.; DOYLE, M. (1995) Recent Precipitation Trends in Southern South America to the East of the Andes: An Introduction of a Mode of Climatic Variability. In: *PROCEEDINGS OF LATINAMERICAN WORKSHOP ON GREENHOUSE GAS EMISSION OF ENERGY SECTOR AND THEIR IMPACTS*. Rio de Janeiro COPPE/UF RJ, Rio de Janeiro. **Proceedings... ALAPE**
- BISWAS, A., 1999. Management of international Waters: opportunities and Constraints. *International Rivers of the World*. **International Journal of Water Resources Development** . v.15, n. 4, p. 429- 442
- BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D., 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration . *Journal of Hydrology*. v.55 , p. 2-23.
- BRASIL. MMA. 2003. **Plano nacional de recursos hídricos: documento base de referência**. Brasília : Ministério de Meio Ambiente / SRH.
- BRUIJNZEEL, L.A., 1990. *Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: a state of knowledge review*. Paris : IHP. IAHS. UNESCO.224p.
- CHAMORRO, I. et. al. 2004. **Visão dos Recursos Hídricos do Paraguai**. Paraguai: Secretaría del Ambiente de Paraguai.
- CEPIS : OPS. 2000. *Evaluación de los servicios de agua y saneamiento 2000 en las Américas*. Disponível em: <<http://www.cepis.org.pe>>
- COELHO, M.F.C.D.; LIMA, G.S.; PETRELLI JR. M. 2004. **Visão dos Recursos Hídricos do Brasil**. Secretaria de Recursos Hídricos Ministério do Meio Ambiente.
- COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R. T., 2001. Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? *Journal of Hydrology*. v.245, n.1/4, p. 218-238.
- COMITE INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA - CIC. 1998. **Sistema de Informações sobre Qualidade de Água e para o Alerta Hidrológico da bacia do Prata - primeira etapa: diagnóstico e pré-dimensionamento**. Relatório Final. Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países da Bacia do Prata. Disponível em < <http://www.ina.gov.br/alerta>>
- DUDA, A.; LA ROCHE, D. 1997. Sustainable Development of Transboundary Waters and Basins: Implement the GEF Operational Strategy. *International Water Resources Development* . v.13, n.3, p 383-401.
- GENTA, J.L.; et al. 2004. **Visão dos Recursos Hídricos do Uruguai**. Governo do Uruguai.
- LANNA, A.E.; TUCCI, C.E.M., 1999. Alerta Hidrológico e Monitoramento da qualidade da água – propostas e projetos. WORKSHOP SOBRE O SISTEMA GEORREFERENCIADO DE INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS DA BACIA DO PRATA , 1999, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Curitiba,PR.
- MILLIET, A.C., 2004. **Visão de Recursos Hídricos da Bolívia**. Governo de Bolívia.
- MUGETTI, A.; et al. **Visão de Recursos Hídricos da Argentina**. Subsecretaria de Recursos Hídricos Argentina .
- ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS.( OEA). 1969. Bacia do Prata. Estudo para sua Planificação e Desenvolvimento. Organização dos Estados Americanos.
- SAHIN, M. J.; HALL, M.J., 1996. The effects of afforestation and deforestation on water yields. *Journal of Hydrology*. v.178, p.293-309.
- TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T., 1998. Environmental Issues of La Plata Basin. . **Water Resources Development**. v.14, n.2, p.157-173.
- TUCCI, C.E.M., et al., 1991. **Regionalização de vazões do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina**. Porto Alegre : Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Companhia de Energia Elétrica Estadual. 5 v.
- WATERBURY, J. 1997. Between Unilateralism and Comprehensive Accords: Modest Steps towards Cooperation in International River Basins. *International Journal of Water Resources Development* . v.13, n. 3, p. 279-290.
- WOLF, A.J. et al. 1999. International Rivers of the World. *International Journal of Water Resources Development* .v.15, n.4,p. 387-427.



# Macro-análise-diagnóstico transfronteiriço do programa marco da bacia do Prata

Antonio Eduardo Lanna

**RESUMO:** O Macro-Análise-Diagnóstico Transfronteiriço do Programa Marco da Bacia do Prata teve por objetivo diagnosticar os problemas transfronteiriços de seus recursos hídricos. Os principais problemas foram identificados e selecionados aqueles sobre os quais seria possível atuar na implementação de programas de ações mitigadoras. Além disto, vazios de informação que dificultam o conhecimento das causas que contribuem para os problemas ambientais e a proposta de ações para as suas mitigações foram identificados.

Neste artigo é apresentada a metodologia e comentados os resultados alcançados. São também enfatizadas as lições aprendidas no que se refere a um diagnóstico participativo, no qual tomaram parte representantes de 5 países, nos quais se encontra a bacia do Prata.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diagnóstico participativo de bacias; bacias transfronteiriças; Bacia do Prata.

**ABSTRACT:** The Macro Transboundary Diagnostic Analysis of Plate river basin has as objective the identification of the transboundary water resources problem of such a basin. The Plate river basin most important critical problems have been identified and selected those which mitigation action programs could be proposed. Additionally, lacks of information have been identified, both those that difficult the knowledge of the environmental problem causes, or the proposal of mitigation actions.

This paper presents the methodology and comments the results achieved. The lessons learned are also highlighted in terms of performing a participative diagnosis, in which representatives of the river Plate basin 5 countries have taken part.

**KEYWORDS:** assessment, public participation, transboundary basin of La Plata River.

## INTRODUÇÃO

O Macro-Análise-Diagnóstico Transfronteiriço do Programa Marco da Bacia do Prata (Lanna, 2004) teve por objetivo diagnosticar os problemas transfronteiriços desta bacia com a identificação das causas raízes e seleção daquelas sobre as quais é possível agir, a partir de um acordo prévio entre os países que a integram. Mais objetivamente, foram identificados os grandes temas críticos e determinados os principais problemas da Bacia do Prata, permitindo selecionar aqueles sobre os quais seria possível atuar na implementação do programa, por meio de ações mitigadoras. Além disto, foram identificados vazios de informação que dificultam seja o conhecimento das causas que contribuem para os problemas ambientais, seja para propor ações para as suas mitigações.

Neste artigo é apresentada a metodologia e comentados os resultados alcançados. São também enfatizadas

as lições aprendidas no que se refere a um diagnóstico participativo, no qual tomaram parte representantes de 5 países, nos quais se encontra a bacia do Prata.

## METODOLOGIA

A Macro-Análise-Diagnóstico Transfronteiriço – ADT (Mee, 2003) tem por objetivo:

- Identificar, quantificar e estabelecer prioridades para a abordagem dos problemas ambientais que são transfronteiriços em suas naturezas;
- Identificar as causas imediatas, intermediárias e fundamentais que determinam o surgimento destes problemas ambientais – a identificação das causas permite o conhecimento das práticas, fontes, locações e setores de atividades antrópicas dos quais os problemas ambientais surgem ou têm risco de ocorrer.

Como parte da metodologia participativa de elaboração do ADT da bacia do Prata foram realizados cinco Seminários Nacionais em cada um dos países da bacia, e um Seminário Internacional de ADT, onde os resultados foram integrados e consensuados. Eles serão comentados em seqüência.

### OS SEMINÁRIOS NACIONAIS

Os seminários nacionais de Macro-Análise-Diagnóstico Transfronteiriço foram realizados nos cinco países da bacia do Prata: Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai. Tiveram por objetivo a obtenção de uma proposta de ADT por parte de cada país. Um documento de orientação foi preparado, em conjunto com um questionário que deveria ser distribuído em cada país para obtenção de subsídios prévios ao Seminário Nacional de ADT. Cada país

teve autonomia para adaptar a metodologia às suas peculiaridades, e o andamento de cada Seminário Nacional refletiu estas adaptações.

### SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE MACRO-ANÁLISE-DIAGNÓSTICO TRANSFRONTEIRIÇO DA BACIA DO PRATA

Este seminário final teve como objetivo foi a consolidação da ADT da Bacia do Prata, consensuando os Temas Críticos Transfronteiriços – TCT, as cadeias causais e as propostas de ações mitigadoras e identificação de vazios de informação.

Como subsídios aos trabalhos deste seminário foi elaborada uma sistematização preliminar dos TCTs propostos nos Seminários Nacionais, de acordo com o que é apresentado na Tabela 1, identificando os

TABELA 1  
Temas Críticos Transfronteiriços preliminares, identificados nos Seminários Nacionais

Temas críticos transfronteiriços	Países que os consideraram				
	AR	BO	BR	PY	UY
<b>GRUPO 1</b>					
1 - Extremos hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficits hídricos.	X	X	X	X	X
2- Uso não sustentável de aquífero transfronteiriço.	X	X		X	X
3 - Conflitos de uso de água.		X	X		X
4 – Segurança de barragens.	X				X
<b>GRUPO 2</b>					
5 – Poluição e Contaminação da água.	X	X	X	X	X
6 – Erosão, transporte e sedimentação em corpos de água; degradação do solo.	X	X	X	X	X
7 – Distúrbios da biodiversidade.	X	X	X	X	X
8 – Barragens – modificações de fluxos ambientais.	X				
<b>GRUPO 3</b>					
9 – Navegabilidade.	X	X	X	X	X
10 - Pesca, perda de produção pesqueira.	X		X		X
11 - Aspectos sociais e institucionais:					
* Heterogeneidade dos níveis de desenvolvimento.		X			
* Insalubridade relacionada às águas: propagação de doenças vinculadas ao recurso hídrico.			X		
* Pobreza e desigualdade social; aspectos sócio-culturais históricos.			X		
* Iniquidade.				X	
* Gestão integrada dos recursos hídricos e naturais.					X

países que os anotaram. Para cada TCT foram apresentadas as cadeias causais elaboradas em cada país, bem como as propostas de ações mitigadoras e identificação de vazios de informação. Este documento foi distribuído previamente aos participantes convidados para o Seminário Internacional de ADT da Bacia do Prata, servindo como subsídio às discussões que levaram à consolidação da ADT para esta bacia.

A dinâmica do Seminário Internacional foi dividir os participantes em 3 grupos em cada qual deveria ter pelo menos um participante de cada país. Cada grupo recebeu as cadeias causais, as propostas de ação e a identificação de vazios de informação gerados em cada Seminário Nacional, de acordo com o que é apresentado na Tabela 1. Foi solicitado que analisassem estes produtos visando a consensuação de uma visão comum da bacia do Prata com relação aos temas críticos transfronteiriços.

## CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS




O Seminário Internacional de Macro-ADT consolidou o trabalho realizado nos Seminários Nacionais em 11 Cadeias Causais com seus Vazios de Informação e propostas de Ações Mitigadoras, abaixo apresentados, com as suas localizações:

1. Extremos hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficits hídricos: inundações: Apa, Iguaçu, Paraguai, Pilcomayo, Bermejo, Paraná, e Uruguai (Cuareim); secas: toda a bacia.
2. Uso não sustentável de aquífero transfronteiriço: sistema aquífero Guarani; arenitos cretáceos superiores (litoral do baixo Rio Uruguai); Yrenda (PY) – Toba (AR) – Tarijeño (BO); Aquífero Rio Apa (BR e PY); Pantanal, Furnas, Caiuá, Parecis e Serra Geral (BR).
3. Conflitos de uso da água nos aspectos quantitativos: toda a bacia, em particular rios Quarai, Pilcomayo, Tietê e Paraná.
4. Barragens: segurança e planos de emergência: rio Paraná, Rio Uruguai, Rio Iguaçu, Rio Negro.
5. Qualidade de água: toda a bacia.
6. Erosão, transporte e sedimentação em corpos de água, degradação de solos: toda a bacia.
7. Alteração da biodiversidade: toda a bacia.




8. Limitações à navegação: hidrovía Paraná Paraguai (AR, BO, BR, PY); médio e baixo Uruguai (AR, UR, BR), Paraná Tietê (BR, PY)
9. Uso não sustentável dos recursos pesqueiros: toda a bacia.
10. Insalubridade relacionada às águas: toda a bacia.
11. Impactos ambientais dos cultivos irrigados: em especial as bacias arroseiras: toda a bacia do rio Uruguai e a bacia dos baixos rios Paraná-Paraguai.

Como forma de consolidação definitiva das cadeias causais, as ações mitigadoras propostas e a identificação de vazios de informação, foi preparado um questionário para ser respondido pelos Coordenadores Nacionais do Programa-Marco. Nele deveriam ser hierarquizadas cada causa, ação e vazio de informação, em grau de relevância, em uma escala de 1 (mais relevante) a 3 (menos relevante), com o seguinte significado:

Importância das causas:

-  1 = muito importante; deve ter uma ação mitigadora direta para tratá-la;
-  2 = medianamente importante; deve ter uma ação mitigadora direta ou indireta (ação que trata de outra causa diretamente, mas indiretamente mitiga a causa considerada) para tratá-la;
-  3 = menos importante; será mitigada por uma ação mitigadora indireta.

Importância das ações ou dos vazios de informação:

-  1 = muito importante; a ação mitiga diretamente uma causa muito importante, ou o vazio de informação deve ser preenchido com prioridade máxima;
-  2 = medianamente importante; a ação mitiga direta ou indiretamente uma causa medianamente importante, ou o vazio de informação deve ser preenchido com prioridade média;
-  3 = menos importante; a ação tem uma prioridade mais reduzida, ou o vazio de informação é menos importante.

As respostas de cada representante foram agregadas e obtidas as médias para cada tópico. Como alguns países não apresentaram suas respostas rela-

cionadas a alguns itens, a média considerou apenas respostas apresentadas.

## RESULTADOS: CADEIAS CAUSAIS, AÇÕES PROPOSTAS E VAZIOS DE INFORMAÇÃO

Para realizar a consolidação das cadeias causais, das ações mitigatórias e dos vazios de informação adotou-se o critério de ordenar as causas, ações e vazios de informação pelo número de países que atribuíram o conceito 1, ou muito importante. Isto por que tendo o Programa Marco caráter multilateral é importante priorizar os temas que a maioria dos países atribuem relevância.

Um exemplo de uma Cadeia Causal, com vazios de informação identificados e proposta de ações de mitigação é apresentado na Figura 1.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

As cadeias causais apresentadas identificam as sub-bacias de águas transfronteiriças com conflitos particulares pelo uso alternativo e multissetorial da água, e identificam vazios críticos de informação sobre elementos transfronteiriços relacionados com temas ambientais-chave. São também propostas ações mitigadoras para cada tema crítico transfronteiriço que podem orientar a elaboração de projetos-piloto a serem desenvolvidos na bacia do Prata com parte do preparo do seu Programa-Marco.

### Contaminação hídrica

Abaixo são apresentados os Temas Críticos Transfronteiriços – TCT cujas cadeias causais identificaram a contaminação hídrica como uma de suas causas técnicas (primárias):

- ☒ Uso não sustentável de aquíferos transfronteiriços: identificação de focos contaminantes por usos agrícolas e descargas domiciliares e industriais;
- ☒ Qualidade de água: uso inadequado de agroquímicos na atividade agropecuária e na agroindústria; tratamento inadequado de águas residuais (domésticos ou domiciliares e industriais); descarga de metais pesados produzidos pelas atividades mineiras (bacia do rio Pilcomayo); inadequada gestão de substâncias perigosas; aporte de nutrientes aos corpos de água; disposição inadequada de resíduos sólidos em planícies de inundação;

gestão inadequada de resíduos no transporte transfronteiriço;

- ☒ Uso não sustentável dos recursos pesqueiros: contaminação (em geral);
- ☒ Insalubridade relacionada às águas: inadequada disposição dos resíduos sólidos; lançamento de esgotos sem tratamento; destinação inadequada de embalagens de agrotóxicos; falta de tratamento das águas para abastecimento.

Nota-se que a contaminação de origem urbana se destaca, seguindo a de origem agrícola ou agroindustrial. Apenas na bacia do rio Pilcomayo foi destacada a contaminação de origem mineira. Isto sugere a intensificação do monitoramento de água próximo às aglomerações urbanas e às zonas de agricultura com uso de agroquímicos. E, também, o desenvolvimento de programas visando a coleta e o tratamento de esgotos urbanos, bem como a adoção de políticas de maior controle do uso de agroquímicos.

### Erosão do solo e sedimentação

Estes fenômenos deletérios influenciam diversos TCTs conforme é demonstrado abaixo:

- ☒ Erosão, transporte e sedimentação em corpos de água: uso e manejo inadequado dos solos (atividade agrícola em expansão, uso de solos marginais, eliminação de pastos naturais, desflorestamento, sobre-pastoreio); excessiva expansão da fronteira agrícola.
- ☒ Extremos Hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficits hídricos: desflorestamento e perda de cobertura vegetal; mudança de uso do solo;
- ☒ Qualidade de água: aporte de nutrientes aos corpos de água;
- ☒ Alteração da biodiversidade: perda de qualidade físico-química da água;
- ☒ Limitações à navegação: falta de manutenção da via navegável;
- ☒ Uso não sustentável dos recursos pesqueiros: contaminação

Um TCT foi identificado sob este tópico, com a denominação “Erosão, transporte e sedimentação em corpos de água”. As causas primárias principais foram as de origem dispersa, em especial o “uso e manejo inadequado dos solos (atividade agrícola em expansão, uso de solos marginais, eliminação de pastagens natu-



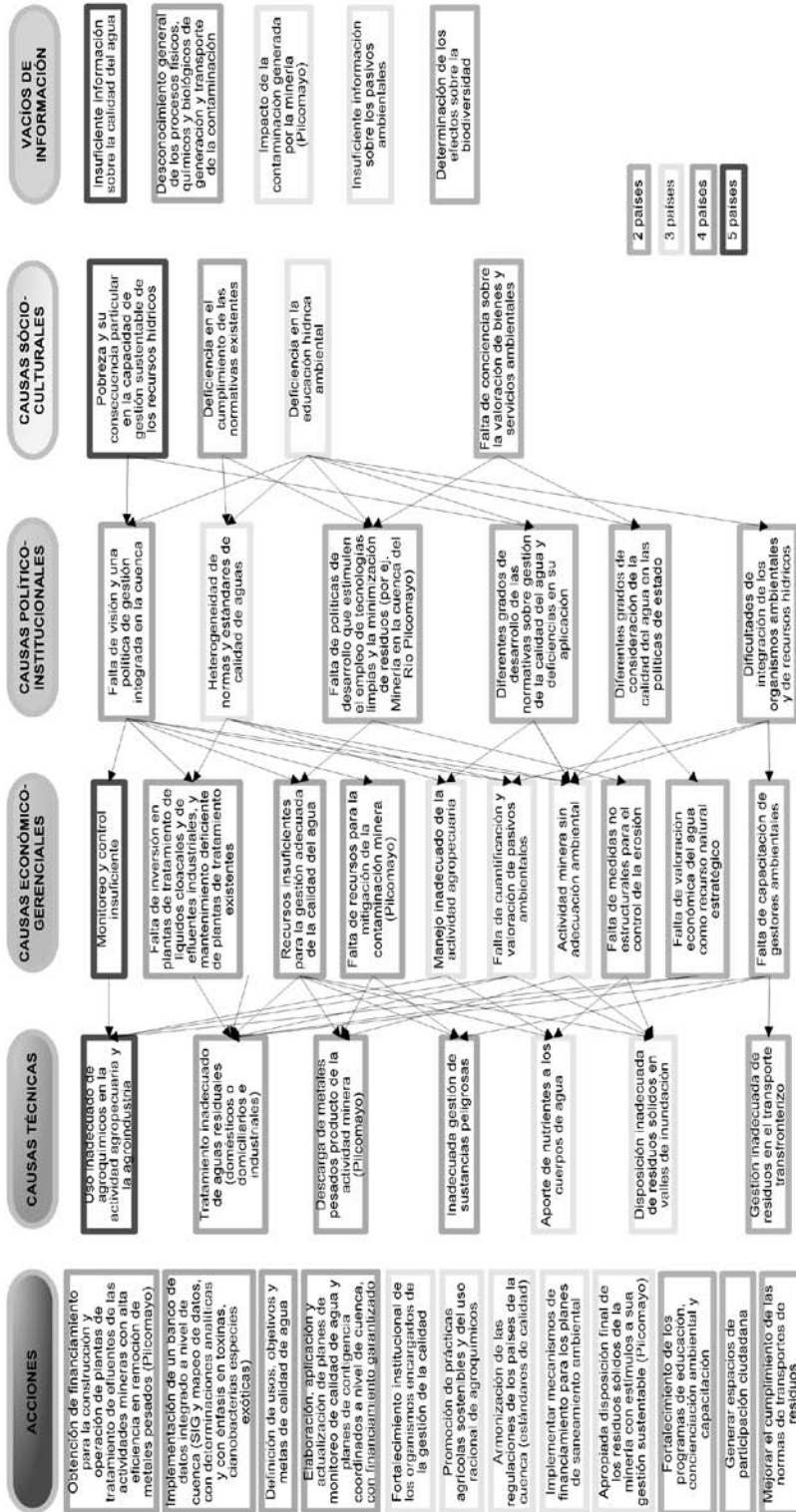


FIGURA 1. Cadeia Causal do Tema Crítico Qualidade de Água - Localização: Toda a bacia (Fonte: Lanna, 2004)

rais, desflorestamento, sobre-pastoreio)” e a “excessiva expansão da fronteira agrícola”.

Efeitos colaterais destas causas afetam o TCT “Extremos Hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficits hídricos” por meio das causas técnicas “Desflorestamento e perda de cobertura vegetal” e “Mudança do uso do solo”. Afetam também o TCT “Qualidade de água”, por meio da causa técnica “Aporte de nutrientes aos corpos de água”, um dos efeitos da erosão de solos agrícolas. Da mesma forma, o TCT “Alteração da biodiversidade” é afetado por meio da causa técnica “Perda de qualidade físico química da água”. O TCT “Limitações à navegação” é afetado indiretamente através da causa técnica “Falta de manutenção da via navegável” uma vez que a erosão e deposição de sedimentos demandam a intensificação de dragagens para remoção de sedimentos que criam empecilhos a navegação, em especial nos trechos de jusante, onde as baixas declividades propiciam a sedimentação. Certamente no TCT “Uso não sustentável dos recursos pesqueiros”, que tem a contaminação como uma de suas causas técnicas, destaca-se a contaminação por aumento das descargas sólidas, alterando o habitat dos peixes e reduzindo as suas populações.

Programas de controle da erosão, especialmente em áreas agrícolas e mineiras, poderão ter grande impacto positivo na mitigação de causas importantes dos TCTs mencionados, além de resultar em melhorias de produtividade na agricultura regional. Redes sedimentométricas, conjugadas com as redes hidrológicas e de qualidade de água, permitirão diagnosticar melhor os problemas e acompanhar os progressos das ações mitigadoras implementadas.

### Ecosistemas aquáticos e atividade pesqueira

Dois TCTs foram elaborados envolvendo os aspectos mencionados neste item: “*Alteração da biodiversidade*” e “*Uso não sustentável dos recursos pesqueiros*”. Em ambos os TCTs foram destacadas causas político-institucionais que para serem mitigadas demandarão a articulação e harmonização das ações de todos os países da bacia do Prata, conforme é apresentado a seguir:

- ❏ Alteração da biodiversidade: deficiências de fiscalização e falta de decisões institucionais articulada; falta de protocolos para o controle de espécies invasoras; escassa presença do tema biodiversidade na agenda política; deficiências e heterogeneidade das normativas dos países.

- ❏ Uso não sustentável dos recursos pesqueiros: falta de políticas harmônicas e integradas para a proteção da vida aquática nas bacias; assimetria das normas e critérios de usos dos recursos naturais; não cumprimento das legislações vigentes e controles deficientes.

No TCT sobre “*Alteração da biodiversidade*” são propostas ações mitigadoras que envolvem a articulação dos países da bacia do Prata, na qual o CIC-Plata, e o Programa-Marco, deverão ter ação destacada:

- ❏ Fortalecimento do Comitê da Bacia (CIC) e atuação integrada de organismos formuladores de políticas;
- ❏ Implementação efetiva dos instrumentos para uma gestão integrada de bacias;
- ❏ Fortalecimento das capacidades técnicas dos organismos que gerenciam os recursos hídricos;
- ❏ EIAs que contemplem a gestão integral de bacias e adotem orçamentos mínimos regionais para a conservação da biodiversidade;
- ❏ Integração (redes) de sistemas de informação, investigação e monitoramento na bacia;
- ❏ Harmonização do marco jurídico regional e da fiscalização.

*Vulnerabilidades ambientais, econômicas e sociais a eventos desastrosos e a catástrofes de diferentes origens*

Quatro TCTs trataram destes aspectos elencando causas derivadas das vulnerabilidades mencionadas e propondo ações que visam as suas mitigações. A Tabela 2 identifica estes tópicos. Podem ser identificadas nas ações propostas diversas iniciativas que poderão se tornar atividades do Programa-Marco e, mesmo, de seus projetos-piloto.

### PROPOSTAS

As propostas de ações mitigadoras ou estratégicas na análise dos TCTs oferecem um elenco amplo e variado de propostas a serem priorizadas e implementadas na forma de projetos-piloto ou no Programa Estratégico de Ações resultantes do Programa-Marco. Foram identificadas áreas críticas para fins de definição de projetos-piloto. Caberá ao detalhamento deste aspecto a identificação dos fundos de investimento para implementá-los. Neste item serão enfatizadas

TABELA 2

Temas críticos transfronteiriços relacionados a vulnerabilidades ambientais, econômicas e sociais ante a eventos desastrosos e a catástrofes de diferentes origens

TCTs	Causas relacionadas às vulnerabilidades	Ações propostas para mitigação destas vulnerabilidades
Extremos hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficits hídricos	Inadequados sistemas de monitoramento, previsão hidrometeorológica e insuficiente investigação de eventos extremos; falta de definição de áreas de risco; falta de capacidade operativa para a gestão e difusão de planos de ordenamento territorial associados a eventos extremos; falta de critérios econômicos regionais para o manejo de eventos extremos.	Adoção e operação de um sistema de alerta integrado; estudos hidrológicos e climáticos; fomento da participação cidadã e de usuários por meio da realização de chamadas públicas para a apresentação de projetos vinculados com os fenômenos hidrológicos extremos.
Uso não sustentável de aquíferos transfronteiriços	Falta de conhecimento da vulnerabilidade do sistema, (áreas de risco e áreas de recarga).	Estudos da vulnerabilidade do sistema (identificação de áreas de risco, áreas de recarga, estabelecimento de perímetros de proteção, focos contaminantes, etc.); criar planos de educação ambiental, sistemas de divulgação à população e governantes.
Barragens: segurança e planos de emergência	Riscos de rupturas por erros de operação; falta de planos de contingência para o trecho do rio potencialmente afetado; carência de normas comuns para operação em condições de emergência e de segurança de barragens; falta de revisão dos critérios de segurança das barragens, considerando a incidência das mudanças climáticas; falta de planos de contingência transnacionais; falta de comunicação e coordenação entre países para subministro de informação sobre as barragens existentes a montante dos países possivelmente afetados.	Incorporação da variabilidade climática à operação dos reservatórios e o alerta hidrológico; adoção de normas comuns para operação em condições de emergência e de segurança de barragens; implementar os Planos de Ação de Emergência e Planos de Segurança de Grandes Barragens; adoção de critérios comuns de segurança das barragens, considerando a incidência das mudanças climáticas.
Limitações à navegação		Planos de contingência e gerenciamento de risco.

algumas propostas recorrentes e relevantes que orientaram as próximas fases do Programa-Marco.


### Bases de um sistema integrado de informação

Em diversos TCTs foram propostas ações voltadas ao desenvolvimento e a implantação de Sistemas Integrados de Informação. Abaixo são elencados os sistemas propostos em função de cada TCT que o motivou:

Extremos Hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficits hídricos: adequação (ampliação e fortalecimento) de redes de monitoramento hidrometeorológico, padronização de parâmetros e intercâmbio da informação gerada; adoção e operação de um sistema de alerta integrado;

Uso não sustentável de aquíferos transfronteiriços: base cartográfica comum compartilhada (SIG); criação e manutenção de inventários e de um banco de dados regionais

Conflitos de uso de água nos aspectos quantitativos: implementação de redes de monitoramento transfronteiriço dos recursos hídricos, com o intercâmbio de informação e geração de instâncias de controle e de acompanhamento conjunto; criação de um sistema de informação dirigido à difusão e conhecimento dos usuários e outros interessados; Mapeamento geográfico e temporal dos conflitos pelo recurso;

 Barragens: segurança e planos de emergência: intercâmbio de informação sobre as condições

de conservação, segurança das obras e da operação dos reservatórios da bacia;

- Qualidade de água: implementação de um banco de dados integrado para a bacia (SIG e mapeamento de dados, com determinações analíticas e com ênfase em toxinas, cianobactérias e espécies exóticas);
- Erosão, transporte e sedimentação em corpos de água: implementação de estações sedimentológicas;
- Alteração da biodiversidade: integração (redes) de sistemas de informação, investigação e monitoramento na bacia;
- Limitações à navegação: implementação de um sistema integrado de informação e educação; intercâmbio sobre informação de vazões ao longo das hidrovias e/ou prognósticos hidrológicos
- Impactos ambientais dos cultivos irrigados: coordenação entre as distintas instituições para gerar protocolos de geração e intercâmbio de informação; alocação de recursos para as redes de observação e fiscalização.

Nota-se a existência de uma unanimidade na bacia do Prata a respeito da necessidade de compartilhamento de informações que permita a melhor tomada de decisões por parte de cada país isoladamente ou, preferentemente, de forma conjunta. Este fato constitui-se em um facilitador do processo de integração gerencial dos 5 países da bacia e que deverá ser explorado.

### Minimizar a vulnerabilidade em relação a eventos hidrometeorológicos extremos

A avaliação de situações ambientais críticas na Bacia, com a finalidade de minimizar a vulnerabilidade a eventos hidrometeorológicos extremos, tais como as inundações e secas, em especial aquelas de caráter catastrófico, foi objeto de dois TCTs cujas principais ações, que contaram com a indicação de relevância máxima por parte da maioria dos países da bacia, são resumidas a seguir:

- Extremos Hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficit hídricos: gerar e financiar linhas de investigação; adequação (ampliação e fortalecimento) de redes de monitoramento hidrometeorológico, padronização de parâmetros e intercâmbio da informação gerada; adoção e operação de um sistema de alerta

integrado; fortalecimento institucional de organismos nacionais e locais por meio de capacitação, alocação de recursos e ferramentas para a instrumentação de políticas de planejamento territorial e gestão integrada de recursos hídricos da região; implementação de programas transfronteiriços de gestão integrada dos recursos hídricos atendendo aos aspectos de funcionamento interinstitucional e sua sustentabilidade; estudos hidrológicos e climáticos.

- Barragens - segurança e planos de emergência: estabelecimento de regras e critérios de operação dos reservatórios por acordo entre os países; incorporação da variabilidade climática à operação dos reservatórios e ao alerta hidrológico; adoção de normas comuns para operação em condições de emergência e de segurança de barragens (implantar os Planos de Ação de Emergência e os Planos de Segurança de Grandes Barragens); intercâmbio de informação sobre as condições de conservação, segurança das obras e da operação dos reservatórios da bacia; adoção de critérios comuns de segurança das barragens, considerando a incidência das mudanças climáticas.

Estas ações podem ser consideradas como prioritárias para uma pauta de mitigação destes problemas regionais.

### Causas das variabilidades e mudanças climáticas globais na região e suas possíveis mitigações

Nota-se que nas ações mitigadoras propostas para cada TCT não existem aquelas voltadas à redução das vulnerabilidades regionais resultantes de mudanças no uso do solo e de emissões de CO<sub>2</sub>. Geralmente as ações são vinculadas a propostas de sistemas integrados de informação, a estudos regionais sobre os problemas e a critérios e normas comuns de ação. O Programa-Marco deverá propor estudos voltados a analisar o impacto das mudanças no uso do solo e nas emissões de CO<sub>2</sub> no incremento das vulnerabilidades mencionadas e a propor ações mitigadoras, se for o caso.

### Planos de zoneamento e de ordenamento territorial e o manejo multipropósito de barragens de hidroelétricas

Todos os TCT propuseram a elaboração de planos conjuntos de zoneamento e gestão do território, a

análise dos modelos de operação multipropósito de barragens, incluindo seus respectivos planos de previsão de eventos hidrológicos extremos e de contingência. Alguns também propuseram a participação da sociedade civil, e de outros atores sociais, na elaboração e implementação destes planos. Abaixo são resumidas estas propostas, que servem também como indicações relevantes de projetos-pilotos e para o Programa de Ações Estratégicas:

- Extremos Hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficits hídricos: fortalecimento institucional de organismos nacionais e locais por meio de capacitação, alocação de recursos e ferramentas para a instrumentação de políticas de planejamento territorial e gestão integrada de recursos hídricos da região; implementação de programas transfronteiriços de gestão integrada dos recursos hídricos atendendo aos aspectos de funcionamento interinstitucional e sua sustentabilidade; estudos hidrológicos e climáticos;
- Uso não sustentável de aquíferos transfronteiriços: estudos da vulnerabilidade do sistema (identificação de áreas de risco, áreas de recarga, estabelecimento de perímetros de proteção, focos contaminantes, etc.); desenvolvimento de estudos e investigação de aquíferos e sua relação com as águas superficiais;
- Conflitos de uso da água nos aspectos quantitativos: criação de planos transfronteiriços para o aproveitamento e conservação do recurso, com a atualização de inventários dos recursos hídricos transfronteiriços (usos e disponibilidade);
- Barragens: segurança e planos de emergência: estabelecimento de regras e critérios de operação dos reservatórios por acordo entre os países; incorporação da variabilidade climática à operação dos reservatórios e ao alerta hidrológico; adoção de normas comuns para operação em condições de emergência e de segurança de barragens (implantar os Planos de Ação de Emergência e os Planos de Segurança de Grandes Barragens); intercâmbio de informação sobre as condições de conservação, segurança das obras e da operação dos reservatórios da bacia; adoção de critérios comuns de segurança das barragens, considerando a incidência das mudanças climáticas.
- Qualidade de água: elaboração, aplicação e atualização de planos de monitoramento de qualidade de água e planos de contingência coordenados para a bacia, com financiamento assegurado;
- Erosão, transporte e sedimentação em corpos de água: desenvolvimento de modelos de previsão da erosão devida ao desflorestamento e sua influência nas vias navegáveis;
- Alteração da biodiversidade: fortalecimento do Comitê de Bacia (CIC) e atuação integrada de organismos formuladores de políticas; EIAs que contemplem a gestão integral de bacias e adotem orçamentos mínimos regionais para a conservação da biodiversidade;
- Limitações à navegação: elaborar e implementar políticas de gestão conjunta do transporte fluvial, articulado com os demais modais de transporte; planos de contingência e gerenciamento do risco; elaboração de normativas regionais referidas à água de lastro; compatibilização das políticas regionais dos países da bacia;
- Uso não sustentável dos recursos pesqueiros: projeto e implementação de um sistema de controle eficaz da atividade pesqueira e a aquíicultura; gestão ambiental integrada das obras hidráulicas; facilitação do acesso e participação pública no projeto de políticas de manejo e no controle de sua obediência;
- Insalubridade relacionada às águas: implantação de programa de destinação adequada de resíduos sólidos; aumentar a percentagem da população abastecida com água tratada;
- Impactos ambientais dos cultivos irrigados: estabelecimento de estratégias de comunicação, difusão e sensibilização da opinião pública sobre a gestão; planos de gestão conjunta de uso de solo e água.

### Articulações dos marcos jurídico-institucionais

Finalmente, diversas propostas de ação que contaram com indicação unânime de relevância por parte dos países, e que foram voltadas a este tipo de articulação, são resumidas a seguir:

- Uso não sustentável de aquíferos transfronteiriços: criação de um marco (jurídico) normativo e regulatório comum as países, para a constru-

ção e aproveitamento dos poços, e coordenação para sua aplicação;

- Conflitos de uso da água nos aspectos quantitativos: geração de marcos legais comuns para a gestão dos usos da água, com criação de normativa comum para a construção e funcionamento de obras hidráulicas, e sistema de fiscalização para seu cumprimento;
- Barragens: segurança e planos de emergência: estabelecimento de regras e critérios de operação dos reservatórios por acordo entre os países; adoção de normas comuns para operação em condições de emergência e de segurança de barragens (implantar os Planos de Ação de Emergência e os Planos de Segurança de Grandes Barragens);

Este tipo de articulação surge como outra possibilidade de integração e de articulação a ser explorada pelo Programa-Marco.

## CONCLUSÕES

Esta Macro-Análise-Diagnóstico Transfronteiriço – ADT não pode ser encerrado sem uma reflexão sobre as Fortalezas, as Oportunidades, as Fraquezas e as Ameaças existentes sobre os recursos hídricos regionais. Esta reflexão poderá ser útil na definição de projetos-piloto e do Programa de Ações Estratégicas do Programa-Marco, quando deverão ser exploradas as Fortalezas, aproveitadas as Oportunidades, mitigadas as Fraquezas e evitadas as Ameaças.

Nas diversas reuniões que ocorreram ao longo da elaboração deste ADT foi possível diagnosticar estes aspectos relacionados aos recursos hídricos regionais, que não se acham inseridos nas cadeias causais apresentadas. Elas foram iniciadas previamente com a apresentação da Visão da Bacia em um Seminário-Oficina Internacional, tiveram continuidade em 5 Seminários-Oficina Nacionais, e foram concluídas com um Seminário-Oficina Internacional sobre o ADT. A seguir apresenta um resumo especulativo a respeito da matriz de Fortalezas, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças da bacia do Prata:

- Fortalezas: patrimônio hídrico comum, ainda com baixo percentual de exploração, com problemas reduzidos e localizados de quantidade e de qualidade; países sem grandes problemas fronteiriços, que possam ameaçar as suas integrações em busca do bem comum; técnicos da área de recursos hídricos dos 5 países se

conhecem e têm relações profissionais estreitas, seja em função das atividades do CIC-Plata, seja em função de outras atividades conjuntas já realizadas na bacia, em outras oportunidades; existe por parte do meio técnico, político e por parte da sociedade civil um manifesto anseio de integração, para o desenvolvimento sustentável.

- Oportunidades: grande potencial energético ainda disponível para a implantação de empreendimentos conjuntos; biodiversidade notável, constituindo um banco genético estratégico para o futuro da região; região com grande potencial econômico que será aumentado caso ocorra a integração das iniciativas de uso sustentável, seja com o uso da água para abastecimento público, para a agricultura, para a indústria, para a geração de energia e para o turismo; como regra geral, os países da região passam por um processo de fortalecimento de suas instituições, com base no estado de direito e da democracia participativa.
- Fraquezas: assimetrias regionais, em termos dos marcos legais e institucionais; assimetrias econômicas e de extensão territorial; instituições regionais apresentam capacidades operacionais discrepantes, o que pode gerar dificuldades à integração e articulação de suas atividades; histórico de integração regional mais efetivo em termos de discurso do que em termos de ações práticas; cultura que leva o cidadão buscar alternativas de se evadir às normas legais, do que propriamente cumpri-las, criada pelas dificuldades de fiscalização que fazem com que os infratores sejam beneficiados.
- Ameaças: variabilidades e mudanças climáticas ainda não bem compreendidas e que têm potencial de estabelecer problemas relevantes às atividades econômicas dependentes da água; intensificação dos conflitos transfronteiriços de uso de água que poderão futuramente comprometer o processo de integração regional da gestão dos recursos hídricos.

## LIÇÕES APRENDIDAS





A elaboração deste Macro-Análise-Diagnóstico Transfronteiriço ofereceu diversas lições que cabe analisar tendo em vista o aprimoramento de futuras iniciativas similares. Elas são:

## Flexibilidade

Na elaboração de um ADT que envolva países em estágios tão distintos de desenvolvimento de seus sistemas de gestão de recursos hídricos, a flexibilidade da metodologia foi um fator que contribuiu positivamente para o sucesso da execução da tarefa. Ela ocorreu em diferentes situações, a seguir analisadas.

### *Flexibilidade da metodologia de elaboração do ADT*

No processo de elaboração deste ADT estabeleceu-se uma metodologia de referência, baseada em um processo que envolvia:

-  Preenchimento de questionário para identificação individual de Temas Críticos, causas, ações e vazios de informação,
-  Consolidação em um documento de base para análise coletiva,
-  Análise coletiva em um seminário especialmente marcado e
-  Consolidação final do ADT sob cada ponto de vista nacional.

Verificou-se que os países estabeleceram dinâmicas distintas para executar cada uma destas etapas. Alguns não apresentaram respostas aos questionários (Bolívia), ou apresentaram de forma desagregada, sem consolidação prévia (Brasil e Paraguay); outros apresentaram os questionários preenchidos por especialistas nos Temas Críticos Transfronteiriços previamente identificados, permitindo uma primeira versão razoavelmente consolidada do ADT sob a ótica nacional (Argentina e Uruguay). Entretanto, não se pode afirmar que a qualidade intrínseca dos TCT e de suas cadeias causais tenha sido aprimorada em um ou outro processo.

Os seminários nacionais que contaram com uma versão consolidada do ADT tiveram as discussões restritas ao aprofundamento e a melhoria científica dos temas críticos, das suas causas, dos vazios de informação e das ações mitigatórias. Naqueles em que não houve esta consolidação prévia ocorreram discussões mais amplas e intensas na busca de TCTs que ampliaram consideravelmente o seu conjunto, bem como permitiram uma mais profunda reflexão sobre os problemas, por parte dos participantes.

Pode-se dizer que nos primeiros países houve uma visão mais “científica” enquanto nos demais foi oportunizada uma visão mais “social”. Desta forma,

lucrou o seminário internacional, quando os TCTs foram consolidados por uma visão da bacia do Prata pois pode se beneficiar de ambas as visões.

### *Flexibilidade da dinâmica adotada nos seminários nacionais*

A dinâmica destes seminários foi também adotada de acordo com as preferências do público participante. Em alguns países a sugestão do consultor, de que fossem usadas tarjetas de papel para que cada participante apresentasse suas contribuições, similares às do método ZOPP, foi adotada (Bolívia, Brasil e Paraguay); em outros preferiu-se a discussão direta sobre as TCT já elaboradas como resultado dos questionários respondidos (Argentina e Uruguay). Desta maneira, cada país adaptou a metodologia ao estágio de desenvolvimento da TCT, sem problemas quanto à obtenção dos resultados pretendidos.

### *Diversidade do público participante dos seminários nacionais*

O público participante foi heterogêneo, de país para país. A decisão de convite partiu do Coordenador da Unidade Nacional do Programa-Marco tendo por base os participantes do seminário da Visão Nacional. Isto permitiu que estes já tivessem passado por uma reflexão sobre os problemas da bacia, o que muito ajudou na atuação no seminário nacional da ADT.

A heterogeneidade dos participantes, quando comparadas às distribuições em cada país, permitiu que cada um levasse em conta a situação nacional. Em alguns casos percebeu-se uma participação demasiadamente técnica, sem que usuários de água e a sociedade civil estivessem representados. Contudo quando isto ocorreu, geralmente foi decorrente destes grupos não terem se interessado pela participação, desde o seminário da Visão Nacional.

### *Flexibilidade na concertação de uma Visão da bacia do Prata sobre o ADT*

No seminário internacional do ADT foi prevista a consecução das análises por 3 grupos de trabalho, nos quais existiam especialistas dos 5 países. Embora tivesse sido sugerida a adoção de uma metodologia baseada na análise das causas, vazios e ações impressas em tarjetas, resultantes dos seminários nacionais, apenas um dos grupos fez uso desta alternativa. Os demais preferiram analisar as cadeias causais proje-

tadas em tela. É verdade que o grupo que optou pela sugestão do consultor foi o que primeiro completou seu trabalho de concertação, enquanto um dos demais não conseguiu sequer terminar a análise de um único TCT, tendo que ser auxiliado pelos demais.

Não se pode afirmar, porém, que a abordagem sugerida pelo consultor resultaria em melhores resultados caso fosse adotada por todos os grupos. Como os TCT eram distintos, com graus diferentes de complexidade, o mesmo podendo-se dizer dos participantes de cada grupo de trabalho, não é possível estabelecer-se comparações.

Há que se acrescentar a limitação do tempo destinado à concertação do seminário internacional do ADT, que será objeto de avaliação em outra lição apreendida.

### **Consistência científica vs participação social nas ADTs nacionais**

Estes dois objetivos acham-se presentes no processo de elaboração do ADT. Deseja-se a consistência científica pois os TCT, suas cadeias causais, vazios de informação e ações mitigadoras devem ser identificados tendo por base os conhecimentos dos fenômenos que são tratados. Por outro lado, *“todas as partes envolvidas ou afetadas por um problema ambiental ou na sua solução devem se envolver na elaboração da ADT e serem consultadas ao longo do preparo do PAE”* (Mee, 2003), ou seja, na identificação dos TCT, da cadeia causal e dos vazios de informação, bem como a proposta de ações mitigadoras.

Estes objetivos não são conflitantes, mas, cabe comentar, que a participação de especialistas e atores sociais no mesmo seminário e com o mesmo tipo de atuação prevista pode ser causa de inibições a ambas as partes, dificultando que os objetivos sejam atingidos. No processo de elaboração do ADT deve ser confessado que ocorreu muito mais a consistência científica do que a participação social. A categorização dos participantes dos seminários nacionais de ADT mostrou uma vasta maioria constituída por técnicos e especialistas de entidades públicas relacionadas a gestão de recursos hídricos. As ONGs e os usuários de água, quando presentes, eram poucos. Portanto, a *“apropriação social”* do ADT, um dos objetivos desta fase do Programa-Marco, não foi totalmente atingida.

Entretanto, para que fosse possível a promoção da participação social nesta fase haveria que se conduzir o processo de uma forma mais lenta e

com despesas maiores, o que poderia inviabilizá-lo financeiramente e alongar o seu cronograma de execução. Isto por que seria importante a realização de reuniões prévias, desde a fase de elaboração das Visões Nacionais da Bacia do Prata, em que atores sociais e especialistas discutiriam os problemas existentes. Os atores sociais informariam aos especialistas os problemas que identificam na bacia, resultado de suas vivências e contatos com o meio ambiente. Os especialistas analisaram as dinâmicas dos problemas identificados, propondo suas causas, em uma primeira aproximação, para que, gradualmente, com base em discussões e aprofundamentos das análises em conjunto com os atores sociais, utilizando-se portanto da sabedoria local, houvesse uma primeira consensuação sobre as cadeias causais. Neste processo, os atores sociais aportariam os conhecimentos práticos resultantes de suas vivências com os problemas. Os especialistas aportariam seus conhecimentos científicos para explicar a dinâmica fenomenológica.

Este processo iterativo deveria continuar na identificação de vazios de informação e na proposta de ações mitigadoras. Deveria estar claro o papel de cada grupo: atores sociais e especialistas. Os atores sociais desencadeando processo de identificação de problemas e de propostas de ações mitigadoras. Os especialistas elucidando as dinâmicas dos processos e avaliando a adequação de ações mitigadoras, bem como identificado os vazios de informação, a serem confirmados pelos atores sociais. Neste processo, embora ambos os grupos participem do seminário, cada qual tem um papel específico, a ser mutuamente reconhecido e valorizado. Os atores sociais não serão inibidos em suas participações pelo fato de não deterem conhecimentos científicos; e os especialistas não se inibirão ante o desconhecimento dos aspectos práticos e das dificuldades de valorarem socialmente os impactos dos TCTs.

Entretanto, para que um processo desta natureza fosse deslançado, haveria necessidade de quase um dia de análise para cada TCT identificado, o que resultaria na necessidade de um longo processo de elaboração do ADT, incompatível com a disponibilidade de tempo e de recursos financeiros.

Sob este aspecto, portanto, não existem lições aprendidas, a não ser que devem ser buscadas alternativas de baixo custo que permitam o alcance da consistência científica com a participação social na elaboração do ADT em prazos adequados.





## Seminário Internacional de ADT

Este seminário ensinou uma importante lição: é possível a consensuação do ADT em um seminário internacional da bacia do Prata do qual participem especialistas de cada país. Isto ocorreu mesmo em condições nas quais dois fatores determinaram o afastamento das condições ideais.

O primeiro fator foi o tempo disponível para esta consensuação, considerado, desde a fase de planejamento, muito curto: cerca de 1 dia e meio de trabalho. Mas foi inevitável ante às limitações resultantes de sua realização em uma semana onde o primeiro dia útil foi um feriado, a necessidade dos participantes viajarem de seus países, e aos custos de estadia, financiados pelo Programa-Marco.

O segundo fator foi o excesso de participação de especialistas do país que sediou o Seminário Internacional, em relação à participação dos demais países. Embora não tenha sido explicitado publicamente qualquer desconforto dos demais participantes a este respeito, em alguns casos houve manifestações pessoais de receio que isto pudesse sobrevalorizar os interesses do país sede na elaboração do ADT da bacia do Prata.

Estes dois aspectos levaram a duas lições aprendidas:

-  deve ser previsto tempo suficiente para análise e consensuação do ADT, de forma que os resultados não tenham risco de serem produto de um processo pouco analisado, em função da premência do prazo; e
-  deve ser acertada previamente a composição das delegações de cada país, evitando-se riscos

de que um deles se valha de uma maior representação para conduzir as análises de acordo com seus interesses, deslegitimando o processo de concertação.

Cabe comentar que, no caso do ADT da bacia do Prata, os dois problemas mencionados não prejudicaram a qualidade dos produtos gerados. O tempo, embora curto, permitiu uma análise detalhada das cadeias causais, dos vazios de informação e das ações mitigadoras. Isto deve ser atribuído tanto à qualidade dos ADT resultantes dos seminários nacionais quanto à capacidade analítica dos especialistas que participaram do seminário internacional.


O país-sede não usou em momento algum o fato de ter sua representação preponderando nos grupos de trabalho para conduzir as conclusões em qualquer sentido que o favorecesse. Isto ocorreu tanto em função da existência de um real espírito de solidariedade entre os coordenadores e especialistas nacionais, quanto pela excelência dos especialistas presentes que se compromissaram unicamente com a qualidade do ADT produzido.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Programa Marco para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata pela oportunidade de realização deste trabalho. Ressalta a colaboração da Eng. Silvia Rafaelli, Coordenadora Técnica Internacional, e dos Coordenadores Técnicos Nacionais da Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai na organização dos seminários, no aporte de informações, e de críticas e sugestões que foram fundamentais para o bom andamento deste trabalho.

## Referências

- Mee, L. (2003) *The GEF IW TODA/SAP Process* : notes on a proposed best practice approach. 15p. Disponível em: < [http://www.europe-ancids.undp.org/waterwiki/images/a/ae/TODA\\_SAP\\_bestpractice\\_for\\_distribution.doc](http://www.europe-ancids.undp.org/waterwiki/images/a/ae/TODA_SAP_bestpractice_for_distribution.doc)>
- Lanna, A. E. 2004. *Análise Diagnóstico Transfronteiriço*: Informe Final. Relatório de consultoria ao Programa Marco para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata, com relação aos efeitos hidrológicos da variabilidade e das modificações climáticas. Disponível em [http://www.cicplata.org/marco/eventos/pdf/23.02.2005/ad\\_t\\_informe\\_final\\_marzo2005.pdf](http://www.cicplata.org/marco/eventos/pdf/23.02.2005/ad_t_informe_final_marzo2005.pdf).

Antonio Eduardo Lanna  Consultor em recursos hídricos, professor colaborador do IPH/UFRGS, pesquisador do CNPq.



# La visión argentina sobre los problemas y la gestión de los recursos hídricos en su jurisdicción en la cuenca del Plata

Ana Mugetti, Percy Nugent, Rosa María Di Giacomo, Gustavo Cruzarte, Sebastián Ludueña, María Josefa Fioriti, Ignacio Enriquez, Raquel Zabala, César Magnani, María Cristina Moyano e Ilana Arensburg.

**RESUMEN:** La cuenca del Plata en Argentina abarca un tercio del territorio nacional y se extiende sobre 14 jurisdicciones provinciales y la Ciudad de Buenos Aires, que tienen la responsabilidad de la gestión del agua en cada uno de respectivos territorios.

Este trabajo presenta una evaluación de la cuenca en el territorio argentino y una propuesta de acciones para su desarrollo. Las evaluaciones fueron elaboradas para la preparación del “Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, en Relación con los Efectos Hidrológicos de la Variabilidad y el Cambio Climático”; utilizando una metodología común para todos los países de la cuenca.

El diagnóstico resalta la existencia de dificultades para la realización de una gestión integrada, originada en la fragmentación institucional (15 jurisdicciones) y la falta de recursos humanos y económicos debido a la escasa preponderancia que el poder político le otorga.

**PALABRAS-CLAVE:** visión, recursos hídricos, Argentina.

**ABSTRACT:** La Plata Basin in Argentina covers a third of its territory and spreads on 14 provinces and Buenos Aires City, which have the responsibility of water management in its jurisdiction.

The paper shows an assessment in the Argentine basin and a proposal of development actions that have been carried out for the “Framework Programme for the Sustainable Management of La Plata Basin Water Resources with Respect to the Hydrological Effects of Climatic Variability and Change” on the ground of a given methodology.

The diagnosis emphasised the difficulties for an integrated management, due to the institutional fragmentation and lack of economic and human resources because of the low political priority.

**KEYWORDS:** assessment, water resources, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

El hecho de que en Argentina, la gestión de los recursos hídricos es realizada por cada una de las provincias y capital federal, condiciona y obliga a la necesidad de establecer estudios generales que sirvan de guía a las distintas jurisdicciones. En este trabajo se presenta una evaluación de la cuenca del Plata en territorio argentino acompañada por una propuesta de acciones para su desarrollo. Dichas propuestas fueron elaboradas en la componente de *Visión del “Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, en Relación con los Efectos Hidrológicos de la Variabilidad y el Cambio Climático”*.

En la elaboración fue utilizada una metodología común a ser aplicada en los diferentes países (Tucci, 2004) producida especialmente para dicho programa. Dicha metodología incluyó la ejecución de un diagnóstico que con los siguientes ítems: contextualización de la región; análisis de los planes existentes; aspectos institucionales; características físicas y socioeconómicas; usos del agua; impacto y conservación ambiental; impactos sobre la sociedad; vulnerabilidad a la variabilidad y al cambio climático y la formulación de acciones para el desarrollo de la cuenca. El contenido de cada uno de estos ítems fueron elaborados por diferentes expertos que presentaron un informe final consensado en talleres (uno en el cada país y uno internacional).

El proceso de Visión en Argentina fue coordinado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos, a través de la Dirección Nacional de Políticas, Coordinación y Desarrollo Hídrico. Contó con la colaboración de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, el Instituto de Suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional del Agua (INA). El aporte de instituciones y actores clave de la Nación y las provincias involucradas se plasmó a través del suministro de información y la técnica de juicio experto en un taller nacional realizado en Buenos Aires, los días 1 y 2 de junio de 2004 (Mugetti et al, 2004).

### ASPECTOS GENERALES

La cuenca del Plata en Argentina con 870.317 km<sup>2</sup>, abarca un tercio del territorio nacional y se extiende sobre 14 jurisdicciones provinciales y la Ciudad de Buenos Aires (Figura 1) (SSRH e INA, 2002; INDEC, 2004).

Las subcuencas en territorio argentino corresponden a los ríos Paraguay, Paraná, Uruguay y el propio Río de La Plata (Figura 2). Los ríos Pilcomayo y Bermejo son los principales tributarios del río Paraguay. Los ríos Pasaje -Juramento - Salado, Tercero y Cuarto son los afluentes más importantes del río Paraná por la margen derecha y los ríos Iguazú y Corrientes en la margen izquierda. Finalmente, los ríos Gualeguay y Pepirí Guazú y el río Salado son los principales afluentes de los ríos Uruguay y de La Plata respectivamente.

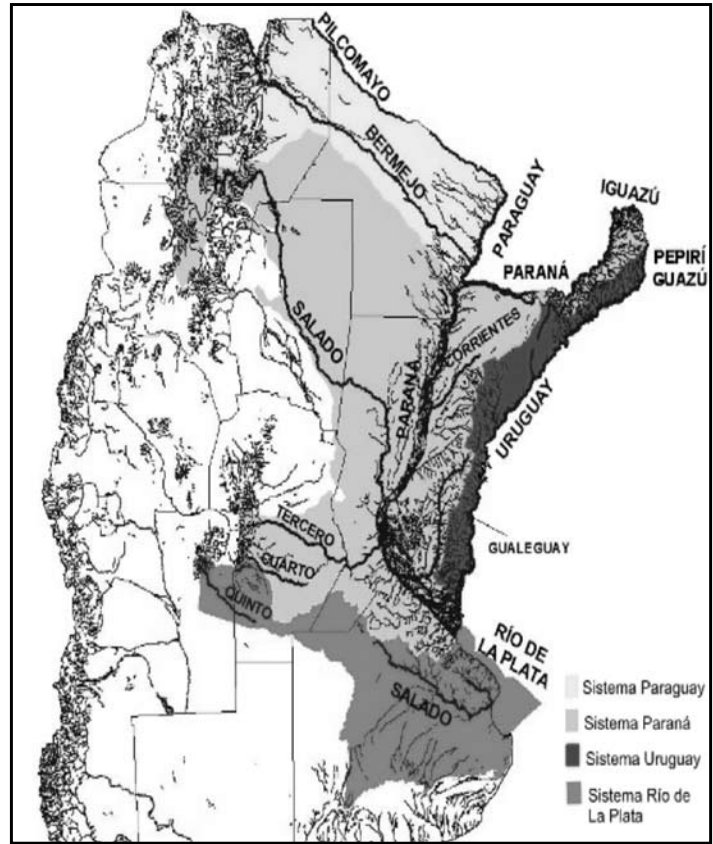
La disponibilidad de agua superficial en la cuenca es generosa, ya que concentra el 84% del derrame medio total del territorio argentino, aunque es muy irregular (GWP, 2000). La Tabla 1 presenta los caudales medios mensuales en los cursos principales (SSRH, 2000).

Los humedales más importantes están relacionados con el río Paraná y en menor medida con el Uruguay. Entre los humedales se destaca el sistema del Iberá.



FIGURA 1. Jurisdicciones argentinas que comparten los recursos hídricos de la cuenca

**FIGURA 2.** Sistemas hídricos superficiales de la cuenca del Plata en Argentina.



Los umedales y las áreas adyacentes son las regiones de mayor biodiversidad y bioproduktividad del país, con más de 300 especies de peces que constituyen el 90% de los recursos pesqueros continentales. Las especies pesqueras más valiosas son aquellas que alcanzan mayor tamaño, la mayoría de ellas es migratoria y puede superar el millar de kilómetros en su desplazamiento: surubí (*Pseudoplatystoma* sp), patí (*Lucopimelodus pati*), manguruyú (*Paulicea luetkeni*), armados (*Pterodoras granulosus*), dorado (*Salminus maxillosus*), boga (*Schizodon* sp), sábalo (*Prochilodus* sp), pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y pirapitá (*Brycon orbignyanus*), (Mugetti et al, 2004).

#### ASPECTOS LEGALES, INSTITUCIONALES Y DE GESTIÓN

La estructura federal de Argentina y el estatus constitucional, que da el dominio de las aguas superficiales y subterráneas a las provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, condicionan fuertemen-

te la gestión de los recursos hídricos en la cuenca. Para ello en cada jurisdicción existen organizaciones gubernamentales con diferentes alcances: algunas tienen carácter sectorial de acuerdo a los usos y otras son autoridades únicas.

La mayor parte de los recursos hídricos del territorio argentino es compartida por varias jurisdicciones. Por lo tanto, adquiere relevancia las funciones de coordinación que realizan la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y las organizaciones de cuenca interprovinciales. Complementariamente, surge la necesidad de contar con leyes provinciales armónicas y una legislación marco nacional basada en los Principios Rectores de Política Hídrica, que plasmaron el consenso alcanzado a través de un amplio proceso participatorio (Mugetti et al, 2004).

Las instituciones abocadas a la gestión de las cuencas con recursos hídricos compartidos con países limítrofes son: el Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata,

TABLA 1  
Caudales medio mensuales en los ríos principales

Sistema	Río/Arroyo	Estación	Provincia	Periodo	Caudal Medio Anual (m <sup>3</sup> /s)
Paraguay	Paraguay	Puerto Pilcomayo	Formosa	1909-2000	3.695
	Pilcomayo	La Paz	Salta	1941-2000	203
	Bermejo	El Colorado	Formosa	1968-2000	408
	Tarija	San Telmo	Salta	1964-1997	129
	San Francisco	Caimancito	Jujuy	1946-2000	104
Paraná	Paraná	Timbúes	Santa Fe	1905-2000	15.240
	Iguazú	Puerto Andresito	Misiones	1983-2000	1.851
	San Javier	Helvecia	Santa Fe	1909-2000	616
	Leyes	RP1	Santa Fe	1977-2000	1.235
	Colastiné	RN 168	Santa Fe	1903-2000	1.686
	Corrientes	Los Laureles	Corrientes	1975-2001	329
	Salado	RP 70	Santa Fe	1952-2000	146
Uruguay	Uruguay	Paso de los Libres	Corrientes	1909-2000	4.265
	Miriñay	Paso Ledesma	Corrientes	1968-2000	154
Río de La Plata*	Río de La Plata	Punta Gorda - Tigre	Buenos Aires	1997-2003	27.549

\* Sistema de alerta, INA (valor estimado).

la Comisión Administradora del Río de La Plata, la Comisión Administradora del Río Uruguay, la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija, la Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo y la Comisión Binacional Administradora de la Cuenca Inferior del Pilcomayo.

Entre las organizaciones que efectivamente funcionan en las distintas subcuencas argentinas pueden mencionarse al Comité Regional del río Bermejo y la Comisión Interjurisdiccional Laguna La Picasa. Además, desde 1998 se está trabajando en la conformación del Comité de la Región Hídrica de la Llanura Pampeana Central y del Comité de Cuenca de los Bajos Submeridionales y en la transformación del Comité Ejecutor de la cuenca del Matanza – Riachuelo en una organización de cuenca.

Si bien se han desarrollado algunos planes de recursos hídricos en algunas subcuencas (cuencas de los ríos Salado de la provincia de Buenos Aires, Matanza – Riachuelo y Reconquista), no se cuenta con un plan nacional ni con planes provinciales. En

algunas subcuencas o acuíferos con recursos hídricos compartidos con países vecinos -tales como las cuencas de los ríos Pilcomayo y Bermejo o el Acuífero Guaraní- se está trabajando en planes específicos.

A pesar del papel estratégico de las aguas subterráneas en el manejo de los recursos hídricos, no se dispone, salvo en algunas áreas determinadas, de una verdadera gestión integrada entre el agua superficial y el agua subterránea y sobre todo, se ha descuidado la protección de los acuíferos (GWP, 2000).

En resumen, existen dificultades para realizar una gestión integrada, debido a la fragmentación institucional y la falta de recursos humanos y económicos asociados a la escasa preponderancia que el poder político le otorga al agua.

### INFORMACIÓN BÁSICA

Existe información general sobre el clima –que debe ser mejorada con estudios sobre la variabilidad y el cambio climático-, hidrografía, geomorfología y los suelos de la región. En cambio, la información hi-

drogeológica regional es escasa y debe ser actualizada (GWP, 2000). Una excepción es el Acuífero Guaraní (compartido con Brasil, Paraguay y Uruguay), que está siendo estudiado (Proyecto SAG, 2004).

La evaluación del recurso la realiza la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (que también desarrolla un Sistema de Información Hídrica) y algunas jurisdicciones provinciales. Dichas redes hidrológicas deben ser complementadas e incluir estaciones de monitoreo de la calidad del agua, ya que la Red Mínima Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua de cuenca del Plata dejó de funcionar.

Desde 1994 opera el Banco de Datos Hidrológico de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación que posee datos históricos y actuales de la Red Hidrológica Nacional, que están disponibles a través en su página web.

En síntesis, hay información suficiente para iniciar la formulación de un Plan Estratégico, aunque la misma debe ser ampliada.

## ASPECTOS HISTÓRICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS

La cuenca es la zona más desarrollada del país y concentra el 69% de la población con aproximadamente 25 millones de habitantes.<sup>1</sup> Casi el 90% de la población del país es urbana y se estima que la tendencia mantendrá las tasas actuales. Es llamativa la alineación de los centros urbanos en contacto con los ríos: varias capitales provinciales y las regiones metropolitanas de Buenos Aires, Rosario y La Plata dan muestras de ello. La ciudad Autónoma de Buenos Aires (capital federal) concentró el desarrollo industrial y se convirtió en el núcleo central del sistema urbano y de la red caminera y ferroviaria (Roccatagliata, 1988).

Las asimetrías sociales son evidentes: la pobreza alcanza al 53% de la población y la indigencia al 25% de la población urbana. El Índice de Desarrollo Humano Ampliado señala que la situación general es favorable pero discrimina entre distintas jurisdicciones donde las situaciones varían entre más favorable (ciudad de Buenos Aires y las provincias de Córdoba y Buenos Aires) y crítica (provincias de Chaco, Corrientes, Jujuy y Formosa) (PNUD Argentina, 2003).

En la región se producen más del 90% de los cereales y oleaginosas del país, mantiene el 70% de su stock bovino, generando más del 60% del PBI nacional y es una de las áreas mayores de producción de alimentos del mundo (cereales, soja, arroz, cítricos, primicias y ganado). Entre los cultivos con mayor superficie están la soja, el trigo, el maíz y el girasol. Se estima que la agricultura no sufrirá cambios, salvo por la expansión de la frontera agropecuaria y la modernización de sus sistemas de riego (Mugetti et al, 2004).

La producción pesquera se realiza en 40 puertos en los ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y el Río de La Plata, siendo los principales tipos la pesca comercial artesanal (que no ha alcanzado un desarrollo industrial), la de subsistencia y la deportiva recreativa. En la actualidad las estadísticas de captura son fragmentarias y poco específicas, como consecuencia del proceso de descentralización. La acuicultura ha tenido un lento crecimiento, aunque en la actualidad, está muy estancada, debido a limitaciones ambientales y de mercado (Mugetti et al, 2004).

El sector industrial prevaleciente está ligado a las materias primas de origen agropecuario, tales como la industria alimenticia, curtiembres, bebidas, mataderos y lechería. Las industrias se concentran básicamente en las zonas urbanas, siendo las más importantes los parques industriales localizados en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba y en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Recientemente, se ha iniciado un proceso de reactivación que se prevé se mantenga en el mediano plazo. Sin embargo, la falta de energía eléctrica y gas son limitantes que deberían revertirse (Mugetti et al, 2004).

Es notable la diferencia en los niveles de cobertura de agua potable y saneamiento entre las provincias y entre las áreas urbanas y rurales. La cobertura de agua potable abastecida a través de la red pública supera el 60%, con un máximo de casi el 100% en la ciudad de Buenos Aires y un mínimo de 59% en la provincia de Misiones. La cobertura de nacional de cloacas es de 54%, con un máximo del 100% para la ciudad de Buenos Aires y un mínimo del 12% para la provincia de Misiones. En el ámbito rural, el 30% de la población dispone de agua potable por red mientras que el 1% evacua sus excretas a una red cloacal colectora domiciliaria y el 48% dispone de sistemas individuales de descarga de efluentes. Solo el 10% del volumen total de los efluentes residuales domésticos sin depurar recolectados por los sistemas de desagües cloacales del país son tratados por sistemas de depuración.

<sup>1</sup> Elaboración de la SSRH basándose en el Censo de Población y Vivienda del INDEC, 2001.

**USOS Y DEMANDAS DE AGUA**

Los principales usos consuntivos del agua son para abastecimiento humano y riego. Otros usos son la navegación, la hidroelectricidad, la pesca, la recreación y la recepción de efluentes domésticos e industriales. Las Figuras 3 a 6 muestran la configuración espacial de los usos del agua superficial en las distintas subcuencas. Lamentablemente, las carencias en la gestión del agua subterránea no permiten describir sus usos de una forma sistemática.

La evaluación global de la demanda en los cuatro sistemas definidos se resume en la Tabla 2. Se destaca que la demanda para riego es notoriamente preponderante en los sistemas de los ríos Paraguay y

Paraná -que abarcan las zonas áridas y semiáridas de la cuenca- mientras que en los sistemas de los ríos Uruguay y el Río de La Plata predomina la producción de agua para consumo doméstico.

Las demandas globales están en el orden del 1 % del caudal medio que ocurre todos los meses del año; indicando que no existe riesgo mayor de disponibilidad y que los sistemas hídricos pueden ser atendidos sin regulación. Esta comparación entre la demanda y la oferta debe considerarse como un índice demostrativo de la situación global de la cuenca en Argentina, debido a que la estimación de la demanda no es precisa, la disponibilidad hídrica superficial no refleja la variación espacial (muy fuerte en Argentina) ni incluye la disponibilidad de agua



FIGURA 3. Configuración espacial de aspectos de los recursos hídricos en el sistema del río Paraguay.





FIGURA 4. Configuración espacial de aspectos de los recursos hídricos en el sistema del río Paraná.



FIGURA 5. Configuración espacial de aspectos de los recursos hídricos en el sistema del río Uruguay.

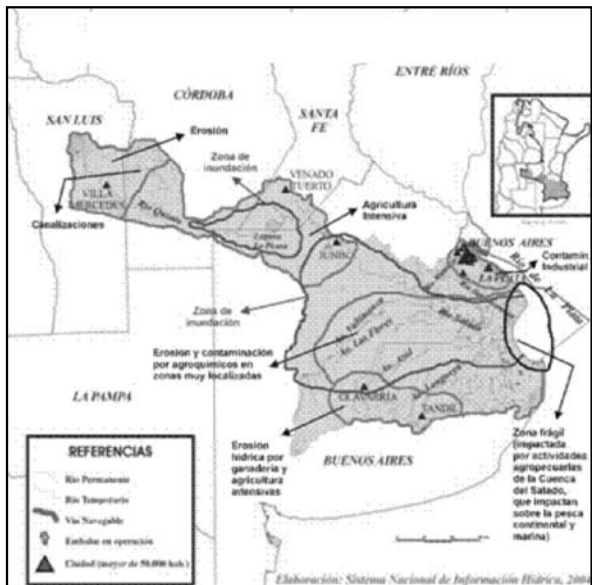


FIGURA 6. Configuración espacial de aspectos de los recursos hídricos en el sistema del Río de La Plata.

TABLA 2  
Demandas estimadas en 2004 (en m<sup>3</sup>.día-1)

Tipo de consumo	Sistema			
	Paraguay	Paraná	Uruguay	Río de La Plata
Producción para consumo doméstico	496.361	2.961.123	252.496	9.070.803
Animal	122.688	909.792	114.048	61.3440
Industrial (CIC, 1997)	18.183	386.212	22.638	1.544.898
Riego (PROSAP, 2004)	1.949.489	9.550.600	199.4675	2.079.158
Total por sistema	2.586.721	13.807.727	2.383.857	13.308.299

Las principales características de los usos identificados son:

<b>Agua potable</b>	Marcada disparidad en la producción de agua en la cuenca Entre 871 l/hab/día (provincia de Buenos Aires) y 190 l/hab/día (provincia de Misiones) (ENOHSA, 2001)
<b>Riego</b>	Solo es importante en zonas áridas y semiáridas Además, en las provincias de Corrientes, Chaco, Entre Ríos, Formosa, Misiones y Santa Fe se usa riego para el cultivo de arroz y en la provincia de Buenos Aires se hace riego complementario
<b>Hidroelectricidad</b>	El potencial hidroeléctrico es grande: el 14% del total de la potencia eléctrica y el 37% de la potencia hidroeléctrica instalada corresponde a la cuenca del Plata Las presas de Yacyretá (argentino- paraguaya, sobre el río Paraná) y Salto Grande (argentino –uruguay, sobre el río Uruguay) contribuyen con el 10% de la potencia eléctrica instalada del país. Actualmente se está elevando la cota del embalse de Yacyretá, y se ha previsto el recrecimiento de presa, lo que permitirá incrementar su potencia en un 40%. Sólo está programada la ejecución de la central Aña Cuá en la presa de Yacyretá. Las presas que están en estudio son: Corpus e Itati Itá Corá (sobre el río Paraná), ambas argentino – paraguayas; Garabí (sobre el río Uruguay), compartida con Brasil y las presas de Arazayal, Cambarí y Las Pavas, sobre el río Bermejo (sistema del Paraguay) (Secretaría de Energía, 2004)
<b>Navegación</b>	Los cinco países de la cuenca, agrupados en el Comité Intergubernamental de la Hidrovía Paraguay-Paraná, buscan recuperar la navegación sin interrupciones con las máximas normas de seguridad desde Puerto Cáceres (nacientes del río Paraguay) hasta el Río de la Plata, con un recorrido de 3.442 Km; mediante obras de gran envergadura: dragado, balizamiento y la rectificación de algunos tramos. El principal inconveniente que presenta la navegación de los ríos Paraná y Río de la Plata se debe al constante aporte de sedimentos de sus tributarios, que obligan a realizar permanentes dragados Desde el Río de la Plata hasta Santa Fe (río Paraná) el canal de navegación de la Hidrovía está señalizado y la navegación de buques de gran porte es diurna y nocturna. Desde allí hasta Corrientes el calado es de 10 pies, con el predominio de trenes de barcazas. La ruta barcacera continúa por el río Paraguay y por el río Alto Paraná hasta Puerto Iguazú. El río Uruguay tiene similares condiciones al Paraná, siendo navegable hasta Concordia, aunque la navegación está interrumpida en el embalse de Salto Grande. El río Paraguay, es navegable por barcos de poco calado y el Bermejo por pequeñas embarcaciones. Los puertos estatales fluviales más importantes son: Rosario, Buenos Aires, Dock Sur de Buenos Aires, La Plata y San Nicolás. Le siguen en importancia Villa Constitución, Zárate y los puertos privados del complejo portuario de Santa Fe. El movimiento está íntimamente relacionado con la exportación de cereales, el movimiento de petróleo y combustibles, mineral de hierro, productos siderúrgicos y químicos, etc. (Dirección Nacional de Puertos, 2004)

subterránea (Mugetti et al, 2004). Também não leva em conta a indisponibilidade do recurso em algumas regiões por falha na qualidade da água.

### IMPACTOS DE LOS USOS DEL AGUA

Alrededor de las principales áreas urbanas, la contaminación de las aguas de superficie provocadas por aguas residuales, industriales y domiciliarias sin tratar, provoca pérdidas de espacios para recreación y daños ecológicos en cursos de agua superficial y en varios lagos y lagunas interiores. Tal es el caso, de las grandes áreas metropolitanas de Buenos Aires, Rosario y Santa Fe cuyas fuentes superficiales y subterráneas están contaminadas.

En el río Paraná, los problemas de contaminación no son generalizados dada su enorme capacidad depuradora, pero es severa en pequeños ríos y arroyos vecinos a las grandes ciudades. Sin embargo, la contaminación y características particulares del río criaron condiciones para la proliferación del algas cianofíceas.

En el Río de La Plata, el mayor aporte de contaminación industrial está comprendido entre el Riachuelo y Berazategui, la zona con mayor cantidad de industrias y el mayor conglomerado urbano de la Argentina. Además, en su franja costera existe contaminación de origen agrícola (Mugetti et al, 2004).

El contenido de metales pesados es particularmente importante en el río Pilcomayo (Sandi, 1998). Muestras realizadas en Misión La Paz (Salta) presentaron altas concentraciones de plomo, arsénico, cobre, mercurio, zinc y plata (Comisión Trinacional para la cuenca del río Pilcomayo, 1999). Muestras realizadas en el Parque Nacional Iguazú exhibieron altas concentraciones de cadmio, plomo y fenol.

La cuenca del río Uruguay se caracteriza por la falta de tratamiento de las aguas residuales domiciliarias y por recibir contaminantes orgánicos originados por la agricultura en su cuenca alta, asociados a pesticidas y a hidrocarburos aromáticos. El río Pepirí Guazú y la cuenca alta del río Uruguay presentan contaminación patógena debido a los efluentes urbanos y de la producción de cerdos y pollos.

En los años 1996, 1999 y 2000 ocurrieron derrames de hidrocarburos en el Río de la Plata y en el año 2000 se originó un derrame en la cuenca brasileña del río Iguazú. Además, en 1996 en Bolivia, en la cuenca del río Pilcomayo Superior se produjo un derrame de residuos mineros por la ruptura de un dique de

colas conteniendo altas concentraciones de metales pesados (Mugetti et al, 2004).

La contaminación de las aguas subterráneas debe considerarse como el problema de contaminación más importante en Argentina, debido los efluentes (no)tratados domiciliariamente (y en algunos casos hasta derivada ilegalmente para las napas profundas, para evitar fiscalización superficial) y, en una medida mucho menor, las aguas residuales industriales. Además, la explotación de aguas subterráneas genera impactos en las poblaciones urbanas del conurbano de Buenos Aires -desde Zárate hasta La Plata- (IARH y CAI, 2004). La sobreexplotación de los pozos para abastecimiento de agua provocó durante los años 70, la intrusión de aguas salina con una tasa de 70m. año, que originó el abandono de su explotación (CYTED, 2000).

En el río Paraná, se ha detectado un aumento en la proporción de sedimentos originados en el río Bermejo, que, por su vez, es un afluente del río Paraguay. Una probable causa es el desarrollo de embalses en el Paraná aguas arriba de la desembocadura del río Paraguay.

También está siendo analizado, un posible aumento en la sedimentación en el embalse de Salto Grande, provocada por la desertificación y el monocultivo de soja en la zona brasilera. Aguas debajo de Salto Grande se han producido erosiones en las márgenes asociadas a la operación de la presa (Mugetti et al, 2004).

### IMPACTOS ANTRÓPICOS SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La Tabla 3 resume la distribución de distintos efectos o alteraciones provocados por diversas actividades en ambientes relevantes de la Cuenca en Argentina, cuya distribución espacial puede apreciarse en las Figuras 3 a 6.

#### Algunos aspectos transfronterizos de los usos del agua

La recesión y la divagación del río Pilcomayo que genera periódicamente tensiones entre Argentina y Paraguay originadas en el reparto equitativo de las aguas que establece el tratado.

La presencia de numerosas presas aguas arriba en los cursos de los principales ríos de la cuenca, cuya operación y seguridad tienen influencia en Argentina es una de las preocupaciones principales

TABLA 3  
Resumen de los impactos antrópicos sobre los recursos hídricos

Factores de Presión	Paraná alto y medio	Sistema de Iberá	Paraná inferior	Río Uruguay	Río de La Plata	Observaciones
Agricultura	•	•	•		•	Agroquímicos
Avance de la frontera agropecuaria	•	•	•	•	•	Pérdida ambientes
Deforestación						Aumento de escorrentía
Destrucción de la vegetación	•	•	•	•	•	Reducción especies
Producción de energía	•				•	Cambios físicos
Represas	•			•		Interrupción de migraciones
Actividades petroleras	•				•	Calidad del agua alterada
Minería	•					Calidad del agua alterada
Infraestructura vial	•		•	•	•	Alteración de ciclos
Fragmentación del hábitat	•	•	•	•		Corte del flujo génico
Alteración de cursos	•		•	•		Cambios en la sucesión
Obras hidráulicas		•				Alteración de ciclos
Canalizaciones			•			Supresión del hábitat
Contaminación	•		•	•	•	Mortandades
Expansión urbana			•	•	•	Supresión del hábitat
Aumento de población					•	Aumento de efluentes
Sobreexplotación de recursos	•	•	•	•	•	Reducción de poblaciones
Manejo inadecuado	•	•	•	•	•	Uso insostenible
Turismo /recreación	•	•	•		•	Alteración de hábitats
Introducción especies exóticas					•	Competencia con especies autóctonas

de Argentina asociada a la gestión de aguas transfronterizas addo que para la operación de las presas no existen mecanismos de consulta previa, que son reclamados por Argentina, no se reciben informes sobre el estado de las presas y las medidas de seguridad implementadas y no hay planes de acción de emergencia acordados.

La instalación de industrias papeleras en Uruguay sobre el río del mismo nombre preocupa a la sociedad y el gobierno, debido a las potenciales descargas altamente contaminantes.

## IMPACTOS SOBRE LA SOCIEDAD

**Inundaciones:** Argentina ha soportado periódicamente fenómenos extremos de crecidas y de sequías en distintas regiones. Las enormes pérdidas sufridas en consecuencia, ubican a la Argentina entre los 14 países más afectados por ese tipo de catástrofes.

La región argentina de la cuenca del Plata es la que soporta los fenómenos de crecidas extraordinarias de mayor magnitud en términos de volúmenes, tiempos, áreas inundadas y pérdidas. Las inundaciones de 1982/83, 1992, 1995, 1997 y 1998 debidas a

las crecidas extraordinarias de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, asociadas al fenómeno del Niño y, posiblemente, a cambios en el uso del suelo en la cuenca, han castigado a siete provincias de la Cuenca: Buenos Aires, Corrientes, Chaco, Entre Ríos, Formosa, Misiones y Santa Fe. El impacto económico y social de las inundaciones ha sido notable debido al desarrollo de centros poblados en zonas propensas a inundaciones y ha ocasionado pérdidas importantes en infraestructura, producción agropecuaria, bienes privados y actividades económicas.

La magnitud de las pérdidas pone en evidencia la falta de una apropiada zonificación del uso del suelo en función de los riesgos, además de las deficiencias en la prevención y mitigación de riesgos y en el manejo de las emergencias. El Banco Mundial proporcionó asistencia para reparar los daños ocasionados por las avenidas del 82/83 y 97/98, pero hace falta proteger otras zonas urbanas y complementar el drenaje de las áreas urbanas y rurales. Como medida de mitigación, desde 1983 se realiza un alerta hidrológico, tanto de crecidas como de bajantes, en los ríos Paraná, Iguazú, Paraguay, Uruguay, Río de La Plata.

Estas crecientes de las riberas, son agravadas por crecientes urbanas. En general, los sistemas de drenaje urbano han sido superados debido al aumento de las intensidades de las lluvias y el incremento de las superficies impermeabilizadas. Esto es potenciado por el hecho de que en muchas ciudades no se han ejecutado redes de desagües en los últimos 30 o 40 años.

Las inundaciones de las ciudades dependen de las características de las zonas donde se localizan: en los valles de los grandes ríos del Nordeste de Argentina se superponen lluvias locales intensas con crecidas de los grandes ríos; en la zona de la llanura chaco pampeana, con muy baja pendiente, las lluvias intensas locales -con tres o cuatro días de duración- provocan inundaciones de áreas enormes, que afectan a la población rural y dejan aislados pueblos y ciudades; en el límite occidental de la llanura chaqueña las lluvias son de escasa duración pero muy violentas, y, en el área de la Capital Federal y Gran Buenos Aires, se producen inundaciones debido al efecto de la sudestada (crecida eólica del Río de la Plata) (Giménez, Devoto y Valdés, 1999).

La región pampeana está soportando el ascenso de los niveles freáticos, cuyo origen está asociado tanto a factores naturales como antrópicos. En zonas urbanas y suburbanas, provoca el anegamiento de la infraestructura bajo el nivel del suelo y la contami-

nación de las aguas subterráneas. En zonas rurales, ocasiona inundaciones de grandes áreas destinadas a actividades agropecuarias y deterioros en la red vial secundaria (Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Grupo Argentino, 2004 y Lopardo et al, 2004).

**Sequías:** Existen registros de sequías estacionales severas. En las áreas más secas de la región Pampeana la combinación de la agricultura con prácticas incorrectas, el sobrepastoreo y las sequías periódicas desataron procesos de erosión eólica e hídrica. En parte semiárida del Gran Chaco, los procesos erosivos y la pérdida de fertilidad han avanzado de manera crítica, situación que se agrava hacia el oeste en el Chaco Árido.

**Enfermedades de origen hídrico:** Las más frecuentes en la Argentina son las gastrointestinales agudas, la fiebre tifoidea y la paratifoidea, las parasitosis intestinales, el arsenicismo, la fluorosis y la metahemoglobineamia, siendo las diarreas las más frecuentes y causa de muerte cuando dan lugar a deshidratación. Las malas condiciones de abastecimiento de agua potable, especialmente a la población de bajos recursos en las cuencas de los ríos Bermejo y Pilcomayo (frontera con Bolivia), contribuyeron al brote de cólera que se produjo entre 1992 y 1998.

Por otro lado, en el río Paraná se constató la presencia de una alta concentración de distintas especies de cianobacterias, cuyas toxinas pueden llegar a producir diversos trastornos inclusive tumores en el hígado y ataques al sistema nervioso de animales y personas.

## VULNERABILIDAD A LA VARIABILIDAD Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

La variabilidad climática y el aumento de las precipitaciones han sido responsables de cambios en el uso del suelo, agravando procesos de erosión e inundaciones. Como consecuencia, la compactación de suelos, el incremento de procesos de desertificación, el sobrepastoreo, la tala de árboles y pérdidas de biodiversidad han afectado negativamente el paisaje. La deforestación y degradación pueden acentuarse con las tendencias climáticas esperadas.

El incremento general en las lluvias eventualmente podría afectar la seguridad de las presas. Sin embargo, en la región norte, se espera una disminución de las lluvias, que podría producir impacto en sector hidroeléctrico.

Aunque existe una cierta incertidumbre, es probable que el aumento de la temperatura del agua y los cambios en los patrones de precipitación afectarán la composición específica y las funciones de los ecosistemas acuáticos. Se esperan grandes cambios en los patrones de distribución de plantas y animales de dichos ecosistemas, debido a su limitada capacidad de respuesta, que es influenciada por las actividades antrópicas. El aumento de temperatura del agua ocasionará floraciones explosivas de algas perjudiciales con consecuencias sobre la salud humana. Favorecerá mejores rendimientos en la acuicultura extensiva de Tilapia y especies, como las carpas, que pueden amenazar la fauna íctica local y la expansión de las especies invasoras de moluscos de origen asiático que han ingresado en la cuenca en las aguas de balastro e incrustaciones navieras.

El principal impacto social debido a la variabilidad y del cambio climático está relacionado con el aumento de la frecuencia y magnitud de las inundaciones, cuyas consecuencias se están afrontando desde los años 80.

Los riesgos para la salud humana se incrementarán, particularmente en relación con las enfermedades tropicales e hídricas. El cambio climático aumentará la viabilidad de ciertos vectores de enfermedades y la propagación de las existentes y los eventos extremos -inundaciones y sequías- podrían empeorar los problemas de diarrea.

### SÍNTESIS DE LAS ACCIONES

La mayor parte de acciones planteadas en el Taller de Visión -sobre la base del diagnóstico presentado y la experticia de los participantes- correspondió a los aspectos institucionales y el desarrollo de la cuenca. El desarrollo de la cuenca, indica la necesidad de implementar un conjunto de acciones tendientes a lograr una gestión integrada de los recursos hídricos en el ámbito de cuenca, que complementen las actividades que se están desarrollando en Argentina.

Dentro de los **aspectos institucionales**, resultaron relevantes:

- implementación de redes de monitoreo de calidad de agua y el mejoramiento de la red hidrometeorológica;
- concentración en el Sistema Nacional de Información Hídrica de la información existente en los bancos de datos nacionales, provinciales, en los organismos de cuenca, etc.; incluyendo

datos de cantidad y calidad, asegurando su libre disponibilidad;











- desarrollo de un sistema de información geográfica para la gestión de los recursos naturales de la cuenca con énfasis en el agua y el suelo.
- formalización de los Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina en una ley nacional y armonización de las legislaciones provinciales y la nacional con dichos principios.
- desarrollo de un Plan Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y de Planes Provinciales de Gestión de los Recursos Hídricos;
- articulación de la gestión hídrica con la gestión ambiental e incorporación de los aspectos ambientales a la gestión del agua;
- afianzamiento de la participación de las provincias en la gestión de los recursos hídricos compartidos con países vecinos; y

Las acciones más importantes que se identificaron para el Desarrollo de la Cuenca son:






- establecimiento de sistemas de alerta para contaminación de las aguas por derrames o accidentes;
- establecimiento de patrones comunes o semejantes para los monitoreos de calidad de agua,
- establecimiento de patrones y metodologías comunes o semejantes para las observaciones en las redes de información hídrica;
- establecimiento de patrones comunes o semejantes para monitoreo de suelos;
- diagnóstico de la contaminación de aguas subterráneas y
- diagnóstico, evaluación y establecimiento de niveles críticos de contaminación de acuíferos por biocidas,
- estudio de la erosión hídrica y su impacto en el suelo y la agricultura;
- promoción del entrenamiento de personal técnico de las instituciones involucradas en los países de la cuenca.

Dentro de los aspectos relacionados con el **Desarrollo socio-económico y los impactos en la sociedad**, pueden destacarse las siguientes acciones.

- aumento de la cobertura de agua potable y cloacas, en especial de las áreas pobres;

-  construcción de plantas de tratamiento de líquidos cloacales, en las principales ciudades;
-  identificación y cuantificación de los consumos principales de agua de uso industrial;
-  implementación de campañas de uso racional del agua;
-  desarrollo un sistema de alerta, que a partir de la presencia de eventos extraordinarios en las cuencas de aporte, ponga en funcionamiento un plan de acción;
-  difusión de los planes de emergencia existentes;
-  evaluación de los riesgos por inundación y sequías, estableciendo su impacto en la agricultura y la sociedad;
-  zonificación de las áreas de inundación en las ciudades.
-  monitoreo de las aguas subterráneas en zonas agrícolas de riego;
-  identificación y control de las enfermedades relacionadas con el agua; y
-  evaluación del riesgo para la salud humana y la biota acuática por la presencia de metales en el río Pilcomayo.

Para la **Gestión del Impacto y Conservación Ambiental**, se incluyeron las siguientes acciones.

-  evaluación del riesgo y susceptibilidad a la erosión en áreas de expansión de la frontera agropecuaria;
-  monitoreo con imágenes satelitales del uso de las tierras y degradación en áreas críticas;
-  implementación de acciones que controlen la contaminación del ambiente, en especial tierras y agua;
-  monitoreo de metales y material particulado en la cuenca del río Pilcomayo; y
-  evaluación de la calidad del agua y el suelo en sistemas productivos agrícolas de altos insumos.

El desarrollo de herramientas de previsión y predicción para minimizar la vulnerabilidad de los sistemas acuáticos y, el mejoramiento del conocimiento sobre el impacto de uso del suelo y la variabilidad climática en el sector energético y la agricultura, fueron las acciones planteadas para gestionar **la Vulnerabilidad Relativa a la Variabilidad y el Cambio Climático**.

Finalmente, se destacó la necesidad del conocimiento de la disponibilidad de aguas subterráneas en la Cuenca del Plata argentina, la profundización del conocimiento sobre la sedimentación y el escurrimiento producido por la erosión hídrica y el mejoramiento de la capacidad de los organismos provinciales vinculados con la gestión del agua, para que puedan mantener la infraestructura hídrica e incentivar el uso racional del agua.

## CONCLUSIONES DE LA VISIÓN EN ARGENTINA

El diagnóstico realizado señaló que la gestión del agua en la parte Argentina de la cuenca del Plata de Argentina es fragmentada no solo a escala provincial sino sectorial.

Argentina está aguas abajo y recibe las consecuencias del comportamiento que puede producir daño sensible no solo de los países de aguas arriba sino de los países contiguos. Si bien, la operación del sistema de alerta hidrológico se remonta a más de 20 años, la red mínima de calidad de agua de la cuenca actualmente no funciona.

La gestión de los aspectos biológicos resulta más fragmentada aún, ya que no existe una estadística confiable de la pesca en aguas continentales.

Si bien, los recursos hídricos transfronterizos se gestionan a través de organizaciones bi o trinacionales en las distintas subcuencas, la visión de la cuenca del Plata en su conjunto resulta casi inexistente.

En consecuencia, resulta difícil iniciar proyectos o programas de gestión integrada, no solo trabajando con los otros países de la cuenca sino con otras instituciones nacionales y provinciales.

El diagnóstico integró la información existente superando la fragmentación mencionada, permitiendo a los gestores comenzar a percibir la cuenca del Plata en su conjunto; dando las bases para comenzar a preparar el Programa Marco.

Merece destacarse que se plantearon y discutieron un conjunto importante de acciones para el desarrollo de la cuenca que deberían ejecutarse mediante el esfuerzo conjunto de los países y del Comité Inter gubernamental.

Otra percepción importante es que el mejoramiento de la gestión de la cuenca del Plata no se logrará solamente articulando acciones en conjunto entre los países sino actuando en el ámbito local.

Se identificaron una serie de acciones concretas cuya implementación debería incorporarse en la agenda de la cuenca de manera inmediata: monitoreo sistemático de la calidad del agua; fortalecimiento del Sistema de Alerta de la cuenca del Plata, tanto para eventos de excesos como déficit hídricos; incorporación de eventos originados por alteraciones en la calidad del agua que pueden causar riesgos en la población o la biota en dicho Sistema de Alerta y formulación y ejecución de planes de contingencia para extremos hídricos o eventos originados por alteraciones en la calidad del agua y para eventos de alto riesgo relacionados con emergencias en las presas de la cuenca que afecten de manera sensible a otros países.

El desafío es maximizar las oportunidades que brinda el Programa Marco y el avance en las acciones mencionadas precedentemente generará fortalezas en la cuenca que permitirán prepararse para ello.

## AGRADECIMIENTOS

La visión fue posible gracias al aporte de documentación y antecedentes de un grupo numeroso de especialistas e instituciones de las provincias de la cuenca del Plata y de la Nación: Hebe Barber, Carlos Bertoni, Marcelo Borselino, Daniel Cielak, Dirección Nacional de Puertos, Oscar Duarte, Graciela Fasciolo, Sebastián García, Juan Carlos Giménez, Miguel Giraut, Silvia González, Ignacio Gutierrez, Osvaldo Landi, Horacio Levit, José Lobos, Angel Menéndez; José Mestre, Oscar Natale, Ernesto Ortega, Jorge Pilar, Alfonso Pujol, Carmen Rey, Andrés Robirosa, Mario Schreider, Rafael Seoane, Pablo Storani y Andrea Valadares, a quienes los autores deseamos expresar nuestro agradecimiento.

También, deseamos manifestar nuestra gratitud a los expertos que colaboraron con su juicio y sus opiniones en el taller nacional de visión.

Sin embargo, deseamos destacar especialmente a Víctor Pochat quien -como Director Nacional de Política, Coordinación y Desarrollo Hídrico- nos brindó su apoyo y consejo.

## Referências

- ARGENTINA.DIRECCIÓN NACIONAL DE PUERTOS. 2004. **Movimiento de mercaderías**. Informe especial para la SSRH. Argentina.
- ARGENTINA. SECRETARÍA DE ENERGÍA. 2004. **Hidroelectricidad**. Informe especial para la . Argentina. Disponible em: < <http://www.hidricoargentina.gov.ar>>
- ARGENTINA.SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS(SSRH); INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA, 2002. **Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina**. Argentina. 1 CD-ROM
- ARGENTINA.SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS(SSRH). 2000. **Estadística hidrológica del siglo XX de la República Argentina**. Argentina. Disponible em: < <http://www.hidricoargentina.gov.ar>>
- ARGENTINA.SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS(SSRH). 2004. **Informe interno sobre Sistema de información hídrica**. Argentina. Disponible em: < <http://www.hidricoargentina.gov.ar>>
- ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE HIDROGEÓLOGOS. GRUPO ARGENTINO. 2004. **Inundaciones originadas en el ascenso de la superficie freática en la región pampeana**. IN: JORNADAS SOBRE RIESGO HÍDRICO, INUNDACIONES Y CATASTROFES. BUENOS AIRES. **Anais...** Buenos Aires : IARH;CAI. 34p.
- COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES- CIC. 1997. **Sistema de información sobre calidad del agua y para el alerta hidrológico de la cuenca del Rio de La Plata**. Primera Etapa: diagnóstico y prediseño.
- COMISIÓN TRINACIONAL PARA LA CUENCA DE CAR L RÍO PILCOMAYO. 1999. **El río Pilcomayo en Misión La Paz (Salta, Argentina) : cacterización físico- química de la Cuenca y resultados ictiológicos y toxicológicos. Campaña 1997-1998**. Buenos Aires. Argentina.
- ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS DE SANEAMIENTO - ENOHA. 2001. **Datos de producción de agua para consumo doméstico**. Disponible em: <http://www.enoha.gov.ar>
- GIMÉNEZ, J.; DEVOTO, G. ; VALDÉS, J. 1999. **Medidas Estructurales y no estructurales para mitigación y control de las inundaciones en el Area Metropolitana de Buenos Aires**. SEMINARIO SOBRE MANEJO DE INUNDACIONES EN EL AMBA. **Anais...** Buenos Aires. Argentina.
- GLOBAL WATER PARTENERSHIP (GWP- SAMTAC). **World Water Forum, 2000 Argentina: Agua para el siglo XXI. De la visión a la acción**. Haya, Holanda Disponible em: <http://www.gwp.org>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC). 2004. **Superficie de la Argentina**. Disponible em: <[www.indec.mecon.ar/](http://www.indec.mecon.ar/)>



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC). 2004. **Censos nacionales de población y Vivienda**. 2001. Argentina.

LOPARDO, R.; SEOANE, R. Y PAOLI, C. 2004. *Extracto sobre inundaciones por ascenso de la napa freática*. TALLER SOBRE EL AGUA: UNA VISIÓN CIENTÍFICO TECNOLÓGICA DE LOS DESASTRES POR EXCESOS HÍDRICOS. **Anais...** Argentina : ANCEN.

MUGETTI, A. C. et al. 2004. **Global International Water Assessment: Subregion 38 "Patagonian Shelf"**. GIWA – IARH. Suecia: Universidad de Kalmar.

MUGETTI, A. C. et al. **Informe Nacional de Argentina para la Visión para el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Plata y su Relación con los Recursos Hídricos**. Preparación del Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata. Argentina. Disponible em: [www.cicplata.org/marco](http://www.cicplata.org/marco).

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO –CYTED. 2000. **El agua en Iberoamérica: Acuíferos, lagos y embalses**. Buenos Aires. Argentina. Disponible em: < [http://cyted.agua.uba.ar/publicaciones\\_01.html](http://cyted.agua.uba.ar/publicaciones_01.html)

PROGRAMA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS PROVINCIALES (PROSAP). 2004. **Áreas de riego**. Informe especial para la SSRH. Argentina.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO.L (PNUD).2003. **Desigualdad y Pobreza**. Argentina. Disponívem em: <<http://www.undp.org.ar>>

PROYECTO SAG. 2004. **Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní**. Disponible em: <[www.oea-uruguay.org.uy/acuífero\\_guarani.htm](http://www.oea-uruguay.org.uy/acuífero_guarani.htm)>

RIESGOS hídricos inundaciones y catastrofes: . 2004. **Documento base**. In: *JORNADAS SOBRE RIESGO HIDRICO, INUNDACIONES Y CATASTROFES*, Buenos Aires. IARH/CAI. 34p.

ROCCATAGLIATA, Juan. 1988. **La Argentina: geografía general y los marcos regionales**. Argentina: Planeta.

SANDI. 1998. **Identificación, análisis y evaluación de la cuenca del río Pilcomayo**, en *Situación ambiental del río Pilcomayo*. Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Sucre.

TUCCI C. **Metodología para la Visión para el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Plata y su Relación con los Recursos Hídricos**. Preparación del Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata. Argentina. Porto Alegre. Brasil.

**Ana Mugetti** Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina. [amuget@minplan.gov.ar](mailto:amuget@minplan.gov.ar)

**Percy Nugent** Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina. [pnugent@medioambiente.gov.ar](mailto:pnugent@medioambiente.gov.ar)

**Rosa María Di Giácomo** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [rdigiacom@cirn.inta.gov.ar](mailto:rdigiacom@cirn.inta.gov.ar)

**Gustavo Cruzate** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [gacruzate@cirn.inta.gov.ar](mailto:gacruzate@cirn.inta.gov.ar)

**Sebastián Ludueña** Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina. [sludue@minplan.gov.ar](mailto:sludue@minplan.gov.ar)

**María Josefa Fioriti** Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina. [mfiori@minplan.gov.ar](mailto:mfiori@minplan.gov.ar)

**Ignacio Enriquez** Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina. [ienriq@minplan.gov.ar](mailto:ienriq@minplan.gov.ar)

**Raquel Zabala** Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina. [rzabal@minplan.gov.ar](mailto:rzabal@minplan.gov.ar)

**César Magnani** Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina. [cmagna@minplan.gov.ar](mailto:cmagna@minplan.gov.ar)

**María Cristina Moyano** Instituto Nacional del Agua de Argentina. [cmoyano@ina.gov.ar](mailto:cmoyano@ina.gov.ar)

**Ilana Arensburg** Instituto Nacional del Agua de Argentina. [IlanaArensburg@aedisab.com.ar](mailto:IlanaArensburg@aedisab.com.ar)



# Gestão de recursos hídricos transfronteiriços: experiência brasileira da bacia do rio da Prata

Julio Thadeu Silva Kettelhut  
Patrícia Rejane Gomes Pereira

**RESUMO:** A gestão de recursos hídricos transfronteiriços é um dos temas atuais da agenda brasileira de meio ambiente. Entre os avanços na promoção da gestão integrada de águas compartilhadas, destacam-se as iniciativas desenvolvidas no âmbito da bacia do rio da Prata. Oficialmente, as negociações e acordos dessa bacia foram iniciados na década de sessenta, com a criação do Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países da Bacia do Prata – CIC (1967) e com a assinatura do Tratado da Bacia do Prata (1969).

Este artigo apresenta um breve histórico da evolução do arcabouço legal e institucional que trata do tema, focando os resultados e experiências adquiridos pelos governos dos países que integram a bacia do Prata (Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai) durante o processo de elaboração do “*Programa Marco para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata, Considerando os efeitos decorrentes da variabilidade e Mudanças Climáticas*”.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão, rio da Prata, recursos hídricos

**ABSTRACT:** The transboundary water resources management is one of the present subjects in the Brazilian environmental agenda. Among the advances in the promotion of the shared integrated water resources management is the development of initiatives in the scope of La Plata River Basin. Officially, the negotiation process and agreements in this basin were started in the 60's decade, with the creation of the La Plata Countries' Coordinator Inter-Governmental Committee - CIC Plata (1967) and with the La Plata Treaty (1969).

This article presents a brief report of the evolution of the related legal and institutional framework, emphasizing the results and experiences acquired by the countries governments that compose the La Plata River Basin (Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay and Uruguay) during the elaboration process of the “*Framework Program for the Sustainable Management of La Plata Basin's Water Resources, in terms of variability and climate change*”.

**KEYWORDS:** management, La Plata River, water resources

## BASES LEGAIS

A Constituição Federal do Brasil (1988) expressou a importância de tratar claramente do tema dominialidade dos recursos hídricos por meio do Artigo 20, onde estão definidos os bens da União, sendo, entre outros, *os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais*. Quanto aos bens dos Estados, tratados por meio do Artigo 26, incluem-se *as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União*.

A lei maior do país foi além do estabelecimento de domínios da água, ela conferiu à União a atribuição de instituir o sistema nacional de gerenciamento

de recursos hídricos (artigo 21) e a competência privativa para legislar sobre esse recurso (artigo 22). Como forma de cumprir essas tarefas, foi promulgada a Lei 9433 de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH.

Um dos grandes avanços desse instrumento legal é a previsão da gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, determinando o compartilhamento de poder e de responsabilidades entre as esferas do poder público (União, Estados e municípios) e os diversos setores da sociedade.

A efetiva integração e participação desses segmentos, bem como o atendimento aos fundamentos da PNRH de gestão descentralizada, foi resguardada com a definição da composição e do arranjo opera-

cional do SNGRH. Esse sistema é responsável pela coordenação da gestão integrada das águas e pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Sua composição é constituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, pela Agência Nacional de Águas – ANA, Conselhos de Recursos Hídricos Estaduais e do Distrito Federal, Comitês de Bacias Hidrográficas, órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais e as agências de águas.

O Ministério do Meio Ambiente, para iniciar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentou o CNRH, instância deliberativa máxima do SNGRH. As competências a ele atribuídas pela Lei das Águas, principalmente a que se refere ao seu caráter normativo e deliberativo, deu às mesmas condições para desempenhar importante papel no estabelecimento de diretrizes complementares para a implementação da Política e dos instrumentos de gestão nela previstos. Este procedimento foi adotado visando dar maior agilidade ao processo, dentro do que o aparato legal vigente preconiza, uma vez que é uma atividade contínua de auto aprendizagem dos diversos atores. Assim, o CNRH foi regulamentado pelo Decreto n.º 2.612/98 e instalado em novembro do mesmo ano.

No âmbito do CNRH, por meio da Resolução nº 10 de 21 de junho de 2000, foi instituída a Câmara Técnica Permanente de Gestão dos Recursos Hídricos Transfronteiriços – CTGRHT para tratar principalmente de mecanismos de intercâmbio técnicos, legais e institucionais entre países vizinhos e propor diretrizes para gestão integrada em bacias transfronteiriças.

Muitos tratados e acordos estão sendo realizados visando o entendimento entre países vizinhos quanto a gestão de seus recursos hídricos fronteiriços. Esses mecanismos foram referendados pela Lei de criação da Agência Nacional de Águas – ANA, Lei Nº 9.984 de 2000, que estabeleceu a observação dos respectivos acordos e tratados, nos casos de bacias hidrográficas compartilhadas com outros países.

Como exemplo desses entendimentos, tendo em vista o uso compartilhado das águas do Rio Quaraí entre o Brasil e o Uruguai, que pela legislação brasileira são de domínio da União, foi celebrado o Acordo entre os governos desses países para o Aproveitamento dos Recursos Naturais e o Desenvolvimento Sustentável da Bacia do Rio Quaraí. A Comissão Mista Brasileiro-Uruguaia para o Desenvolvimento

da Bacia do Rio Quaraí – CRQ é a entidade responsável pela execução do Acordo e tem a incumbência de coordenar, entre os organismos competentes das Partes, o racional e equitativo manejo, utilização, recuperação e conservação dos recursos hídricos da bacia, sendo que suas decisões devem ser por consenso. O Comitê de Coordenação Local, integrado por duas Seções, uma para cada Parte (Brasil e Uruguai), é órgão subsidiário da CRQ com atuação local, regido pelas normas jurídicas de cada país.

### TRATADO DA BACIA DO PRATA E COMITÊ INTERGOVERNAMENTAL COORDENADOR DOS PAÍSES DA BACIA DO PRATA – CIC

Outro tratado de bacia transfronteiriça que vem promovendo diversas ações de gestão integrada dos recursos hídricos é o Tratado da Bacia do Prata, celebrado em 1969, pelos governos da Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai. Esse Tratado ratifica a necessidade de reunir esforços quando o objetivo é o desenvolvimento harmônico e a integração física da Bacia do Prata e de suas áreas de influência direta e ponderável.

Para os fins desse Tratado, o Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países da Bacia do Prata – CIC é reconhecido como o órgão permanente da Bacia, encarregado de promover, coordenar e acompanhar o andamento das ações multinacionais, que tenham por objeto o desenvolvimento integrado da Bacia do Prata, e da assistência técnica e financeira que promova com o apoio dos organismos internacionais que estime convenientes, bem como de executar as decisões que adotem os Ministros das Relações Exteriores.

Criado em 1967, o CIC, constituído pelos cinco países que compõem a Bacia do Prata (Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai), teve sua origem devido à necessidade de entendimentos quanto ao planejamento e operação de Itaipu.

Em dezembro de 2001, representantes dos países da Bacia do Prata decidiram buscar apoio para melhorar as condições de gerenciamento de recursos hídricos daquela bacia, por meio da solicitação de recursos ao Fundo Mundial para o Meio Ambiente – GEF, através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA. Em decorrência, foram obtidos recursos financeiros para um Project Development and Preparation Facility (PDF) – Bloco A, que teve como órgão executor a Organização dos Estados Americanos – OEA. Esse trabalho permitiu

elaborar uma proposta para o desenvolvimento do “Programa Marco para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata com relação à Variabilidade e Mudança Climática”.

No mês de junho de 2003, o GEF aprovou o PDF – Bloco B para preparar o referido Programa, com a OEA como órgão executor.

Em janeiro de 2006 foi encaminhado ao GEF o Programa e a respectiva solicitação de recursos financeiros para a execução do Plano Marco de Ações estratégicas – PMAE do Programa Marco.

O projeto está sendo desenvolvido pelos 5 países, por meio de Unidades Nacionais do Projeto, cujos coordenadores constituem o Comitê Diretor de Projeto e a direção é exercida pelo Secretário Geral do CIC.

Cada país definiu o Representante Técnico Nacional junto ao CIC e a instituição responsável pela coordenação da execução do projeto, sendo, no Brasil, o Ministério do Meio Ambiente por meio da Secretaria de Recursos Hídricos.

## BACIA DO PRATA

A seguir será apresentada uma breve caracterização da bacia do Prata tendo como base o relatório final da Visão dos Recursos Hídricos da Bacia do rio da Prata, de autoria de Carlos E. M. Tucci (2004). Esse documento constitui um dos resultados do Programa que pode ser pesquisado pelo site: [www.cicplata.org](http://www.cicplata.org).

A bacia do rio da Prata envolve área de cinco países da América do Sul: Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai. O principal rio é o Paraná, sendo ele que se torna rio da Prata quando se junta ao rio Uruguai próximo da foz do rio Prata no Oceano Atlântico.

Cada um desses rios tem características únicas que refletem as águas de sua origem, como também as influências humanas que interferem nos padrões de fluxos e nas condições do meio ambiente. Além disso, a água que se infiltra no sistema de águas subterrâneas da Bacia fornece o recarregamento do Aquífero Guarani, um dos maiores reservatórios de águas continentais subterrâneas do mundo.

A Bacia do Prata é a segunda bacia da América do Sul em área, depois da bacia Amazônica, com 3,1 milhões de km<sup>2</sup>. É uma importante bacia para a economia dos países da região, pois 70% do PIB dos cinco países são gerados nessa bacia, onde vivem 50% da população dos mesmos.

O Brasil e Argentina possuem 75,1 % da área total da bacia. No extremo Norte da bacia estão o Planalto Brasileiro e a Amazônia. No Leste os limites variam das cabeceiras do rio São Francisco a Serra do Mar. No extremo Oeste os limites são a cordilheira dos Andes e no Sul pequenas altitudes das *coxilhas* gaúchas.

A precipitação anual diminui tanto de Norte para o Sul, como de Leste para Oeste. Estas precipitações variam de cerca de 1800 mm próximo a Serra do Mar no Brasil para 200 mm nos limites oeste da bacia, onde existem regiões semi-áridas.

A Bacia é composta por três grandes sistemas hídricos, correspondentes aos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, e o próprio Rio do Prata. As maiores vazões chegam através dos rios Paraguai com um valor médio de 3.800 m<sup>3</sup>/s (em Puerto Pilcomayo), do Paraná com 17.100 m<sup>3</sup>/s (em Corrientes), e do Uruguai, com 4.500 m<sup>3</sup>/s na sua desembocadura. Os dois últimos rios confluem no Rio do Prata que drena uma vazão de saída, no Oceano Atlântico, da ordem de 25.000 m<sup>3</sup>/s, alimentando um ecossistema marinho muito rico em espécies (COELHO, 2004).

Alguns aspectos que caracterizam a bacia do Prata em território brasileiro serão apresentados a seguir conforme as informações contidas no documento Bases Conceituais para a Visão dos Recursos Hídricos na Porção Brasileira da Bacia do Rio da Prata, estudo que fundamentou a discussão brasileira sobre a visão da bacia, coordenado pela consultora Maria de Fátima Chagas Dias Coelho.

Encontra-se em território brasileiro 45,7% da área da Bacia do Prata, correspondente a 1,429 milhões de km<sup>2</sup>, representando 16,6% da área do País. A porção brasileira da bacia do Prata engloba áreas das seguintes Unidades da Federação: Distrito Federal, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Considerando a porção brasileira da bacia, 62,2% corresponde à sub-bacia do rio Paraná (cerca de 890.000km<sup>2</sup>), 25,6% à sub-bacia do Paraguai (cerca de 365.000km<sup>2</sup>) e 12,2% à sub-bacia do rio Uruguai (cerca de 175.000km<sup>2</sup>).

A área da bacia do rio Uruguai é de 385.000 km<sup>2</sup>, sendo que 45,5% dessa área (cerca de 175 mil Km<sup>2</sup>) está situada em território brasileiro, correspondendo a cerca de 2% da superfície total do Brasil. O rio Uruguai possui 2.200 km de extensão e se origina da confluência dos rios Pelotas e do Peixe e, nesse

trecho, divide os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Após a sua confluência com o rio Peperi-Guaçu serve de fronteira entre o Brasil e a Argentina e, após receber o rio Quaraí, que limita o Brasil e o Uruguai, na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, passa a dividir a Argentina e o Uruguai, até sua foz.

Todos os afluentes do rio Uruguai, em território brasileiro, são perenes, entre os quais se destacam, pela margem direita, os rios Chapecó e Canoas e, pela margem esquerda, os rios da Várzea, Piratinim, Ijuí, Ibicuí e Quaraí, seus afluentes mais importantes.

A vazão média anual da Região Hidrográfica do Uruguai é de  $4.117 \text{ m}^3/\text{s}$ , que corresponde a 2,6% da disponibilidade hídrica do País. A vazão específica média na região é alta, da ordem de  $23,6 \text{ l/s/km}^2$ , com valores variando de  $19,5 \text{ l/s/km}^2$ , na sub-bacia do rio Negro, e  $31,5 \text{ l/s/km}^2$ , na sub-bacia do Peperi-Guaçu/Antas

As águas subterrâneas atendem pequenas comunidades, com menos que 5.000 habitantes. A produtividade dos poços dos aquíferos fraturados do sistema aquífero Serra Geral é de  $23 \text{ m}^3/\text{h}$  e a profundidade média de 123 m. A vazão média dos poços do sistema aquífero Guarani pode atingir  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  para profundidades médias de 250 m.

A Região Hidrográfica do Rio Paraná possui, em território brasileiro, uma área aproximada de  $890 \text{ mil km}^2$  (quase 10% do território nacional) e abrange os estados de São Paulo (25% da região), Paraná (21%), Mato Grosso do Sul (20%), Minas Gerais (18%), Goiás (14%), Santa Catarina (1,5%) e Distrito Federal (0,5%).

Entre os principais formadores do rio Paraná destacam-se o rio Grande e o rio Paranaíba. O rio Paraná possui uma extensão de 2.580 km até sua foz, que somados aos 1.200 km do próprio rio Paranaíba, seu afluente principal, totalizam 3.780 km, sendo o terceiro rio mais extenso das Américas.

Na bacia do Paraná existe abundância de disponibilidade hídrica regional, com vazões médias da ordem de  $14 \text{ l/s/km}^2$ , ou coeficiente de escoamento de cerca de 30% da precipitação. As maiores contribuições específicas são registradas nas cabeceiras, mas com menor regularização sazonal.

No sistema aquífero Guarani a profundidade e produtividade dos poços são variáveis, sendo a profundidade média de 113 m e a vazão média de  $13 \text{ m}^3/\text{h}$ , em condições livres. Nos locais confinados a

produtividade do aquífero é alta, com vazão média de  $54 \text{ m}^3/\text{h}$  e profundidade média de 263 m.

A importância da Região Hidrográfica do Paraguai se deve à presença do Pantanal, uma das maiores extensões úmidas contínuas do planeta, Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988 e Reserva da Biosfera pela UNESCO no ano de 2000. O rio Paraguai nasce em território brasileiro, na chapada do Parecís, estado do Mato Grosso, e sua bacia abrange uma área de 1,095 milhões  $\text{km}^2$ , sendo 35% no Brasil. A área da bacia no Brasil é cerca de 365 mil  $\text{km}^2$ , representando 4,3% do território nacional, sendo que 51,8% abrange porções do Mato Grosso do Sul e 48,2% de Mato Grosso

O rio Paraguai recebe vários afluentes importantes pela margem esquerda, como os rios Cuiabá, São Lourenço, Taquari, Miranda e Negro. A Região se divide em duas áreas: Planalto (cerca de 220 mil  $\text{km}^2$ ), terras acima de 200 m de altitude; e Pantanal (cerca de 150 mil  $\text{km}^2$ ), que são terras abaixo de 200m de altitude. Conforme informações obtidas nos estudos do Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA, SRH, 2003)

A vazão média do rio Paraguai é de  $1.833 \text{ m}^3/\text{s}$  (1% do total do País). Há perdas no sistema devido à alta evapotranspiração potencial, concentrada principalmente no Pantanal, resultando em uma vazão específica média da ordem de  $5 \text{ l/s/km}^2$ , e em contribuições quase nulas no Baixo Cuiabá, Taquari, Negro e Nabileque

Segundo ANA (2001), na parte correspondente ao Planalto, a disponibilidade hídrica média de longo período é da ordem de  $20 \text{ l/s.km}^2$ , sendo que os maiores valores ocorrem na parte superior da bacia, diminuindo para contribuições específicas da ordem de  $15 \text{ l/s.km}^2$ . A vazão média de saída em Porto Esperança, para o período de 1970 a 1981, foi de  $2.165 \text{ m}^3/\text{s}$ , enquanto que o somatório de todos os contribuintes do Planalto em direção ao Pantanal resultou em  $2058 \text{ m}^3/\text{s}$ . Desses valores, pode-se estimar uma vazão média de  $107 \text{ m}^3/\text{s}$  no Pantanal, que corresponde a uma vazão específica de  $0,9 \text{ l/s/km}^2$  e a 5% de coeficiente de escoamento. Esses valores podem ser explicados pela redução de escoamento, associado à deposição de sedimentos, o assoreamento no leito e perda de poder erosivo.

No Pantanal as águas subterrâneas são abundantes, podendo ocorrer problemas de qualidade, relacionados à águas salobras ou com altos teores de ferro. Na porção nordeste da região, onde ocorre

o aquífero fraturado Cuiabá, os poços apresentam vazão média de 19 m<sup>3</sup>/h e profundidade média de 136 m (MMA,SRH, 2003).

### PROGRAMA MARCO PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PRATA

A necessidade de preparar um programa para avançar na gestão integrada dos recursos hídricos em relação ao clima na Bacia do Prata, se concretizou no ano de 2001, durante o IV Diálogo Interamericano de Gestão de Águas, realizado em Foz do Iguaçu, Brasil. A partir desse evento houve consenso sobre a importância em desenvolver um Programa Marco para a Bacia do Prata com o fim de: “i) contar com um marco de atuação coordenada para projetos de interesse comum para os países da Bacia do Prata; ii) realizar projetos na área de gestão de recursos hídricos e selecionar ações concretas priorizadas adequadamente; iii) ressaltar a importância que têm os problemas de inundações e de estiagem, entre outros, na Bacia; iv) abordar a gestão sustentável dos recursos hídricos, trabalhando com um enfoque de bacia hidrográfica e promover essa abordagem procurando o desenvolvimento de iniciativas de interesse regional identificadas como prioritárias por dois ou mais países e, v) levar em conta o Tratado da Bacia do Prata, seu sistema institucional, os projetos e programas existentes vinculados ao sistema, de maneira a evitar duplicações, de complementar e colaborar com o marco existente do CIC”.

Nesse contexto, o CIC solicitou ao GEF, o apoio de um Bloco A para identificar o Programa e de um Bloco B para a sua preparação. Como resultado dessas etapas foi gerada a proposta do “**Programa Marco para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata, Considerando os efeitos decorrentes da variabilidade e Mudanças Climáticas**”, a qual está aguardando manifestação do GEF sobre solicitação de recursos financeiros para sua execução – Etapa 1.

A Etapa 1 trata da execução do PMAE, que está constituído por 6 Componentes, sendo:

- I. Fortalecimento Legal e Institucional.
- II. Consolidação de Capacidades para a Gestão Integrada e Sustentável da Bacia (com ênfase na gestão integrada dos recursos hídricos e sua adaptação à variabilidade e às mudanças climáticas).

III. Execução de Projetos Pilotos Demonstrativos

IV. Preparação do Programa de Ações Estratégicas (incluindo o ADT).

V. Promoção da Participação Pública, Comunicação e Educação.

VI. Monitoramento e Avaliação do Programa.

O objetivo global do Programa é *construir uma associação de esforços para assistir os governos da Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai na gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia do Prata, considerando os efeitos hidrológicos decorrentes da variabilidade e das mudanças climáticas, tendo em vista o desenvolvimento econômico e social ambientalmente sustentável, por meio do fortalecimento institucional do CIC.*

O desenvolvimento do Bloco-B do Programa Marco, entre novembro de 2003 e dezembro de 2005, permitiu, mediante um processo participativo consolidado em cada país e, posteriormente, no âmbito da Bacia, consensuar as ações por meio da definição da **Visão da Bacia do Prata**, da preparação de uma **Macro-Análise Diagnóstico Transfronteiriço (Macro-ADT)** e da preparação e consenso de um **Programa Marco de Ações Estratégicas (PMAE)**, o qual será desenvolvido na Etapa 1.

A seguir será apresentada a experiência e resultados do Brasil no processo de elaboração desses documentos.

Durante o desenvolvimento do Bloco B do Programa Marco, cada país elaborou sua Visão por meio de oficinas de trabalho e informes nacionais que foram logo integrados em um documento regional, discutido e consensuado em evento internacional. A partir deste desenvolvimento foram destacados os aspectos críticos do estado e o comportamento dos sistemas hídricos, assim como as principais barreiras que existem para superar ou mitigar os maiores problemas e as causas que os geraram, como forma de alcançar a Visão integrada da Bacia.

No Brasil, a visão da Bacia do Prata foi preparada por meio do **Workshop Nacional - Fortalecimento de uma Visão Comum para a Bacia do Prata**, realizado em Brasília, durante os dias 14 a 16 de abril de 2004.

A orientação metodológica das atividades foi definida pelo consultor Carlos E. M. Tucci e a orga-

nização do evento pela Unidade Nacional do Projeto / SRH / MMA. O evento contou com a participação de aproximadamente 80 técnicos dos órgãos estaduais e federais responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e áreas correlatas, como as secretarias estaduais de recursos hídricos e meio ambiente dos estados que integram a bacia. Os órgãos federais foram: os Ministérios do Meio Ambiente, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, da Integração Nacional, das Relações Exteriores, da Saúde, dos Transportes, de Minas e Energia, das Cidades, além da Agência Nacional de Água - ANA, IBAMA, ANEEL, Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. Também estiveram presentes entidades de pesquisas, organizações não governamentais e associações com atuação no tema, tais como: EMBRAPA, INPE, UnB, INEMET, ABRH e o Fórum Nacional de Comitês de Bacias.

As discussões foram agrupadas em 3 (três) grandes temas: usos da água atuais e potenciais, hidrovias e energia, gestão e planos de gestão de eventos críticos relacionados com os recursos hídricos; uso da terra, produção agrícola, degradação do solo, transporte de sedimentos e ecossistemas terrestres; biodiversidade aquática, pesca e aquicultura.

O objetivo maior desses grupos foi o de identificar as ações prioritárias e elencá-las em ordem cronológica de prioridade, observando, sempre, o consenso ou maioria do grupo.

No tema - usos da água atuais e potenciais, hidrovias e energia, gestão e planos de gestão de eventos críticos relacionados com os recursos hídricos, foram identificadas ações prioritárias referentes à harmonização e consolidação do arcabouço jurídico; elaboração de um plano de recursos hídricos a partir de uma visão comum para as sub-bacias do Paraná, Paraguai e Uruguai; desenvolvimento de um programa de ciência e tecnologia para apoiar as decisões e ações; identificação de conflitos pelo uso da água e implementação de mecanismos para administrar essas diferenças; desenvolvimento e implantação de um sistema de informação georeferenciado; estudos de diretrizes para a integração física do sistema de transporte hidroviário, com preocupações referentes aos mecanismos de transposição de barragens; fortalecimento das instituições públicas formuladoras, implementadoras e executoras das políticas de recursos hídricos nos estados da bacia, bem como a capacitação e contratação de corpo técnico adequado.

No tema de uso da terra, produção agrícola, degradação do solo, transporte de sedimentos e ecossistemas terrestres, foi apontada a preocupação

com o monitoramento das variáveis de qualidade ambiental; a promoção de articulação entre os órgãos de meio ambiente, recursos hídricos, saúde e o comitê intergovernamental da bacia do Prata; estratégias de investimentos na área de saneamento básico e controle de efluentes industriais; recuperação de nascentes e mananciais de águas da bacia; identificação e controle dos passivos ambientais; além da importância do fortalecimento e integração institucional e técnica dos órgãos gestores de meio ambiente, recursos hídricos e de desenvolvimento agrícola e para o planejamento dos usos múltiplos, indicando o zoneamento como uma ferramenta para essas ações.

O grupo biodiversidade aquática, pesca e aquicultura, além de enfatizar a necessidade do monitoramento e avaliação ambiental dos corpos d'água, observando a integração e disponibilização dos dados, e a elaboração de planos de gestão e zoneamento, apresentou preocupações mais específicas, como a necessidade do estabelecimento de vazões ecológicas, controle de fatores que impactam o equilíbrio ecológico como o mexilhão dourado e macrófitas, formação de fóruns de discussão e a importância de garantir a pesca artesanal; necessidade de criação de um centro de estudos ambientais da bacia do Prata (classificação dos rios, cadastramento de usuários, estabelecimento de normas e padrões de potabilidade, instalação de uma rede de monitoramento e de controle de qualidade e criação de laboratório de referência) e desenvolvimento de pesquisas sobre melhoramentos genéticos das espécies cultivadas.

Como etapa sucessiva, foi elaborado o Macro-Análise Diagnóstico Transfronteiriço (ADT), com base científica e social, definindo as temáticas críticas transfronteiriças presentes e emergentes na Bacia do Prata e suas cadeias causais. O processo de elaboração do Macro-ADT foi desenvolvido por meio de oficinas de trabalho nacionais e integração regional. Nos seminários nacionais foram definidos os problemas principais, a falta de informação e propostas de ações estratégicas.

A oficina nacional brasileira - **Workshop Macro-Análise-Diagnóstico Transfronteiriço da Bacia do Prata** foi realizada em Brasília, nos dias 04 e 05 de outubro de 2004. Com a participação de aproximadamente 60 técnicos dos setores público federais e estaduais (todos os estados da Bacia foram representados), privado e terceiro setor, o evento resultou na identificação de 19 temas críticos transfronteiriços. Para cada um desses temas foram avaliadas suas causas técnicas, econômico-gerenciais, político-institucio-



nais e sócio-culturais, destacando suas causas raízes. Na fase seguinte foram propostas ações de mitigação para esses temas e identificados os vazios críticos de informação, bem como propostos estudos complementares. Por fim, essa análise resultou na priorização dos seguintes temas transfronteiriços:

- ☒ Uso não sustentável da água: conflitos de uso, escassez de água, uso insustentável de aquíferos transfronteiriços, não prezar usos múltiplos, falta de alternativas econômicas ao uso sustentável dos recursos naturais.
  - ☒ Perda de oportunidade: hidrovias/navegação, problemas na navegabilidade, subutilização de potencial, sustentabilidade da navegação.
  - ☒ Inequidades: pobreza e desigualdade social, aspectos sócio-culturais históricos
  - ☒ Incapacidade de enfrentar ameaças naturais: invasão de espécies exóticas
  - ☒ Uso não sustentável de recursos de fauna e flora: alteração na biodiversidade
  - ☒ Uso não sustentável da água: poluição transfronteiriça
  - ☒ Uso não sustentável de recursos de fauna: uso não-sustentável dos recursos pesqueiros/aquicultura
  - ☒ Incapacidade de enfrentar ameaças naturais: mudança climática: variação da disponibilidade hídrica
  - ☒ Inequidades: insalubridade relacionada às águas: propagação de doenças de veiculação hídrica
  - ☒ Incapacidade de enfrentar ameaças naturais: eventos meteorológicos críticos: cheias e secas
- Uso não sustentável da terra: perdas de solos férteis/agricultáveis: assoreamento/erosão

Após cada país ter identificado seus temas críticos transfronteiriços, foi consolidada essa análise para a toda a Bacia durante o **Seminário Internacional de Consolidação da Análise Diagnóstico Transfronteiriço da Bacia do Prata**, realizado em novembro de 2004, em Montevidéu – Uruguai. O evento resultou na definição de 11 temas críticos transfronteiriços:

1. Extremos hidrológicos, inundações e secas, excessos e déficit hídrico
2. Uso não sustentável dos aquíferos transfronteiriços

3. Conflitos de usos de água em termos quantitativos
4. Barragens: segurança e planos de emergência
5. Qualidade de água
6. Erosão, transporte e sedimentos nos corpos d'água
7. Alteração da Biodiversidade
8. Limitação da navegação
9. Usos não sustentáveis dos recursos pesqueiros
10. Insalubridade relacionada à água
11. Impactos ambientais de áreas irrigadas

Nota-se que os temas identificados na oficina brasileira de alguma forma foram incluídos nos 11 temas críticos consolidados para a Bacia, exceto as questões de inequidades referentes à pobreza e desigualdade social e aspectos sócio-culturais históricos, possivelmente essa lacuna deve-se a pouca representatividade de organizações sociais no processo de gestão de recursos hídricos pelos demais países.

O resultado da ADT ao mesmo tempo que representa um avanço no direcionamento da discussão dos temas tratados na Visão da Bacia, sistematiza de forma a torná-los operacionais para realidade e especificidades dos cinco países, garantindo, assim, que o Programa Marco seja exequível e importante para os cinco países.

A consolidação da informação da Visão e da Macro-ADT, analisada nas oficinas nacionais e internacional, formatou ações estratégicas a serem incluídas no PMAE, o qual será executado como Etapa 1.

O desenvolvimento do PMAE terá como resultado, após 5 anos de execução, o Programa de Ações Estratégicas como ferramenta de planejamento e gestão, idealizado para assegurar a disponibilidade dos bens e serviços que os recursos hídricos provém para a conservação dos ecossistemas, e o desenvolvimento social e econômico, a fim de satisfazer as demandas presentes e futuras, segundo o acordado pelos países em sua Visão Integrada.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O modelo de gerenciamento de recursos hídricos brasileiro, preconizado pela Política Nacional de Recursos Hídricos e pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Lei 9.433/97, e o estágio atual de implementação desse arcabouço legal,

garantiram que o processo de desenvolvimento das atividades e estudos que fundamentaram a elaboração do Programa Marco acontecesse, no Brasil, com a efetiva participação dos diversos setores envolvidos com a questão, como os usuários, gestores públicos dos três níveis governamentais, entidades de pesquisa e organizações não governamentais.

Os mais de 100 (cem) comitês de bacias hidrográficas instalados no Brasil acumulam uma valorosa experiência na promoção de debates de questões relacionadas a recursos hídricos, bem como na articulação e atuação das diversas entidades relacionadas a questão da água. Essa prática garantiu a participação efetiva não só do governo, como dos setores de usuários, organizações da sociedade civil e universidades nas atividades de elaboração da Visão da Bacia do Prata e do Macro-Análise Diagnóstico Transfronteiriço (Macro-ADT).

O documento final da Visão Comum para a Bacia do Prata, quando tratou de diversos temas transfronteiriços, como saneamento ambiental, navegação, energia, controle de eventos extremos, conservação dos mananciais, entre outros, mostrou

que essas questões só poderão ter boas perspectivas por meio de consenso entre os países, além da disposição de planejar e gerir não só para os seus limites territoriais.

Dessa forma, a assimetria das políticas, do estágio da gestão de recursos hídricos e das capacidades técnicas e institucionais dos países que compõem a bacia do Prata torna-se um grande desafio a ser superado pelo Programa Marco. Essa preocupação será devidamente tratada nos dois primeiros componentes do Programa:

I. Fortalecimento Legal e Institucional.

II. Consolidação de Capacidades para a Gestão Integrada e Sustentável da Bacia (com ênfase na gestão integrada dos recursos hídricos e sua adaptação à variabilidade e às mudanças climáticas).

Assim, espera-se que o desenvolvimento da próxima etapa do Programa, o Programa Marco de Ações Estratégicas – PMAE, possa contribuir com o fortalecimento de mecanismos legais, técnicos e institucionais mais harmônicos, contribuindo, assim, com a gestão integrada e participativa de recursos hídricos compartilhados.

## Referências

- BRASIL. 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil*. São Paulo : Saraiva. 432p.
- COELHO, M. De F. C. D. 2004. *Bases Conceituais para a Visão dos Recursos Hídricos na Porção Brasileira da Bacia do Rio da Prata*.
- GRANZIERA, M. L. M. 2001. *Direito de águas: disciplina jurídica*. São Paulo: Editora Atlas, 256p.
- LANNA, A. E. L. 2004. *Análise-Diagnóstico Transfronteiriço*. Disponível em: < <http://www.ciplata.org/marco/eventos/pdf>
- POLÍTICA e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos : Lei n° 9.433 de 08 de janeiro de 1997. São Paulo : ABRH. 64p.
- TUCCI, C. E.M. 2004. *Visão dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio da Prata, Visão Regional*. Programa Marco para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata. GEF/CIC/PNUMA/OEA. 227p.

**Julio Thadeu Silva Kettelhut** | Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente - SGAN 601, Lote 1, Ed. CODEVASF, 4 andar, cep. 70830-901, Brasília-DF, telefone 40091347, [julio.kettelhut@mma.gov.br](mailto:julio.kettelhut@mma.gov.br).

**Patrícia Rejane Gomes Pereira** | Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente - SGAN 601, Lote 1, Ed. CODEVASF, 4 andar, cep. 70830-901, Brasília-DF, telefone 40091862, [patricia.pereira@mma.gov.br](mailto:patricia.pereira@mma.gov.br).

# Caracterización del clima de la cuenca del Plata

Vicente Barros  
Alice Grimm  
Andrew Robertson  
Mario Núñez

**RESUMEN:** El objetivo de este artículo es presentar de forma ordenada los aspectos de la variabilidad y el cambio climático que influyen en los recursos hídricos superficiales, en especial los caudales de los más grandes ríos de la cuenca. Para ello se han recopilado resultados dispersos en la literatura científica y en algunos informes técnicos que por otra parte han sido utilizados para la elaboración del *Programa Marco para la Gestión Sostenible de los recursos hídricos de la cuenca del Plata, en relación con los efectos hidrológicos de la variabilidad y el cambio climático*.

Las tendencias de los caudales de los principales ríos, así como las de la precipitación sobre la cuenca en las últimas décadas fueron en general positivas e importantes. Se muestra el fenómeno de la importante amplificación de la variabilidad y tendencias de los caudales respecto de los volúmenes de precipitación y se discute su causa principal así como su relación con el cambio de uso de suelo, concluyendo que es necesaria una profundización del conocimiento de estos aspectos: También, se presentan evidencias de un cambio hacia una mayor frecuencia de las grandes crecidas del río Paraguay y en los cursos inferiores del Paraná y Uruguay. Igualmente, han aumentado las precipitaciones intensas y sus consecuencias con el aumento de las inundaciones de carácter local. Surge por lo tanto la necesidad de adaptar la actual infraestructura y los sistemas de alerta temprana a estas nuevas condiciones, en particular mejorando el conocimiento sobre los sistemas sinópticos responsables de las precipitaciones intensas.

Finalmente, se discuten las proyecciones climáticas y sus implicancias hidrológicas para este siglo. Se identificó una potencial amenaza sobre las actividades basadas en los recursos hídricos de la cuenca, por la reducción de los caudales debido a la mayor evaporación resultante del aumento de la temperatura.

**PALABRAS-CLAVE:** clima, cuenca del Plata, caudales.

**ABSTRACT:** The objective of this article is to present a review of the variability and climatic change features that influence the surface water resources, especially the discharges of the largest rivers of the basin. In doing that, results dispersed in the scientific literature and in some technical reports were connected and organized. These results have also provided input for the elaboration of the *Framework Program for the sustainable management of the water resources of the Plata basin, in relation to the hydrologic effects of the variability and climate change*.

The trends of the main river discharges, as well as those of precipitation over the basin during the last decades were, in general, positive and significant. There are a large amplification of the variability and trends of the river discharges with respect to the precipitation volumes. The causes of this behaviour as well as its relation with the land use change is discussed, concluding that is necessary to increase the knowledge of these aspects: Evidences of a change toward a greater frequency of extreme discharges of the river Paraguay and in the lower courses of the Paraná and Uruguay are presented. Likewise, there is an important increase in the frequency of intense rainfalls and of its impacts, like local floods. As a result, there is a need to adapt the existing infrastructure and the early warning systems to these new conditions, particularly improving the knowledge of the synoptic systems responsible for the intense rainfalls.

Finally, the climate projections for this century and their hydrologic implications were discussed. It was identified a potential threat on activities depending on water resources due to a possible reduction of river discharges as a result of increased temperature and consequently of more evaporation.

**KEYWORDS:** climate, La Plata River, flow.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo es una apretada síntesis del informe denominado “*Sistema de Predicción Hidroclimática de la Cuenca del Plata y adaptación a los efectos hidrológicos de la variabilidad y el cambio climático*”, preparado por un grupo de expertos en el año 2004 y primera mitad del año 2005 dentro de la preparación del Programa Marco para la Gestión Sostenible de los recursos hídricos de la cuenca del Plata, en relación con los efectos hidrológicos de la variabilidad y el cambio climático. Del mismo, se resume aquí sólo la parte climática.

Se trata de una puesta al día del conocimiento del clima medio de la región y de su variabilidad en escalas que van de la ínter estacional hasta la interdecadal. No se incluye en este trabajo las importantes tendencias climáticas e hidrológicas de la cuenca del Plata, que forman parte de otra contribución. Luego de hacer una rápida descripción del clima medio y de su variabilidad, se discute la predictabilidad en las distintas escalas y se hacen una serie de recomendaciones para mejorar el conocimiento de los flujos de humedad y de los principales sistemas precipitantes de la región, que pasan por la mejora del sistema observacional y el diseño de un experimento de campo. Dada la naturaleza impredecible de ciertos aspectos del clima regional se discute finalmente la conveniencia del uso de pronósticos por ensambles.

## EL CLIMA MEDIO

La temperatura media anual en la Cuenca del Plata varía desde aproximadamente 13° C en el sur hasta más de 25° C en el noroeste, siendo la amplitud media anual en la parte central de alrededor de 12° C. En invierno, el gradiente es marcadamente meridional con valores que en julio van desde más de 20° C en el extremo norte de la cuenca hasta unos 8° C en el sur. Durante el verano, el gradiente tiene una componente zonal respondiendo al contraste entre océano y continente con temperaturas que en enero superan los 28° C en el Chaco y oeste de Argentina, mientras que en las áreas costeras de Brasil, Uruguay sólo alcanzan 23° C. No hay simetría en las estaciones de transición, siendo la primavera más cálida que el otoño.

Los valores más altos de humedad sobre la cuenca alcanzan 24 g/Kg en enero, mientras que en julio sólo alcanzan a 14 g/Kg en el noroeste de la cuenca. Durante el mes de julio se registran los mínimos

anuales con 2g/Kg cerca de la Cordillera de Los Andes a aproximadamente 25° S.

En la troposfera media y alta predominan los vientos del oeste con las clásicas perturbaciones de este tipo de circulación de latitudes medias y subtropicales. En verano en la alta troposfera se encuentra la alta boliviana que afecta toda la región subtropical. La región de los Oestes intensos avanza hacia el norte en invierno y retrocede hacia el sur en verano. Al norte de 40 °S, la circulación próxima a la superficie es dominada por los centros de altas presiones casi estacionarios del Pacífico y el Atlántico Sur. La mayor parte del tiempo hay un centro de baja presión en el noroeste de Argentina y sur de Bolivia, originada en la interacción entre los Andes, vientos del oeste en altos niveles y el calentamiento de la superficie.

La Figura 1 muestra para los meses de enero y julio los campos del viento en el nivel de 850 hPa. El campo medio de viento aporta humedad a la cuenca desde el continente tropical por la circulación del noroeste durante todo el año, y del Atlántico en invierno. La circulación atmosférica en capa bajas se caracteriza por la continuación de los vientos que penetran a la región ecuatorial desde el Atlántico hasta los Andes siendo el flujo bloqueado por la pendiente orográfica y desviado hacia el Sur transportando vapor de agua desde el Amazonas hacia la mayor parte de la cuenca. Hay evidencias de que un jet de capas bajas está frecuentemente embebido en el flujo meridional de niveles bajos (Virji 1981; Marengo et al 2002). Simulaciones numéricas también muestran este jet en varias estaciones del año (Berbery y Collini 2000).

El régimen de precipitación de la cuenca del Plata se ilustra sintéticamente en la Figura 2. Los campos medios de precipitación no son explicados solamente por el flujo medio de humedad porque la contribución de las componentes transientes de la convergencia de humedad a la precipitación mensual es importante (Labraga et al, 2000), pero hay una concordancia cualitativa entre la precipitación y transporte medio de vapor de agua.

Al este de los Andes, hay solamente dos fuentes posibles de vapor de agua para el sudeste de América del Sur: el Océano Atlántico y la floresta tropical sudamericana. Esto tiene un efecto importante sobre el ciclo anual de la precipitación. En el invierno, cuando la alta presión del Atlántico Sur penetra sobre el continente, hay un transporte de humedad hacia el sur más intenso en torno de 60 °W, que se origina en el flujo del este proveniente del Océano Atlántico y

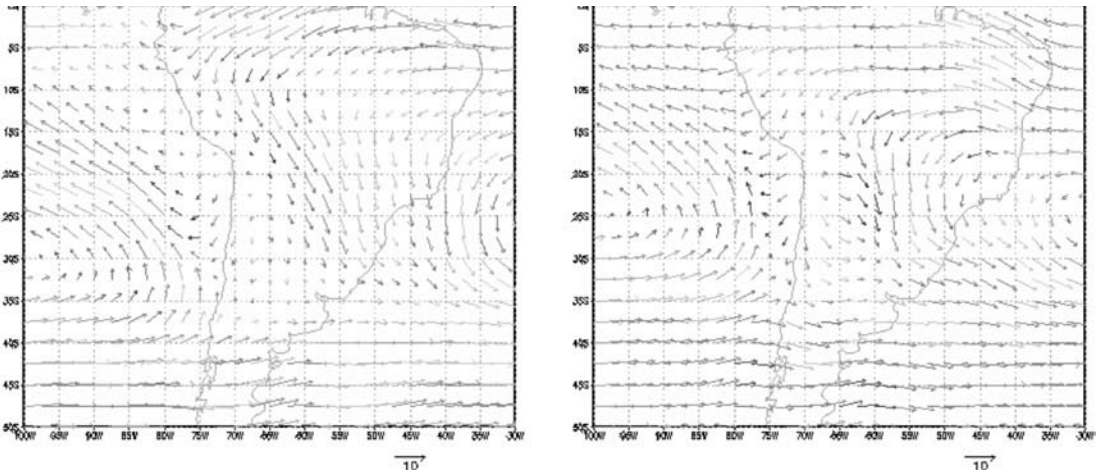


FIGURA 1. Viento medio (m/seg.) en el nivel de 850 hPa para los meses de enero (arriba) y julio (abajo). La flecha al pie de cada panel indica la unidad de la magnitud del viento y los colores indican el rotor del viento.



FIGURA 2. Ciclo anual de la precipitación en la cuenca del Plata. (Grimm et al 2000)

está asociado con una región de máxima precipitación en la parte sur y este de la Cuenca del Plata (Fig. 3 de Grimm et al 1998, Fig. 2 de Doyle y Barros 2002). Por otro lado, al oeste de 60 °W, la precipitación es escasa en la región que en el verano está ocupada por la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS) en el norte de la cuenca.

En la parte estival del año, La ZCAS aparece como una extensión de la convección tropical del centro del Brasil hacia el sudeste y hasta el Océano Atlántico, en la dirección nordeste-sudeste. El flujo de humedad que proviene de la floresta tropical, se dirige hacia el sudeste en el subtrópico y converge en la ZCAS con el flujo marítimo de humedad acarreado por los vientos

alrededor de la Alta subtropical del Atlántico Sur. La convergencia de humedad favorece abundante precipitación en esta región. Desde los subtrópicos el flujo medio de humedad se dirige hacia el sudoeste, produciendo significativa precipitación también al sudoeste de la ZCAS, en la Argentina subtropical y en Paraguay. Por lo tanto, en esta parte oeste de la región subtropical también predomina un ciclo anual pronunciado con un mínimo en el invierno y un máximo en el verano, cuando tanto el calentamiento de la superficie como la advección de vapor de agua del norte favorecen la convección.

La parte norte de la Cuenca del Plata (cuencas del alto Paraná y alto Paraguay), al norte de 20°S, presenta un típico régimen monsonico, con una estación lluviosa que se inicia en la primavera y termina en el otoño (principalmente abril) (Gan et al 2004). El mismo régimen prevalece también en oeste de la región subtropical (al sur de 20°S), en el oeste de Argentina y en la región del Chaco. En el este de la región subtropical (al sur de 25°S), el vapor de agua está disponible todo el año, pero las condiciones baroclínicas más intensas ocurren en el invierno debido a que el mayor gradiente latitudinal de temperatura en los subtrópicos que favorece este gradiente por la mayor penetración de los frentes fríos. La actividad sinóptica es responsable por la mayor parte de la precipitación en esta estación en el sudeste de América del Sur (Vera et al 2002). Durante la estación estival, de octubre a abril, los complejos convectivos son frecuentes y responsables de gran parte de la precipitación total, especialmente en las estaciones de transición (Velasco y Fritsch 1987; Laing y Fritsch 2000). Además del invierno, también en las estaciones de transición hay frecuentes ciclogénesis (proceso de formación e intensificación de centros de baja presión) en el este de la región subtropical (Gan y Rao 1991; Rao et al. 1996). El sur del Brasil, donde se encuentra parte de la cuenca del Plata (las cuencas del Uruguay e Iguazú), es una región de transición entre dos regímenes, el del monzón de verano y el de máximos de invierno. Este régimen, también es el del nordeste de Argentina y sudeste de Paraguay y está fuertemente influenciado por los sistemas convectivos de mesoescala (SCM) (Velasco y Fritsch, 1987, y Silva Días, 1987). Los SCMs son sistemas del orden de algunos centenares de kilómetros y tiempo de vida relativamente más largo que un sistema convectivo aislado, esto es de 6 horas, como mínimo.

Satyamurti et al. (1990), Gan y Rao (1991) y Vera y Vigliarolo (2000) hicieron estudios climatológicos sobre la ocurrencia de ciclogénesis en la América del Sur y mostraron que la costa sur de Brasil/Uruguay presenta una alta frecuencia de formación de ciclones, sobretudo en el invierno y primavera. Sin embargo, un número significativo de ciclones también se forma más al norte, en el Chaco, Paraguay y oeste de Río Grande do Sul (cerca de 40%, de acuerdo con Vera et al 2002). El gradiente de temperatura de la superficie del mar (TSM) a lo largo de la costa sur del Brasil en el invierno puede influir en la intensificación y trayectoria de los ciclones (Saravia y Silva Días, 1996 y Vera et al., 2001). Líneas de inestabilidad pueden también causar significativa precipitación en el sur del Brasil, Uruguay y noreste de Argentina (Silva Días, 1987).

## FORZANTES DEL CLIMA

Gran parte de la actual habilidad para la predicción de las medias estacionales o mensuales de la precipitación y la temperatura proviene de la influencia que las condiciones de la superficie (temperatura y humedad) ejercen sobre los patrones de circulación atmosférica. Esta predicción es posible cuando las condiciones de la superficie cambian muy lentamente o son predecibles en las mencionadas escalas. Este es el caso de la temperatura del mar en muchas regiones y de la cubierta de nieve y la humedad del suelo en ciertas áreas continentales. El sur de América del Sur, es una estrecha cuña continental rodeada por inmensos océanos que la rodean, y por lo tanto la mayor parte del trabajo hecho para entender la variabilidad interanual del clima ha girado en torno a las condiciones de la TSM.

La influencia de la TSM en la atmósfera se puede propagar a grandes distancias a través de ondas que dan lugar a patrones de teleconexiones entre anomalías remotas. De esta forma, es como pueden manifestarse forzamientos remotos desde el Pacífico o el Atlántico sobre la cuenca del Plata y por ello, buena parte de la variabilidad climática en las escalas que van desde la ínter estacional a la decádica puede ser entendida a través de tales teleconexiones.

### La Zona de Convergencia del Atlántico Sur

Como ya se mencionó, la ZCAS es una de las características más importantes de la circulación atmosférica de América del Sur durante la mitad cálida del año (Kodama 1992; Figueroa et al. 1995). La

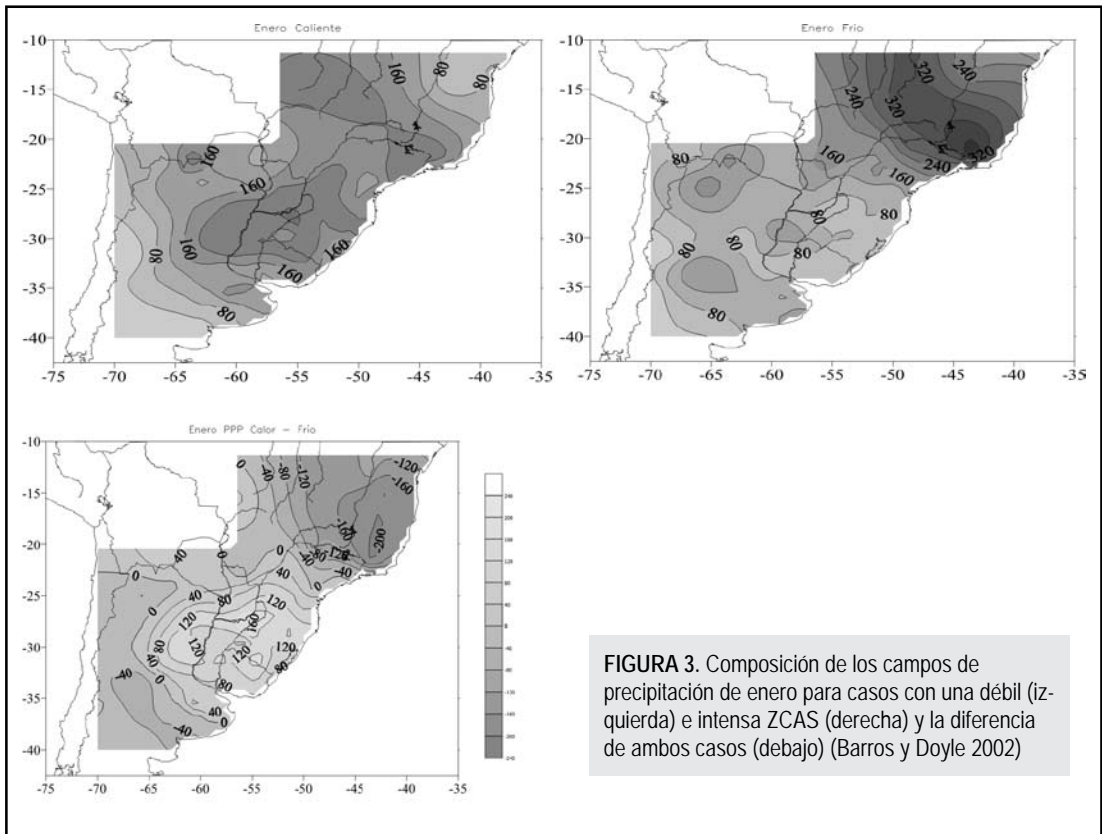
ZCAS presenta fuertes variaciones en su intensidad en varias escalas de tiempo, de la sinóptica hasta la interdecadal, con una similar estructura espacial. Esta última es caracterizada por un dipolo en las anomalías de la lluvia, de forma que cuando la ZCAS es intensa (débil) sobre Brasil en alrededor de  $20^{\circ}$  S y por lo tanto hay fuertes lluvias, hay escasas o nulas (abundantes) precipitaciones hacia el sur, sobre Uruguay y el noreste de Argentina. (Nogués-Paegle y Mo 1997; Doyle y Barros 2002) (Figura 3).

Barros et al (2000) encontraron que, tanto la intensidad como la posición de la ZCAS están relacionadas con la TSM al sur de la misma, desplazándose hacia el norte (sur) y siendo más intensa (débil) cuando esta es más fría (cálida) que lo normal. Esto no implica que la variabilidad de la TSM gobierne la de la ZCAS ya que hay evidencias de un posible mecanismo de feedback entre ambas (Robertson et al

2003). Además, hay evidencias de que las fases de la ZCAS responden al forzamiento de ondas sinópticas desde las latitudes medias, e inclusive con trenes de ondas que se originan en el Pacífico cerca de Australia (Liebmann et al 1999; Robertson y Mechoso 2000 entre otros). Igualmente, tiene influencia de una oscilación de escala ínter-estacional conocida como MJO (Carvalho et al 2004).

### La Influencia del Pacífico

La atmósfera sobre la cuenca del Plata es a veces influida por un patrón de circulación con trenes de ondas conocidos como PSA cuya intrínseca escala de tiempo es del orden de días pero que generan teleconexiones en escalas mayores, (intra-estacional, a interanual, y decadal). La descripción de estos patrones será hecha al tratar la escala interanual en la sección 4.



**FIGURA 3.** Composición de los campos de precipitación de enero para casos con una débil (izquierda) e intensa ZCAS (derecha) y la diferencia de ambos casos (debajo) (Barros y Doyle 2002)

### La Influencia del Atlántico sur

La TSM del Atlántico sur puede afectar la temperatura y la circulación sobre el sudeste de América del Sur. Sin embargo, la TSM del sudoeste del Atlántico Sur presenta gran variabilidad tanto por la confluencia de la corriente fría de Malvinas con la corriente cálida de Brasil, como por la escasa profundidad de la termoclina que hace que la TSM sea rápidamente modificada por la actividad de grandes tormentas que son frecuentes en la región. Esto hace que la relación entre las anomalías de la TSM y la circulación atmosférica sea compleja, ya que esta puede gobernar a la TSM, más que ser simplemente influida por ella.

### VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTERANUAL

#### El Niño-Oscilación del Sur

La principal fuente de variabilidad climática en la escala interanual en la Cuenca del Plata es El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), cuyas fases extremas son conocidas como eventos El Niño (EN) y La Niña (LN), que son el principal modo de variabilidad interanual de la TSM en escala global. En efecto, el modo principal de la variabilidad interanual de la precipitación sobre la Cuenca del Plata está relacionado con el ENSO (Barros y Doyle 1997; Zhou y Lau 2001). Por ello, la mayor parte de la presente habili-

dad para predecir el clima del sur de América del Sur está basada en su respuesta media al ENSO.

#### *Anomalías de circulación*

Las teleconexiones sobre la cuenca del Plata son bastante complejas y se propagan por dos rutas distintas (la extratropical y la tropical) mediante una cadena de procesos que influyen en forma distinta a las diferentes partes de la cuenca. Además, ambos tipos de teleconexiones son dependientes de la estación del año. Por eso, el impacto del ENSO sobre la cuenca varía de una región a otra y estacionalmente. Como la propagación de la influencia de la TSM del Pacífico tropical, en su camino hacia América del Sur, es muy dependiente de las condiciones de la circulación de la atmósfera, la precipitación en la cuenca del Plata varía también de un evento a otro, tanto en el caso de EN como de LN.

La teleconexión a través de la región tropical se origina en la alteración de la circulación zonal llamada de Walter. En condiciones neutras (Ni Niño ni Niña), esta celda está conformada por vientos del este en capas bajas y del oeste en la alta troposfera y con movimientos ascendentes sobre la región de Indonesia y norte de Australia, mientras que la rama descendente de la circulación se extiende sobre el

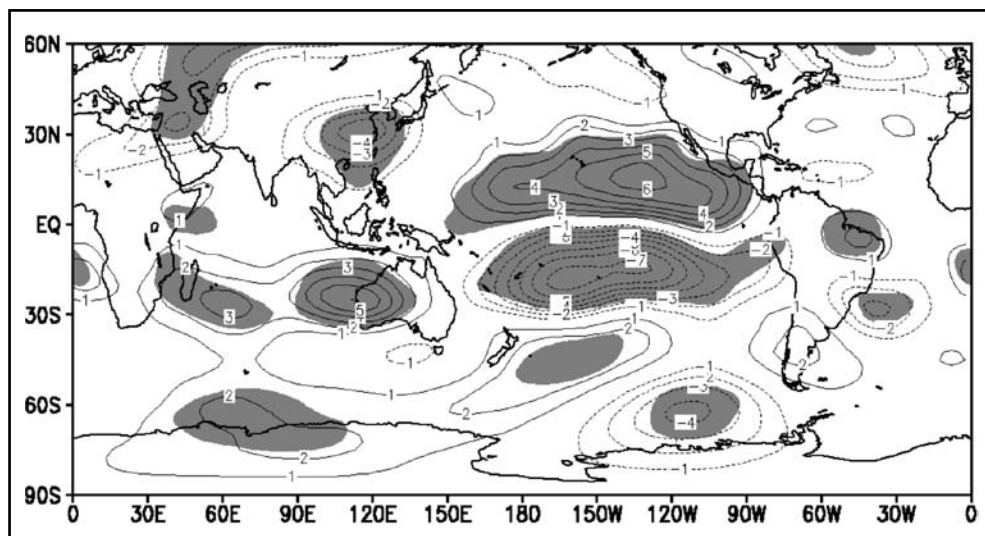


FIGURA 4. Ejemplo de patrón PSA1: anomalías de la función corriente en 200 hPa de OND durante periodos El Niño



Pacífico oriental. En los eventos Niño la rama ascendente se desplaza hacia el centro del Pacífico y la descendente se extiende sobre gran parte de la América del Sur. De este modo, durante El Niño, en la región tropical se inhiben las condiciones favorables para la precipitación.

Además, durante el Niño y la Niña se producen anomalías de circulación en la tropósfera en la forma de un tren de ondas estacionarias barotrópicas que se extienden desde el Pacífico central tropical hasta el mar de Billingshausen, doblando luego hacia el noreste hasta alcanzar América del Sur y el Atlántico Sur. Este patrón de anomalías en la circulación se denomina PSA y aparece en el segundo y tercer modo de variación de la circulación troposférica del Hemisferio Sur (Mo 2000). La región fuente del segundo modo (PSA1) está al este de la línea de la fecha y la del tercero (PSA2) está sobre el este de Australia (Fig. 6).

Aunque con fases diferentes sobre el Pacífico central, ambos patrones PSA, tienden a configurar una circulación anómala, tipo dipolo sobre el sur de América del Sur y el océano Atlántico contiguo. Durante El Niño (La Niña), este patrón de anomalías presenta una circulación anticiclónica (cyclónica) sobre el subtropical y un centro ciclónico (anticiclónico) en latitudes medias. Aunque este patrón varía a lo largo de cada una de las fases del ENSO, con cambios en la posición e intensidad de sus centros, en general su efecto es el incremento (reducción) de la circulación subtropical de los oestes en la alta tropósfera y de la advección de verticidad ciclónica sobre gran parte de la cuenca del Plata, lo cual es consistente con el patrón general de precipitación durante EN y LN (Grimm et al 2000). A través de los patrones PSA se establece una teleconexión entre el ENSO y la ZCAS, que es especialmente intensa durante la primavera austral, cuando las anomalías de la TSM asociadas al ENSO generalmente alcanzan su máximo valor. En esa época del año, el jet subtropical es todavía intenso por lo que su intensificación (disminución) por la circulación asociada al Niño (La Niña) contribuye a favorecer una fuerte señal en la precipitación.

### *Precipitación*

Los coeficientes de correlación entre la precipitación mensual o estacional y los índices del ENSO, aunque significativamente diferentes de cero, son con pocas excepciones no tan grandes como para explicar mas el 30 % de la varianza (Montecinos et

al 2000) y por lo tanto de poca ayuda para el pronóstico mensual y estacional. Otro método seguido por varios autores es el de analizar las anomalías mensuales durante EN y LN con respecto al valor medio climático (Kiladis y Díaz 1989; Ropelewski y Halpert 1987). Ropelewski y Halpert (1996) estudiaron los cambios en la distribución de la precipitación en lugar de los cambios en su valor medio. Esta técnica es más apropiada para tratar extremos esporádicos en la lluvia que puede alterar el valor medio. Además, es más apropiada para la emisión de pronósticos probabilísticos basados en la estadística. Sin embargo, en estos trabajos los autores usaron un muy limitado número de series, por lo que sólo describieron las más gruesas características de gran escala y de la variación estacional. Por ello omitieron el hecho que en esta región hay una ruptura de la relación entre la precipitación y el ENSO durante la parte central del verano (Pisciottano et al 1994; Grimm et al 2000).

Grimm et al (2000), usando también distribuciones de la precipitación, mostraron que sobre la mitad sur de la cuenca del Plata la más significativa señal del Niño es en la primavera (0). En esa estación sobre la mayor parte del este de Argentina, sur de Brasil y Uruguay, hay un corrimiento de la mediana hacia valores mayores durante los eventos EN.

Cuando sólo se consideran los casos del Niño que persisten hasta mayo del año siguiente a la iniciación del evento (mayo (+)), el promedio del campo de precipitación en el otoño (+) presenta también una considerable anomalía significativa que llega a más de 300 mm sobre el área de la triple frontera entre Brasil, Argentina y Paraguay. Esto está relacionado con las mayores inundaciones del río Paraná aguas abajo en el territorio argentino (Camilloni y Barros 2003). Como en el caso de la primavera, hay un dipolo ciclónico-anticiclónico sobre el sur de América del Sur, pero desplazado hacia el noreste con relación a la posición de la primavera (0). En los niveles bajos, la componente norte-sur del viento es aun más fuerte, favoreciendo el flujo de humedad hacia la cuenca del Plata.

Desde la primavera (0) hasta el verano, hay una significativa variación intraestacional de la señal del Niño en la cuenca del Plata (Grimm 2003) y por lo tanto las medias estacionales amortiguan las anomalías que son más fuertes y consistentes durante períodos menores a los de esta estación. En enero (+), debido al calentamiento anómalo de la superficie por las condiciones secas durante la primavera (0),

aparece una anomalía de circulación ciclónica al norte de la cuenca del Plata que desvía el flujo de humedad hacia el centro-este de Brasil y a la región de la ZCAS afectando la cuenca superior del Alto Paraná. En este mes, en el sur de la cuenca las lluvias retornan a los valores normales y hasta hay una tendencia a menores precipitaciones que lo normal en algunas regiones del Paraná Medio. La interrupción del impacto de los eventos EN durante el verano se debe a procesos regionales (Grimm 2003).

En el caso de LN, la señal más significativa está otra vez en la primavera (0) con una más pronunciada anomalías que en el caso del Niño. En este caso, la mayor señal está algo más al sudoeste que la del Niño abarcando las cuencas del Paraná Medio y Bajo, la cuenca del Iguazú y la del Uruguay pero también el centro de Argentina (Fig. 6 de Grimm et al. 2000). En la parte norte de la cuenca del Plata, especialmente en la parte superior del Alto Paraná, hay una tendencia a lluvias por arriba de lo normal. Como en los eventos EN, en enero (+) hay también una inversión de las anomalías, de modo que en la parte superior del Alto Paraná hay fuertes y consistentes anomalías negativas, mientras que en el sur, las anomalías de precipitación son positivas hasta que al final del verano las anomalías tienden a volver a un patrón parecido al de la primavera, pero no tan intenso. Las anomalías de precipitación durante el verano sufren modificaciones aproximadamente opuestas a las de los eventos EN, evidenciando el carácter cuasi-lineal de estas respuestas. (Grimm 2004).

La precedente descripción sugiere que habría cierta capacidad de predicción estadística de la precipitación en la cuenca del Plata, ya que la evolución media del ENSO sigue un patrón bastante definido. Montecinos et al (2000) usando como predictor la TSM del Pacífico tropical con la anticipación de una estación, pudieron pronosticar con éxito el tercil de la precipitación (seco, normal o húmedo) en más de 45 % de los casos, pero sólo en algunas localidades y en ciertas estaciones del año. Sin embargo, en la mayoría de las estaciones del año, la distribución espacial de la destreza de predicción muestra que las localidades para las que se computó tal destreza están rodeadas por otras para las que no hubo ninguna habilidad de predicción. Esto indica que estos resultados pueden haber sido obtenidos por azar. La excepción es la primavera, para la que hay un patrón reconocible de acierto por encima del 45 % en Uruguay y la zona limítrofe de Argentina que parece tener significancia espacial.

La conclusión de esta sucinta revisión es que la señal del ENSO en la precipitación en la cuenca del Plata puede proveer alguna información estadística sólo en ciertas regiones y en algunas estaciones. Pero aún esta modesta habilidad en la predicción de la precipitación esta comprometida por la gran variabilidad entre eventos del mismo tipo.

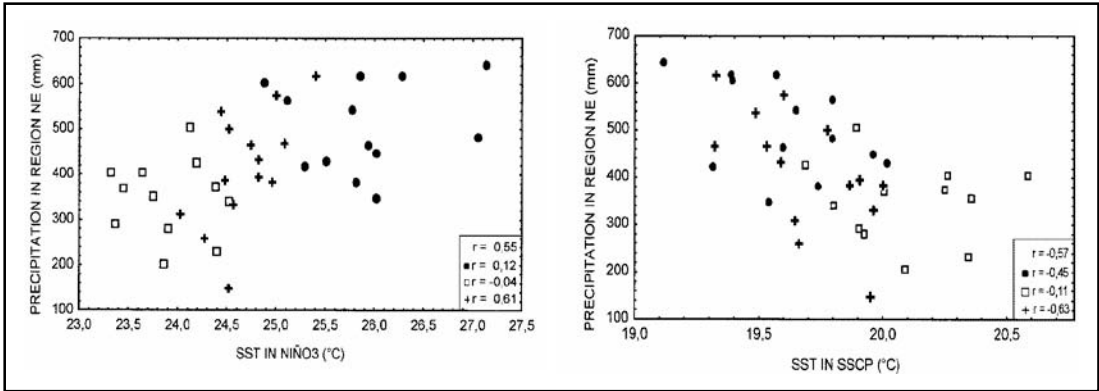
### *Temperatura*

Para la cuenca del Plata, hay considerablemente menos publicaciones sobre la relación del ENSO con la temperatura de superficie que con la precipitación. Kiladis y Díaz (1989) calcularon las diferencias entre las anomalías promedio de temperatura de los eventos EN y LN, encontrando diferencias positivas en el subtropical de América del Sur durante el invierno (0) que se debilitan considerablemente durante la primavera (0). Durante el verano estas diferencias tienen poca significancia y congruencia geográfica, pero las diferencias positivas aparecen otra vez en el otoño (+).

Cuando se consideran las anomalías de EN y LN con respecto al promedio climatológico por separado, sólo durante el invierno (0) hay anomalías significativamente positivas (negativas) durante EN (LN) sobre Paraguay Uruguay y el norte y centro de Argentina. Esto se debe al aumento (disminución) de la advección de temperatura en las capas bajas de la atmósfera desde el continente tropical (Barros et al 2002). Las anomalías son más intensas en el caso de LN, llegando hasta 2°C en algunos lugares.

### *Variabilidad entre Eventos*

Aunque hay una respuesta estadísticamente significativa de la precipitación en algunos meses del ciclo del ENSO y en ciertas regiones de la cuenca, hay, sin embargo, una gran diferencia entre eventos de la misma fase. Dado que la presente habilidad para la predicción del clima en la cuenca en la escala estacional está basada en su respuesta al ENSO, esta cuestión requiere ser considerada para poder mejorar las predicciones climáticas y estimar sus limitaciones. Como vimos, la primavera (0) es la estación que presenta la más robusta respuesta de la precipitación a la TSM del Pacífico tropical durante los eventos EN y LN. Sin embargo, la Figura 5a muestra que la precipitación de la primavera en la parte central de la cuenca durante los eventos EN es independiente de la TSM del Pacífico tropical. Por otra parte la TSM en el centro del Pacífico subtropical sur (CPSS)



**Figura 5.** Diagrama de dispersión de la precipitación en el nordeste de Argentina y sur de Brasil y TSM para OND (a) Región El Niño 3 y (b) en el en el centro del Pacífico subtropical sur. El Niño (círculos llenos), La Niña (cuadrados) y casos neutros (cruces). Correlaciones para todos los casos, solo eventos Niño (círculos llenos), solo eventos La Niña (cuadrados) y casos neutros (cruces) indicados en el rincón inferior izquierdo. (Barros y Silvestre 2002)

modula esta precipitación de primavera en el caso de los eventos Niño, Figura 5b.

Estas diferencia en la precipitación entre eventos EN se debe tanto a la distinta característica de la TSM en la zona tropical como a los diferentes patrones PSA que generan. Los casos con TSM fría en la región CPSS tienen una mayor convección no sólo en la zona de Convergencia intertropical (ITCZ) sobre el Pacífico ecuatorial, sino también en la Zona de Convergencia del Pacífico Sur (SPCZ) que se extiende sobre el sudeste del océano Pacífico. La anomalía de circulación en la alta troposfera sobre el Pacífico sur central presenta un muy bien definido patrón PSA1, mientras que este patrón no se observa en los eventos EN asociados con TSM cálidas en la región CPSS (Vera et al 2004).

La correlación desfasada entre el índice mensual de la actividad en la SPCZ y la TSM sobre la región CPSS durante los eventos EN es grande y significativa cuando el índice la actividad en la SPCZ se adelanta a la TSM. Esto indica que la diferente característica de los Niños en el Hemisferio Sur podría ser generada por diferencias en la circulación atmosféricas, que a su vez inducen anomalías en la TSM subtropical. Pero, cualquiera sea el proceso que genere las anomalías de primavera en la TSM del CPSS, el signo de estas y las características de la circulación en la alta troposfera sobre el Pacífico asociadas a las mismas mantienen el signo desde el invierno hasta la primavera (Silvestri

et al 2003). Así, la TSM de la región CPSS es una fuente adicional de información para la predicción de la precipitación de primavera durante los eventos EN. También Cazes et al (2003) señalan como otra posible fuente de variabilidad interanual de la precipitación en Uruguay, a la variabilidad intraestacional de la circulación troposférica sobre el Pacífico sur.

### La Temperatura del Atlántico Sur

La conexión entre las TSM del Atlántico Sur y las anomalías de precipitación sobre la cuenca del Plata ha merecido menos atención que la conexión con el ENSO. Díaz et al (1998) encontraron una relación estadística entre las anomalías de lluvia en el Uruguay y Río Grande do Sul y la TSM de la región de la SACZ en el periodo Noviembre-Febrero con una asociación entre anomalías positivas (negativas) de lluvia y anomalías cálidas (frías) en la TSM. Hay otras evidencias de que el clima de la cuenca del Plata está influenciado por anomalías de TSM en el sudoeste del Océano Atlántico. A partir de correlaciones simples entre la TSM de ambos océanos y los caudales del Río Uruguay, Cardoso et al (2001) observaron relaciones estadísticamente significativas en cada estación del año. Para el verano (DJF) toda la región costera del sur y sudeste del Brasil extendiéndose a la parte central del océano presenta coeficientes de correlación significativos. En otros trabajos ya había sido observada una relación estadística entre la TSM

en esa región del océano Atlántico y la precipitación de la temperatura en la región sudeste del Brasil (Cardoso y Silva Días, 2000).

Hay varias conjeturas con respecto de los mecanismos responsables de tales conexiones con la TSM del Océano Atlántico. Primero, las anomalías de lluvia en la región y las anomalías de TSM en el Atlántico sudoeste pueden ser perturbaciones de alguna forma asociadas con EN/LN. Segundo, los eventos en el Pacífico podrían producir una respuesta desfasada en el Atlántico, que podrían ser consecuencia de las anomalías de precipitación sobre la zona marítima de la ZCAS. Tercero, puede haber anomalías de la TSM en el Océano Atlántico que son independientes de EN/LN y que contribuyen por sí mismas a las anomalías de precipitación. Algunos estudios parecen indicar a la primera hipótesis como la más probable para la primavera (Enfield y Mayer 1997).

La conexión entre la ZCAS, la TSM del sudoeste del Atlántico y la lluvia en la región subtropical de Argentina y en Uruguay podría ser el mecanismo que relaciona la variabilidad interanual de estas dos últimas variables en esos dos países. Barros et al (2000) encontraron que durante el verano, la lluvia en esa región esta relacionada tanto con la intensidad como con la posición de la ZCAS, pero además, independientemente de la ZCAS, con la TSM del sudoeste del océano Atlántico.

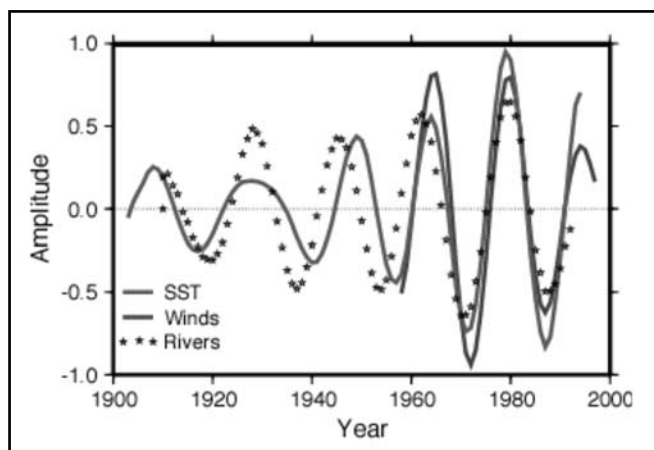
Los estudios mencionados revelan la potencial importancia del Atlántico Sur in la variabilidad del clima en la Cuenca del Plata. Sin embargo, dado que

la TSM de este océano también responde a los forzantes atmosféricos locales y remotos, la predictabilidad del clima regional basada en la TSM del Atlántico Sur es aún una cuestión que requiere mayor estudio.

## VARIABILIDAD INTERDECADAL

Las variaciones interdecadales de la TSM del Pacífico (Zhang et al 1999, Garreaud y Battisti 1999) son de gran importancia en la precipitación de la cuenca del Plata (Barros y Silvestre 2002) y pueden ser una fuente de predictabilidad en esa escala. El clima del verano sobre la cuenca del Plata presenta una fuerte variabilidad interdecadal. Como ejemplo, la Figura 6 muestra la evolución interdecadal de tres diferentes índices: (i) Un índice del caudal diferencial norte-sur calculado con la diferencia entre las descargas del verano en los ríos Paraná y Paraguay menos la respectiva descarga de los ríos Uruguay y Negro; (ii) Un índice del modo dominante del verano de la actividad de la ZCAS; y (iii) la TSM sobre el sudoeste del Atlántico. Cada curva fue calculada de análisis espectral independiente de cada uno de estos índices. Los tres muestran una remarcable periodicidad común de alrededor de 15-18 años. Los tres también concuerdan en fase.

Los ciclos mostrados en la Figura 6 proveen una base para una predicción estadística de los caudales como la hecha en el año 2000 para el río Paraná en Corrientes (Robertson et al. 2001). Las componentes oscilatorias de 8 y 17 años fueron aisladas y un modelo predictivo autoregresivo fue construido



**FIGURA 6.** Verano. Índice del caudal diferencial norte-sur (cruces); Índice del modo dominante de la actividad de la ZCAS (azul) y TSM sobre el oeste del Atlántico (rojo). (De Robertson y Mechoso 2000)

para cada componente. La predicción basada en la componente oscilatoria de 8 y 17 años, con datos hasta 1999, sugiere una probabilidad incrementada de caudales debajo del promedio hasta el año 2006 que fue lo observado.

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTRAESTACIONAL

La variabilidad intraestacional, esto es en períodos menores que 90 días y mayores que la escala sinóptica (hasta 1 semana) pueden tener significativo impacto en la cuenca del Plata. Los espectros de la precipitación muestran varios picos significativos en esa escala temporal (Liebmann et al. 1999). En la cuenca del Plata predominan, en su parte sur, oscilaciones con períodos entre 7 y 20 días, pero también hay oscilaciones de períodos entre 21 y 35 días y 35 y 70 días. Las oscilaciones en la primera escala de tiempo citada está probablemente asociada con la variabilidad interna de la atmósfera extratropical, así como la asociada con los bloqueos en el Pacífico Sudeste que duran más de 7 días (Kayano, 1999).

En todas las escalas de tiempo intraestacionales aparece el patrón del dipolo ZCAS / región subtropical ya mencionado anteriormente, con un centro en la ZCAS y otro con anomalías opuestas sobre el sur del Brasil, Uruguay y nordeste de Argentina. (Ferraz y Grimm 2000). El patrón del dipolo ZCAS y región subtropical varía frecuentemente en forma asociada con la convección anómala en el Pacífico tropical (Nogués-Paegle y Mo, 1997; Nogués-Paegle et al 2000) apareciendo como ya fue mencionado en otras escalas de tiempo. En la banda entre 21 a 35 días puede estar asociado a forzamientos remotos del Pacífico y en la banda entre 35 a 70 días puede estar asociado (Ferraz y Grimm 2000) con la oscilación de Madden-Julian. Esta oscilación consiste en la propagación de anomalías de convección en los trópicos de los océanos Índico y Pacífico, que producen anomalías de circulación atmosférica en los trópicos y extratropicales, (Nogués-Paegle y Berbery 2000) Estos patrones presentan un comportamiento oscilatorio con un pico espectral cerca de 40 días y una banda más ancha entre 15–30-días (Robertson y Mechoso 2003) y están predominantemente asociados con ondas estacionarias (Cazes et al. 2003). La regularidad en la propagación de estas ondas puede llevar a un aumento de la habilidad en la previsión de la lluvia en la escala intraestacional.

Robertson y Mechoso (2003) encontraron que la variabilidad de baja frecuencia en el Pacífico Sur esta

bien descrita por la ocurrencia de 3 o 4 regímenes de circulación geográficamente anclados oscilando con un periodo cercano a los 40 días que son predominantemente estacionarios en el espacio. Estos patrones muestran cierta correlación con El Niño solo en la primavera. Estos patrones presentan un potencial para la predictabilidad inter estacional.

## PREDICTABILIDAD

La cuenca del Plata presenta algunas características que favorecen la predictabilidad en escalas mayores a la sinóptica, pero que están relativizadas por otros factores. Entre las características favorables se destaca que la región presenta una marcada señal interanual del ENSO. La señal de la TSM del Atlántico es aún poco entendida como para ser utilizada con éxito en pronósticos estadísticos más allá de ciertas regiones limitadas. También parece haber alguna predictabilidad en la escala interdecadal en verano y es probable que esta predictabilidad exista en otras épocas del año. La escala inter estacional presenta alguna relación con fenómenos casi-periódicos como la oscilación de Madden-Julian por lo que también es posible que se pueda avanzar con la predicción en esa escala.

Entre los factores que complican la predictabilidad de la precipitación, se encuentra el hecho que la misma es mayormente causada por actividad convectiva, la que en general presenta menos predictabilidad que la de gran escala asociada con nubosidad estratiforme. El porcentaje de precipitación convectiva estimado con información satelital sobre la cuenca del Plata es muy alto a lo largo de todo el año, incluso en el invierno. Desde el punto de vista de la predictabilidad, no ayuda que la convección se organice en sistemas convectivos de mesoescala (SCM) y la cuenca del Plata, es una de las regiones del mundo con mayor frecuencia de estos SCMs. A diferencia de lo que ocurre en otras regiones subtropicales, su ocurrencia se extiende desde la primavera temprana hasta el otoño.

La frecuencia anual de los SMCs, al sur de 20° S, varía entre 20 a más de 50 casos por año, siendo más frecuentes durante los periodos de El Niño (Velasco y Fritsch 1987). Sin embargo, la zona de máxima precipitación varía de un evento Niño a otro, y la precipitación causada por ellos es determinante de los totales mensuales de cada año. De esta forma los promedios mensuales de cada evento resultan muy distintos, lo que hace que el pronóstico basado en

las propiedades estadísticas de este evento resulte incierto. Esta característica se ilustra en la figura 7 que muestra las anomalías de lluvia para 4 abril, todos correspondientes a eventos El Niño del año (+). Aunque hay una consistente señal positiva en una gran región, hay una importante variabilidad espacial en la ubicación de los máximos de las anomalías positivas, que por otra parte reflejan por su magnitud y dimensión espacial la ocurrencia de uno o dos SMCs.

La importancia de los SMCs en la precipitación mensual y aun estacional de cada año es probable-

mente una de las razones de los aún poco exitosos pronósticos climáticos en la región. Queda aún por aprender si esta es una limitación intrínseca a estos sistemas, o puede ser superada con un mejor conocimiento de la dinámica de los mismos en la región. Otro aspecto que conspira contra una mayor predictabilidad, es que si bien la señal del ENSO en la cuenca del Plata es importante, esta limitada a sólo algunos meses y regiones. Además, aún en esas regiones y meses hay una notable variabilidad en la precipitación entre eventos del mismo tipo, en particular de El Niño. Esta se puede apreciar en la figura

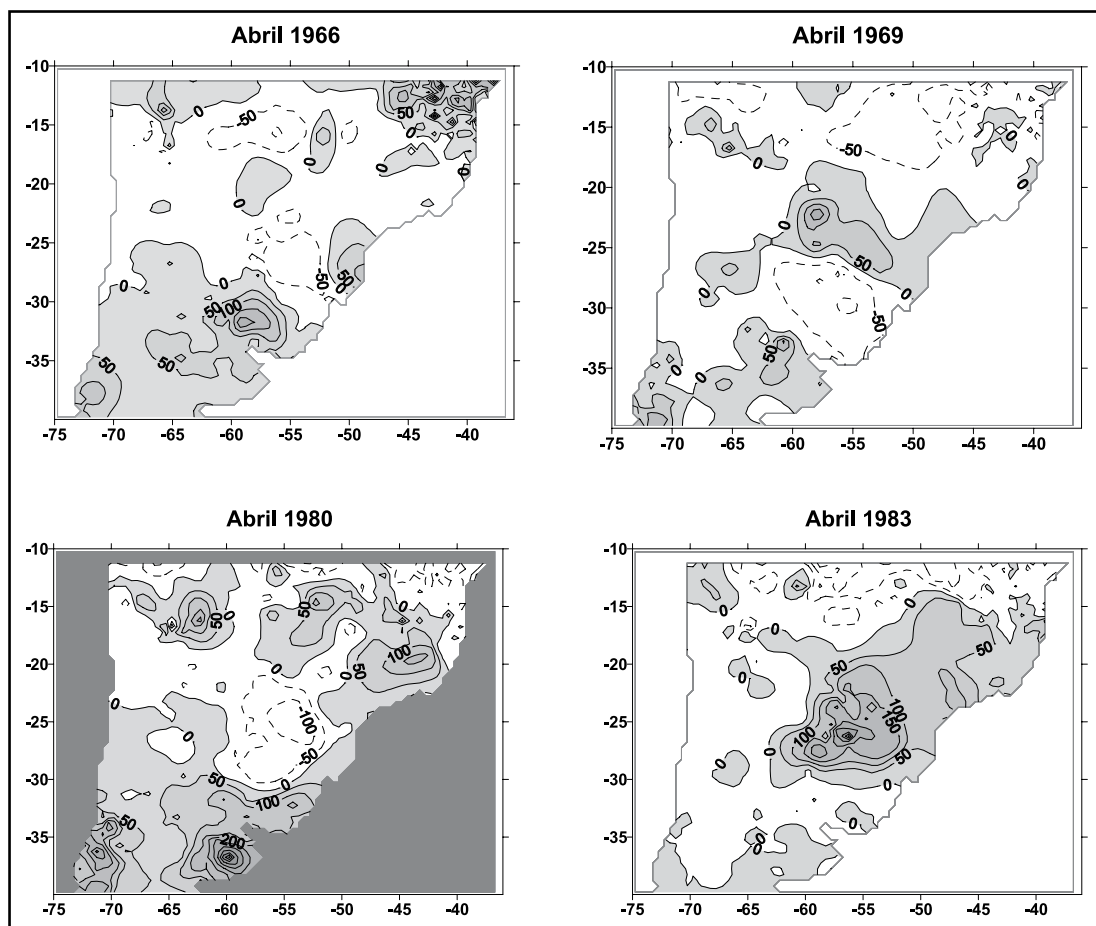


FIGURA 7. Anomalías de precipitación en mm durante distintos meses de abril, todos correspondientes años Niños (+) y promedio de dichas anomalías. (De Barros 2003)

5, ya que en algunos casos las precipitaciones de La Niña son mayores a las del Niño, aunque en promedio ocurra lo contrario. Si bien esto puede deberse al forzamiento de la TSM en otras zonas distintas a las regiones del Niño, también podría originarse en que la propagación de la teleconexión desde el Pacífico tropical hasta América del Sur no sólo depende de las condiciones de la TSM en la región de origen, sino también de las condiciones de la atmósfera en latitudes medias y altas, siendo estas probablemente no predictibles en algunos casos.

Las variaciones de la ZCAS condicionan la precipitación en la cuenca del Plata en buena parte del año, no solo en su área de influencia directa sino también más al sur a través del dipolo del que forma parte. Ya se ha mencionado que este sistema está influido por trenes de ondas que se propagan desde el Pacífico a través de la circulación de latitudes medias. No es improbable que esta influencia aporte al dipolo de la ZCAS, parte de las características caóticas e impredecibles de esta circulación.

Finalmente, Silvestri y Vera 2003 han mostrado que en la primavera la precipitación en el centro de la cuenca del Plata está muy correlacionada con el índice de Oscilación Antártica. Como esta oscilación está sospechada de tener componentes impredecibles en ciertas frecuencias, esta propiedad se propagaría también a la precipitación asociada a la misma.

Una forma de manejar la impredecibilidad del sistema climático es mediante el pronóstico por ensambles que permite, en vez de asignar valores medios al comportamiento futuro, estimar las funciones de distribución o al menos algunos parámetros de las mismas. Esta técnica sería altamente recomendable en la cuenca del Plata en vista de los varios elementos que concurren a dificultar la predictabilidad del clima en escalas mayores a la sinóptica. Actualmente esta metodología está siendo utilizada por varios centros operativos, entre ellos el IRI (Godard et al 2003) y el CPTEC y probablemente se deba ampliar en el futuro el número de productos a los que se aplica. Este enfoque sería además de utilidad para el input a los modelos hidrológicos de los que se espera resultados para la toma de decisiones mediante la minimización de los riesgos.

## CONCLUSIONES

El régimen de lluvia en la cuenca del Plata está muy influenciado por el flujo meridional de humedad de niveles bajos. Este transporte se hace en las

capas bajas de la atmósfera (primeros 3000 m) y es predominantemente del norte trayendo la humedad a la cuenca del Plata desde el continente tropical por la circulación del noroeste durante todo el año, y del Atlántico en invierno. Hay evidencia de que un jet de capas bajas está frecuentemente embebido en el flujo meridional de niveles bajos. En presencia de este jet, el transporte de humedad puede ser mucho mayor que lo revelado por los análisis que no tienen la resolución suficiente para caracterizarlo adecuadamente. En vista de la importancia hidrológica que tiene esta circulación de capas bajas, es conveniente desarrollar un programa de mejoramiento de las observaciones meteorológicas convencionales en algunas zonas de la cuenca del Plata, y planificar un experimento de campo sobre los flujos horizontales y verticales de agua en una zona piloto.

Durante la estación estival, de octubre a abril, los sistemas convectivos de mesoescala (SCM) son frecuentes y responsables de gran parte de la precipitación total. Como estos SCMs son además frecuentemente la causa de inundaciones locales, es necesario elaborar una guía de recomendaciones para los centros operativos, para que haciendo uso del conocimiento que se tiene de los mismos, de la información satelital y de radares disponibles, se puedan mejorar los pronósticos vinculados a los alertas meteorológicos e hidrológicos. El experimento mencionado en el párrafo anterior debería contener componentes que permitan mejorar el conocimiento y predicción de estos sistemas.

El clima de la cuenca del Plata presenta algunas características que favorecen su predictabilidad. Entre estas se destaca la marcada señal interanual del ENSO y parece haber alguna predictabilidad en la escala interdecadal durante el verano. La escala inter estacional presenta alguna relación con fenómenos casi periódicos, por lo que sería posible avanzar con la predicción en esa escala. Entre los factores que complican la predictabilidad de la precipitación, se encuentra que la misma es mayormente de origen convectivo y por lo tanto de mayor aleatoriedad espacial y temporal. En especial, la cuenca del Plata, es una de las regiones del mundo con mayor incidencia de SCMs, y aunque son más frecuentes durante los periodos de El Niño, las zonas donde ocurren cambian de un evento Niño a otro. Por otra parte, si bien la señal del ENSO en la cuenca del Plata es importante está limitada a sólo algunos meses y regiones. Además, aún en esas regiones y meses hay una notable variabilidad en la respuesta

en la precipitación entre eventos del mismo tipo, en particular del Niño. Por todas estas razones, los promedios mensuales de cada evento ENSO resultan muy distintos, lo que hace que el pronóstico basado en las propiedades estadísticas de este evento resulte incierto. En consecuencia, se debe contemplar un programa de fortalecimiento de los pronósticos mediante modelos dinámicos de la atmósfera. Como algunos de los principales condicionantes

del clima (Por ejemplo, los SMCs y la variabilidad entre Niños, entre otros) parecen contener componentes impredecibles, este programa debe incluir el pronóstico por ensambles de modo de pronosticar no solo valores esperados sino funciones de distribución con las cuales se puedan tomar decisiones mediante técnicas cuantitativas. Estos ensambles podrían ser utilizados como ingresos a los modelos hidrológicos.

## Referências

- BARROS, V. 2003. Cambio Climático. In: *El Cambio Climático y sus consecuencias sobre el territorio. Cámara Argentina de la Construcción*. v.2, p.3-24.
- BARROS, V. ; DOYLE, M. 1997. Interannual variability of Precipitation in Southern South America. INTERNATIONAL CONFERENCE ON S. H. MET. AND OCEAN., 5., 1977, Pretoria, South Africa. *Anais...* Pretoria, South Africa : AMS, p. 228-229.
- BARROS, V. et al. 2000. Influence of the SACZ and S. Atlantic SST on interannual summer rainfall variability in Southeastern South America. *Theor. and Appl. Meteor.* v.67, p. 123-133.
- BARROS, V. ; SILVESTRI, G. 2002. The relation between sea surface temperature at the subtropical south-central Pacific and precipitation in southeastern South America. *J. Climate*, v.15, p. 251-267.
- BARROS, V. ; GRIMM, A. ; DOYLE, M. 2002. Relationship between temperature and circulation in southeastern South America and its influence from El Niño and La Niña events. *J. Met. Soc. of Japan*, v. 88, p.21-32.
- BERBERY, E. H. ; COLLINI, E. A. 2000. Springtime precipitation and water vapor flux convergence over Southeastern South America. *Mon. Wea. Rev.* v.128, p.1328-1346.
- CAMILLONI, I. ; BARROS, V. 2003. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcings. *J. of Hydrology*, v. 278: p.94-106.
- CARVALHO, L. M. V. ; JONES, C. ; LIEBMANN, B. 2004. The South Atlantic convergence zone: intensity, form, persistence and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *J. Climate*, v.17: p.88-118.
- CARDOSO, A. O. ; SILVA DIAS, P. L. 2000. A Influência da temperatura da superfície do mar em el clima de inverno na cidade de São Paulo. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, LOCAL. *Anais...* Rio de Janeiro : SBMET, 2000 . 1 CD-ROM
- CARDOSO, A. et al. 2001. O papel dos Oceanos Atlântico y Pacífico no Regime Sazonal de Vazão de Rios na Cuenca do Uruguai. DIÁLOGO INTERAMERICANO DAS AGUAS, 4., 2001, Foz do Iguaçu, PR. *Anais...*, Curitiba, PR.: ABAS. 1 CD-ROM.
- CAZES, G. ; ROBERTSON, A. W. ; MECHOSO, C. R. 2003. Seasonal Dependence of Teleconnections Over South America. *J. Climate*, v.16, p.1159-1176.
- DOYLE, M. ; BARROS, V. 2002. Midsummer low-level circulation and precipitation in subtropical South America and related sea surface temperatures anomalies in the South Atlantic. *J. Climate*, v.15: p.3394-3410.
- ENFIELD, D. B. ; MAYER, D. A. 1997. Tropical Atlantic SST variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. *J. Geophysical Research*, v.102, p.929-945.
- FERRAZ, S. E. T. ; GRIMM, A. M. 2000. Modos de variabilidade intrasazonal no sur y sudeste do Brasil y sur da América do Sur durante o verão. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, LOCAL. *Anais...* Rio de Janeiro : SBMET, 2000 . 1 CD-ROM.
- FIGUEROA, S.N. ; SATYAMURTY P. ; SILVA DIAS, P. L. 1995. Simulations of the summer circulation over the South American region with an eta coordinate model. *J. Atmos. Sci.* , v.52: p.1573-1584.
- GARREAUD, R., D. ; BATTISTI, D., S. 1999. Interannual (ENSO) and inter-decadal (ENSO-like) variability in the Southern hemisphere. *J. Climate*, v.12 , p.2113-2123.
- GAN, M. A. ; RAO V. B. 1998. Surface cyclogenesis over South America. *Monthly Weather Review*, v.19 , p.1293-1302.
- GAN, M. A. ; V. E. KOUSKY. ; ROPELEWSKI, C. F. 2004. The South America monsoon circulation and its relationships to rainfall over west-central Brazil. *J. Climate*, v.17, p.47-66.
- GRIMM, A. M. 2003. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences. *J. Climate*, v.16, p.263-280.
- GRIMM, A. M. ; FERRAZ, S. E. T. ; GOMES, J. 1998. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *J. Climate* , v.11, p.2863-2880



- GRIMM, A. M.; BARROS, V.; DOYLE, M. 2000. Climate Variability in Southern South America Associated with. El Niño and La Niña events *J. Climate*, v.13, p.35-58.
- GRIMM, A. M. Et al. 2001. Contribuição de anomalias de temperatura da superfície do mar à ocorrência de anomalias de precipitação no Brasil em novembro de eventos El Niño y La Niña. DIÁLOGO INTERAMERICANO DAS AGUAS, 4., 2001, Foz do Iguaçu, PR. *Anais...*, Curitiba, PR.: ABAS. 1 CD-ROM.
- JONES, C.; WALISER, D. E.; SCHEMM, J. K. E. 2000. Prediction skill of the Madden and Julian Oscillation in dynamical extended range forecasts. *Climate Dynamics*, v.16, p.273-289.
- JONES, C.; CARVALHO, L. M. V. 2002. Active and break phases in the South America monsoon system. *J. Climate*, v.15, p.905-914
- KAYANO, M. T. 1999. Southeastern Pacific blocking episodes and their effects on the South American weather. *Meteorol. Atmos. Phys.*, v.69, p.145-155.
- KILADIS, G.N.; DIAZ, H. F. 1989. Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern oscillation. *J. Climate*, v.2, p.1069-1090.
- KODAMA, Y.M. 1992 Large scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *J. Meteor. Soc. Japan*, v.70, p.813-836.
- LABRAGA, J.; FRUMENTO, O.; LÓPEZ, M. 2000. The atmospheric water vapor cycle in South America and the tropospheric circulation. *J. Climate*, v.13 p.1899-1915.
- LAING, A. G.; FRITSCH, J. M. 2000. The large-scale environments of the global populations of mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.*, v.128, p.2756-2776.
- LIEBMANN, B., 1999. Submonthly convective variability over South America and South Atlantic Convergence Zone. *J. Climate*, v.12, p.1877-1891.
- MARENGO, J.; DOUGLAS, M.; S. DIAS, P. L. 2002. Towards an identification of the South American low-level jet east of the Andes during the LBA-TRMM and LBA\_WET AMC campaign of the summer of 1999. *J. Geophys. Research*.
- MO, K. C. 2000: Relationship between low-frequency variability in the Southern Hemisphere and sea surface temperature anomalies. *J. Climate*, v.13, p.3599-3610.
- MONTECINOS, A.; DÍAZ, A.; ACEITUNO, P. 2000. Seasonal diagnostic and predictability of rainfall in Subtropical South America based on Tropical Pacific SST. *J. Climate*, v.13, p.746-758.
- NOGUÉS-PAEGLE, J. Y MO, K. C. 1997: Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Mon. Wea. Rev.*, v.125: p.279-291.
- PISCIOTTANO, G. et al. 1994. El Niño-Southern oscillation impact on rainfall in Uruguay. *J. Climate*, v.7, p.1286-1302.
- RAO, V. B.; CAVALCANTI, I.; HADA, K. 1996. Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America. *J. Geophys. Res.*, v.101, p.2539-2551.
- ROBERTSON, A. W.; MECHOSO C. R. 1998. Interannual and decadal cycles in river flows of southeastern South America. *J. of Climate*, v.11, p.2570-2581.
- ROBERTSON, A. W.; MECHOSO, C. R. 2000. Interannual and interdecadal variability of the South Atlantic convergence zone. *Mon. Wea. Rev.*, v.128, p.2947-2957.
- ROBERTSON, A. W.; MECHOSO, C. R.; Garcia, N. O. 2001. Interannual prediction of the Paraná River. *Geophys. Res. Lett.*, v.28, p.4235-4238.
- ROBERTSON, A.; FERRARA, J.; MECHOSO, C. 2003. Simulations of the atmospheric response to South Atlantic sea surface temperature anomalies. *J. Climate*, v.16, p.2540-2551.
- ROPELEWSKI, C. H.; HALPERT, S. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, v.115, p.1600-1626.
- ROPELEWSKI, C. H.; HALPERT, S. 1996. Quantifying Southern oscillation-precipitation relationships. *J. Climate*, v.9, p.1043-1059.
- SARAVIA, J. B.; SILVA DIAS, P. L. 1996. Ciclogênese no litoral sur do Brasil: Estudo de Caso. Congresso Brasileiro de Met., 11., 1996, Campos do Jordão. *Anais...* Campos do Jordão, SP.: EDITOR, p. 779-782.
- SATYAMURTI P.; FERREIRA, C.; GAN M. A. 1990: Cyclonic Vortices over South America. *Tellus*, v. 42A, p.194-201.
- SILVA DÍAS, M. A. F. 1987: Sistemas de mesoescala y previsão de tempo a curto prazo. *Rev. Bras. Meteorologia*, v.2, p.133-150.
- SILVESTRI, G. E.; BARROS, V.; VERA, C. 2003. Inter El Niño variability of southern hemisphere circulation. Part I: Observational Data. Inter. Conf on S H. Met. and Ocean., 7<sup>th</sup>, 2003, Wellington. *Proceedings* Wellington : AMS, p.10-11.
- SILVESTRI, G. E.; VERA, C. 2003. Antarctic oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. *Geophys. Res. Lett.* v.30, n.21
- VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. 1987. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. *J. Geophys. Res.* v.92 (D8), p. 9591-9613.

- VERA, C. ; VIGLIAROLO, P. 2000. a diagnostic study of cold-air outbreaks over South America. *Mon. Wea. Rev.*, v.128, p.3-24.
- VERA, C. S.; VIGLIAROLO, P. K.; BERBERY, E. H. 2002. Cold season synoptic scale waves over subtropical South America. *Mon. Wea. Rev.* v.30, p.684-699.
- VERA, C., SILVESTRI, G., BARROS, V. Y CARRIL, A. 2004: Differences in El Niño response over the Southern Hemisphere. *J. Climate*, v.17, p.1741-1753.
- VIRJI, H. 1981. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. *Mon. Wea. Rev.*, v.109, p.167-178.
- ZHANG, Y.; WALLACE J. M. ; BATTISTI, D. 1997. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93. *J. Climate* , v.10, p.1004-1020.
- ZHOU, J. ; LAU, W. K. 2001. Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America. *Int. J. of Climatol.* , v.21, p.1623-1644

**Vicente Barros** Centro de Investigaciones del Mar y la Atmosfera (CIMA).  
Email: barros@cima.fcen.uba.ar

**Alice Grimm** Universidade Federal do Paraná . Departamento de Física.  
Email: grimm@fisica.ufpr.br

**Andrew Robertson** The Internacional Research Institute for Climate and Society. Email: awr@iri.columbia.edu

**Mario Núñez** Centro de Investigaciones del Mar y la Atmosfera (CIMA).  
Email: mnunez@cima.fcen.uba.ar

# Eventos Hidrometeorológicos Extremos. Caracterización y Evaluación de Métodos de Predicción de Eventos Extremos de Clima y de la Hidrología en la Cuenca del Plata

José A. Marengo  
Angel Menéndez  
Alexandre Guetter  
Terri Hogue  
Carlos R. Mechoso

**RESUMEN:** En este artículo se revisa los extremos de lluvia e hidrológicos en la cuenca del Plata. Uno de los problemas principales en la cuenca es la definición de “extremos” para lluvia y eventos hidrometeorológicos extremos (EHE). Estos no significan necesariamente lo mismo para un meteorólogo o para un hidrólogo, y esto motiva que prácticamente no existe una definición común de EHE en los países de la cuenca, ni mucho menos estadísticas regionales confiables y lo suficientemente largas para estudiar tendencias e identificar variabilidades de largo plazo o cambios. Se observa que muchos de los estudios hechos en cada país usan metodologías y valores límites de definición de extremos de lluvia/hidrológicos, que hacen muy difícil una integración regional. En este informe se hace un relevamiento sobre el estado actual de las actividades de predicción, detección, monitoreo de EHE en los diferentes países de la cuenca, así como de los criterios para decisiones de alertas hidrológicas que puedan afectar los diferentes sectores de la sociedad. Se detectó también que una de las debilidades de los sistemas regionales y nacionales de alertas es la falta de personal y recursos humanos, computacionales y financieros para operar con la misma eficiencia que en Europa o Norte América. En tanto que Argentina tiene un sistema de alerta hidrológico que operan bien en su parte de la Cuenca del Plata, Brasil tiene este sistema solo en la ciudad de São Paulo.

**PALABRAS-CLAVE:** extremos, clima, Cuenca del Plata.

**ABSTRACT:** In this article a review is made of extreme rainfall and hydrological events in the La Plata Basin. One of the main problems in the basin is the definition of an “extreme” for rainfall and extreme hydrometeorological events (EHE). These terms may have different meaning for a meteorologist or a hydrologist, and implies that there are not a reliable and long term statistics of EHE or intense rainfall events in each country that could help in identifying long term variability and changes in extremes. It has been observed that many studies performed in the basin at the level country use definitions and thresholds for the definition of rainfall extremes and EHE that make almost impossible a regional integration. In this report we make an analysis of the current state of activities linked to prediction, detection and monitoring of EHE in the different countries of the basin, as well as a review of the criteria used for identification and implementation of hydrologic alert of EHE that could affect society. There are discussions of the weaknesses of the regional and national alert systems, being the most important the lack of funding, personnel and computer resources, that determines that the systems can not operate with the same efficiency as in alter systems in the US or Europe. While in Argentina there is an alert system that operates quite well in their side of the La Plata Basin, in Brazil similar system operates only in the city of Sao Paulo.

**KEYWORDS:** extremes, climate, La Plata River.

.....

## INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Plata (CP) es particularmente vulnerable a los extremos de temperatura y precipitación. En este artículo se hace una evaluación de eventos hidrometeorológicos extremos (EHE) en la CP desde el punto de vista meteorológico e hidrológico. Esta revisión incluye también las causas meteorológicas y variabilidad temporal importantes para entender los aspectos operacionales de monitoreo y previsibilidad desarrollados por los centros meteorológicos e hidrológicos en la región. Es difícil definir lo que son extremos hidrometeorológicos, pues diferentes definiciones puede considerar ya sea las características físicas o los impactos. Los impactos incluyen pérdidas económicas, pérdidas de vidas, etc., y las causas físicas pueden incluir los sistemas meteorológicos responsables por las lluvias intensas, que pueden ser cuantificadas considerando límites estadísticos expresados como lluvias por encima de algún valor durante un corto periodo, y que pueden generar descargas de ríos mayores que un valor crítico, o también inundaciones en áreas urbanas.

Tanto las inundaciones como las sequías producen importantes impactos socioeconómicos, y es importante desarrollar sistemas de predicción y alertas que permitan minimizar sus impactos. La ocurrencia de estos fenómenos naturales no encuentra en la sociedad una planificación adecuada para enfrentarlos en situaciones de emergencia, y muchas veces ni existen mecanismos confiables de predicción de estas situaciones. El desafío asociado para enfrentar estos fenómenos involucra el desarrollo de sistemas de predicción de eventos extremos, de acciones de planificación necesarias para mitigar los impactos, y de un buen manejo de los posibles conflictos resultantes de la ocurrencia de estos eventos.

También se hace un relevamiento sobre el estado actual de las actividades de detección, monitoreo y predicción de EHE en los diferentes países de la CP, así como de los criterios para decisiones de alertas hidrológicas que puedan afectar los diferentes sectores de la sociedad. Se da cierto énfasis a las inundaciones como ejemplos de EHE y en la parte operacional a las tareas de operación de embalses y reservorios para generar energía hidroeléctrica en toda la cuenca. Se discute también el papel de las instituciones que producen predicciones operacionales en corto, medio y largo plazo, así como de las instituciones que colectan las predicciones meteorológicas y de EHE

y que determinar los diversos grados de alerta para el gobierno y la sociedad.

Una de las debilidades en la CP es en lo que respecta a la ausencia de una climatología de la totalidad de los fenómenos atmosféricos severos considerados que generan extremos de lluvia, o de criterios comunes para definir extremos de lluvia desde el punto de vista meteorológico que puedan ser usados por investigadores que trabajan en impactos y vulnerabilidad a lluvias intensas e inundaciones.

Es común la existencia de no relevamientos de eventos extremos de lluvia, y fundamentalmente la falta de un criterio común para definir lo que sería un evento extremos de lluvia, o la definición de un valor límite de descarga o nivel de ríos que pueden dar lugar a inundaciones intensas que constituyen un EHE. Para los tomadores de decisiones a nivel de gobiernos local y federal y operadores de sistema hidroeléctrico, la definición de EHE que pueden general inundaciones varía, y también varía de país en país, haciendo difícil comparaciones e integraciones a nivel de toda la cuenca.

Muchos de los fenómenos meteorológicos adversos y EHE que provocan daños no tienen registros continuos por periodos largos de tiempo para definir climatologías y tendencias. Tampoco existen estadísticas de una evaluación económica de pérdidas asociadas a estos extremos, y por eso aún carecen de la debida atención de la sociedad y de las instituciones responsables. Las inundaciones son los eventos de mayor impacto social y que a la vez se presentan como un problema común en toda la cuenca. Casos importantes fueron las inundaciones de Blumenau en 1983 y Santa Fe en 2003.

En relación a la predicción meteorológica y de EHE, se observa una cierta ventaja de Brasil en términos de predicción meteorológica, usando técnicas como “ensemble forecasting” o predicción por conjuntos para predecir eventos meteorológicos y que pueden ser usadas para aplicaciones de los diferentes usuarios. Así se determinan las alertas hidrológicas, con criterios que pueden variar de estado a estado. En el caso de la ciudad de São Paulo, existe un sistema avanzado de alerta hidrológico comparable a los sistemas sofisticados de Europa y Norte América. Cuenta con personal entrenado, modelos avanzados y observaciones de lluvia por radar y de la red hidrometeorológica telemétrica, y a partir de análisis de modelos y monitoreo de condiciones es que se emiten las alertas por medio de Internet, radio y televisión. Este sistema tan sofisticado no existe en

otras capitales de Brasil. En Argentina, la ventaja en relación a Brasil está en el Alerta Hidrológico, que funciona para la parte argentina de la CP.

Una combinación de estos dos esfuerzos o programas y de instituciones de los dos países podría ayudar a determinar sistemas de alerta meteorológico e hidrológico común para toda la CP. Finalmente, con fines comparativos, se analizan experiencias de sistemas de predicción de EHE en el Reino Unido. Para una revisión de programas y de predicción de EHE en otros continentes sugerimos al lector a referirse el trabajo de Marengo et al. (2004), donde se analizan las experiencias en Francia, Estados Unidos y Australia.

## ANTECEDENTES

A continuación se describen algunos detalles generales sobre EHE, desde el punto de vista meteorológico e hidrológico. Se identifica las situaciones meteorológicas que pueden conducir a la presencia de lluvias extremas, así como la presencia de fenómenos meteorológicos que puedan ser responsables por la dinámica de estos eventos extremos así como su variabilidad espacial y temporal. Para una revisión sobre eventos extremos de lluvia y sus tendencias en América del Sur así como los mecanismos meteorológicos de extremos de lluvia, sugerimos al lector de revisar los trabajos de Marengo et al. 2004, Haylock et al. 2006, Alexander et al 2006 y Marengo 2006.

### Sistemas meteorológicos productores de extremos de lluvia

En general, los eventos extremos de precipitación son causados por una gran variedad de sistemas meteorológicos y casi en todas las escalas de tiempo. Según algunos estudios de eventos extremos de lluvia en el sur y sudeste de Brasil (Severo 1994, Carvalho et al. 2004, Espirito Santo y Satyamurty 2002, Teixeira 2004), la ocurrencia de un evento de lluvia intensa en estas regiones es precedida por los siguientes patrones meteorológicos, en orden de importancia:

1. Fuerte circulación del norte (Amazonia) que llega por Paraguay y Noreste de Argentina en los niveles bajos de la atmósfera al este de los Andes, especialmente en el verano (llamado Jet de niveles bajos de la América del Sur o SALLJ)
2. Vaguada en la troposfera media que advecta vorticidad negativa y que conduce a una baja

de la presión en superficie a lo largo de todo el año

3. Convergencia de flujo de humedad en la troposfera baja sobre la región sur de Brasil y el nordeste de Argentina, en todas las estaciones del año, pero más frecuentemente en el verano
4. Formación o identificación de un centro de baja presión o vaguada en superficie sobre el norte de Argentina y Paraguay, en todas las estaciones del año
5. Intensificación del jet de altos niveles a lo largo de la región sur, especialmente en invierno

Estas configuraciones de patrones meteorológicos así como la cuantificación de la influencia de estos campos en las lluvias intensas pueden servir a los meteorólogos operacionales como predictores en el diagnóstico de situaciones favorables a la ocurrencia de lluvias extremas en el sur de Brasil y en la CP en general.

Carvalho et al. (2004) estudiaron eventos de precipitación intensa en el estado de São Paulo, asociados a los patrones convectivos de grande escala en la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS). Un patrón alterno de anomalías de lluvia entre el Sur y el Sudeste de Brasil se debe al desplazamiento de la ZCAS. Se observó que cuando la actividad convectiva de la ZCAS es intensificada, se espera una disminución de la lluvia en la parte alta de la CP en el oeste de Argentina, Uruguay y el sur de Brasil. Espirito Santo y Satyamurty (2002) identificaron eventos extremos de precipitación en la región Sudeste de Brasil durante 1997 a 2001, y encontraron que la mayoría de los casos ocurrieron entre la primavera y verano. Algunos de estos extremos estuvieron asociados a temperaturas de superficie del mar más altas en el litoral sur y sudeste de Brasil, bloqueos en el Atlántico Sur y la presencia de la ZCAS.

Liebmann et al (2004) analizaron relaciones entre los eventos extremos de lluvia en la región y la parte alta y media de la cuenca con la presencia del SALLJ (Marengo et al. 2004). Eventos extremos de precipitación fueron definidos durante el periodo 1976-97 cuando la precipitación en cada estación pluviométrica es igual o mayor que el 10% de la media climatológica de verano (Diciembre-Febrero). Ellos identificaron que los casos de intensos eventos y SALLJ corresponden a los eventos lluvia intensa en el sudeste de Brasil.

Otro de los sistemas que producen lluvia en la CP son los llamados Sistemas Convectivos de Mesoscala

(SCMs), y entre ellos lo Complejos Convectivos de Mesoescala (CCMs) que fueron definidos por Maddox (1980) como un sistema meteorológico que poseen una espesa capa de nubes frías constituida por los topes de los cúmulos nimbus, con una forma aproximadamente circular (diámetro del orden de algunas centenas de kilómetros) y tiempo de vida relativamente más largo que el de un sistema convectivo aislado (mínimo de 6 horas). Velazco y Fritsch (1987) adaptaron la técnica objetiva de clasificación introducida por Maddox (1980) y mapearon las regiones de ocurrencia de CCMs en la América del Sur. Los CCMs son los responsables por una parte de la precipitación que ocurre en el sudeste de América del Sur y por la formación de tempestades severas en esta región. Según Velazco y Fritsch (1987), el ciclo de vida de los CCMs sugiere que el horario de máxima intensidad ocurre de madrugada (en Paraguay o Argentina) en la mayoría de los casos observados, aunque estudios más recientes muestran que los SCMs son más intensos en los horarios próximos a la puesta del sol, y a lo largo del año son más intensos entre la primavera y otoño con los máximos. Entre los sistemas meteorológicos que exceden a la escala sinóptica y que tienen gran influencia sobre las precipitaciones, se destacan los bloques atmosféricos, relativamente frecuentes sobre América del Sur tanto sobre el continente como en las proximidades de la costa de los Océanos Pacífico y Atlántico (Berbery y Nuñez 1989). Todos estos mecanismos y fenómenos meteorológicos causantes de extremos de lluvia y temperatura son revisados en detalle en Marengo (2006).

#### Variabilidad intra-estacional y eventos extremos de lluvia

Marton (2000) muestra que los episodios más intensos de lluvia están asociados a la coincidencia entre las fases favorables de intensificación de la convección en ciclos intraestacionales de 7-13, 15-30 y 30-60 días. Considerando que existe una relación entre bajos valores de radiación de onda larga (OLR) en el sudeste de Brasil (asociada a mayor precipitación), y subsidencia en el sur (asociada a menor precipitación), es posible que exista alguna relación entre episodios de precipitación organizada por la ZCAS y sequía en el subtropical de América del Sur. Para el sur de Brasil y otros tramos en la parte superior de la cuenca del Río Uruguay no hay aún estudios detallados sobre la relación entre variaciones intraestacionales y eventos extremos de lluvia. Ferraz

y Grimm (2001) realizaron un estudio de este tipo para el estado de São Paulo, y observaron modos de variabilidad intraestacional en verano (noviembre a marzo) para una región que comprende el sur y sudeste de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina. Ellas hicieron un análisis de componentes principales de los totales diarios de precipitación en el período de 1965 a 1990, filtrados en la banda de 10-100 días. El modo más importante de en esta banda tiene fuertes componentes sobre la ZCAS (modo ZCAS), con importantes contribuciones para la lluvia en el estado de São Paulo. Para verificar si este modo ZCAS realmente causa impactos en esta región, fue hecho un estudio complementario basado en datos de deslizamiento de tierras en este estado, que normalmente están asociados a eventos extremos de lluvia. Comparando las fechas de los eventos de lluvia extrema con las de ocurrencia de deslizamientos de tierra durante el verano, se observó que 66% de los deslizamientos estaban asociados a las fases extremas de este modo ZCAS.

#### Variación anual de los eventos de extremos de lluvia en la cuenca del Plata

Eventos extremos de lluvia aparecen más frecuentes e intensos en las estaciones de transición. Teixeira (2004) identifica 178 eventos entre 1991 a 2001 y hay indicaciones de que los eventos ocurren principalmente en primavera con el mes de octubre presentando el mayor número de casos seguido de abril. Marengo et al. (2004) muestran mayor frecuencia de días con eventos de SALLJ en los meses de verano (noviembre-febrero), y que aparecen asociados al SALLJ que transporta humedad desde la Amazonia hasta el sudeste de Brasil y Sur de Brasil-Norte de Argentina. Si se considera al SALLJ como fuente de humedad, la mejor asociación entre SALLJ más frecuentes y frecuencia de lluvias extremas se presenta en la primavera, y con menor frecuencia en los meses de verano, pero que representa un porcentaje significativo para producir eventos extremos en el sudeste de Brasil en verano.

#### Variabilidad interanual de eventos extremos de lluvia en la cuenca del Plata

Es un hecho conocido que durante los episodios del El Niño existe una alta probabilidad de ocurrencia de inundaciones en amplios sectores del Sur de Brasil, Paraguay, Este de Argentina y Uruguay, como ocurrió por ejemplo durante los eventos del

1982-83 y 1997-98. Teixeira (2004) observa para el sur de Brasil mayor número de eventos extremos de lluvia valores más altos entre 1993-94 y 1997-98. Este último fue un año de fenómeno El Niño muy intenso. En 1996 y 1999-2000 el número de eventos extremos de lluvia fue más bajo siendo que estos fueron años de La Niña. Sin embargo, la correlación entre el número de eventos extremos de lluvia y las anomalías de temperatura de superficie del mar (TSM) en el Pacífico Ecuatorial, indicativo de El Niño, es baja, similar a la correlación entre la frecuencia de eventos de SALLJ y estas anomalías de TSM en el Pacífico Ecuatorial.

La señal de El Niño en lluvia sobre el sur de Brasil es más débil en verano que en la primavera, y exhibe considerable variabilidad espacial (Pisciottano et al. 1994, Grimm et al. 2000, Cazes et al. 2003). Aceituno (1988) encontró señales de aumento de lluvia en la región de Argentina subtropical durante años de El Niño especialmente en Noviembre- Diciembre, y aunque las asociaciones sean estadísticamente significativas, El Niño no explica más del 30% de la variancia de lluvia en estas regiones.

Las asociaciones entre El Niño, La Niña para la región de noreste de Argentina y Uruguay son diferentes en el verano y primavera. Ropelewski y Halpert (1987; 1989) muestran cambios en la distribución de precipitación además de cambios en la media lo que podría estar relacionado a cambios en la frecuencia de eventos extremos esporádicos de lluvia. Grimm y Pscheidt (2001) explican que en el Sur de Brasil durante años de El Niño (La Niña) se observa un gran aumento (disminución) de eventos severos o extremos de lluvia en noviembre comparado con años normales. En el período analizado por ellos (1963-92) ocurrieron 9 eventos El Niño y 6 de La Niña, y 15 fueron años normales. Se observaron 36 eventos extremos durante el mes de noviembre en años de El Niño, 3 durante años de La Niña y 23 en años normales. Ellos concluyen que hay un gran aumento en la frecuencia de eventos extremos durante años El Niño durante 1963-92. Eventos intensos de lluvia en el otoño pueden ser responsables por los valores muy altos de descargas en el Río Paraná en territorio Argentino (Camilloni and Barros, 2003).

Barros et al. (2004) verificaron en un análisis de las series del Paraná en 1900 a 1992 qué inundaciones ocurrieron con mayor frecuencia y fueron mayores en la década 1982-92 en comparación con el inicio del siglo, y que los cambios en la variación intra anual de descargas puede ser explicada en términos

de cambios de la distribución intra anual de precipitación asociada a la operación de los reservorios en el sistema Paraná que demoran en la propagación de las inundaciones. En el trabajo de Camilloni y Barros (2003) sobre el río Paraná se muestra que las dos terceras partes de los picos máximos (y de las mayores contribuciones desde la zona central de la alta cuenca del Paraná) ocurrieron durante eventos El Niño, y que ninguno ocurrió durante la fase La Niña. En el caso del río Uruguay, Camilloni (2005) explican que su cuenca es parte de una región que tiene una fuerte señal de precipitación durante El Niño, cuando se producen, en general, los mayores caudales mensuales, asociados la mayoría de las veces a picos diarios extremos. Ellos establecen que las anomalías más intensas de descargas mensuales ocurren mayormente durante el Niño, que parecen inducir grandes anomalías positivas de lluvias en la región.

La CP es una de las regiones con frecuentes CCMs, como identificado inicialmente por Velasco y Fritsch (1987). Estos sistemas son más frecuentes en el otoño y son responsables por grande parte del total de lluvias. Al sur de 20oS, la frecuencia de CCM varía entre 20 a 50%, aumentando durante los años de El Niño. Sin embargo, su localización y trayectoria varía de un El Niño para otro. El SALLJ suele contribuir a la formación de líneas de inestabilidad y de CCMS responsables por grandes extremos de precipitación, especialmente durante el final de la primavera e inicio del verano

### Variabilidad y tendencias a largo plazo de eventos extremos de lluvia en la CP

La agudización de los eventos de lluvias extremas y consecuentemente de EHE, tanto en intensidad y frecuencia, se asocian a variabilidad climática a escala interannual, interdecadal consecuencia de variabilidad natural de clima, y al cambio en el uso de la tierra asociadas a intervenciones antrópicas. Los trabajos recientes de Haylock et al (2006) y Alexander et al (2006) detectaron tendencias positivas en la frecuencia de días muy húmedos y de eventos intensos de lluvia que pueden producir inundaciones (definidas en Haylock et al. 2006) desde 1950 hasta 2003, y esto cambios son más intensos durante primavera, verano y otoño.

Previamente, en centro y este de Argentina se ha triplicado el número de casos registrados con precipitaciones mayores a los 100 mm en menos

de 48 horas, variando de de 5-15 en el periodo de 1959-79 hasta 30-35 en el periodo de 1991-2002 (Barros 2004). En el sur de Brasil la frecuencia de lluvias fuertes se ha incrementado significativamente en el verano (Xavier et al 1992, 1994).

Sin embargo, las proyecciones de los modelos climáticos del Cuarto Informe del IPCC AR4 (Tebaldi et al 2006) para el periodo de 2071-2100 no muestran consistencia en alguna señal de aumento de extremos de lluvias en relación al clima presente. La incertidumbre es grande pues en tanto que algunos modelos muestran aumento en la tendencia de extremos de lluvia, otros muestran una tendencia a reducción.

En relación a extremos hidrológicos, la mayor parte de extremos ocurrieron a partir de mediados de la década del 60, llamando la atención no sólo la magnitud de sus picos (los mayores, 60.200 m<sup>3</sup>/s en Julio de 1983 y 54.000 m<sup>3</sup>/s en junio de 1992, en Corrientes) - comparable al de las crecidas del siglo XIX y comienzos de este siglo -, sino el aumento de su frecuencia, consecuencia probablemente de los cambios en la incidencia de los sistemas climáticos de gran escala que provocan inundaciones, con implicancias fundamentales en la estimación de los riesgos. En cuanto a la duración, es notable la permanencia del suceso de 1982/3, en el cual los caudales superaron los 30.000 m<sup>3</sup>/s durante 273 días, en la estación mencionada. A largo plazo, los estudios de Milly et al (2005) identificaron tendencias positivas en las descargas en la CP en el siglo XX, lo que es también simulado por 16 modelos del IPCC AR4 para el clima del presente. Los escenarios futuros de clima los mismos modelos muestran con grande certeza que las descargas aumentarán en el futuro (2071-2100) en relación al clima actual, pero nada se menciona en relación a tendencias de EHE.

#### RELACIONES ENTRE EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN Y LOS EHE

Camilloni y Barros (2003) estudiaron la relación entre las precipitaciones y las crecidas extremas del río Paraná. Ellos determinaron que los picos extremos en la estación Corrientes se originan usualmente en las zonas central y sur de la CP, especialmente en la zona central. Además, establecieron que la contribución de la zona norte de la cuenca alta del Paraná no sólo es generalmente pequeña, sino que, a veces, es negativa. Un estudio similar para el río Uruguay fue llevado a cabo por Camilloni (2005). De él surge que los

caudales extremos diarios durante la estación cálida están relacionados a lluvias intensas en la cuenca superior, particularmente en el período de 9 a 12 días antes de que se produzca el máximo de caudal en la estación Salto Grande. En cambio, los caudales extremos diarios durante la estación fría se deben mayormente a grandes lluvias sobre y aguas arriba de Salto Grande en dos períodos separados: de 9 a 12 y de 1 a 4 días antes de la fecha del pico de caudal en Salto Grande. A partir de estas observaciones surge que es posible el pronóstico hidrológico para la estación cálida, pero, en cambio, se necesitan pronósticos meteorológicos para la estación fría. Un resultado adicional interesante del estudio de Camilloni (2005) es que alrededor del 50% de las mayores crecidas del río Uruguay pueden ser el resultado del incremento de precipitación debido a la convergencia de flujos de humedad en la región del SALLJ. Además, ellos observan que la frecuencia de ocurrencia del SALLJ que provocan crecidas es algo mayor en la estación fría que en la cálida.

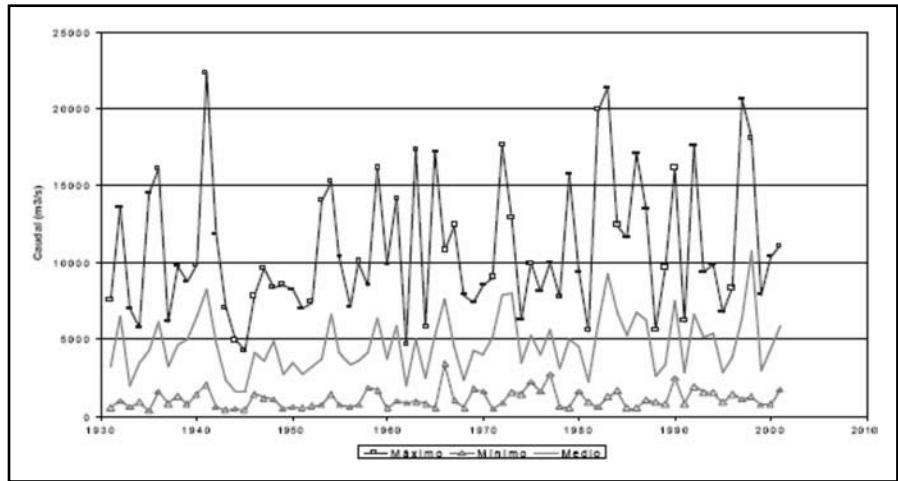
Para el río Paraguay, Barros et al. (2004) establecieron que el origen de los mayores picos de crecida son la cuenca alta y media del río Paraguay, y que su ocurrencia no depende del volumen de agua almacenado en el Pantanal. Adicionalmente, verificaron que el aporte del Pantanal no correlaciona apreciablemente con la contribución de las cuencas alta y media. Ellos explican que la situación es distinta para las crecidas anuales ordinarias, ya que el pico anual de junio se produce por el lento aporte del Pantanal, cargado con las precipitaciones del verano, más el aporte de la cuenca alta y media del propio río Paraguay por las precipitaciones de otoño. Además, la disminución de caudal de junio a febrero se debe, en invierno, a la poca precipitación y, en primavera y verano, a la gran evaporación.

#### INTENSIDADES DE LOS EHE DEL PARANÁ Y EL URUGUAY

Para caracterizar la intensidad de los EHE de los ríos Paraná y Uruguay, Jaime y Menéndez (2002) establecieron como criterio tomar el caudal (medio mensual) de exceso (para crecidas) o defecto (para bajantes) respecto de sendos umbrales de aguas altas y aguas bajas, respectivamente. Para definir estos umbrales se efectuó un análisis de frecuencia de ocurrencia de eventos extremos y se eligieron los correspondientes a una recurrencia de 4 años, representativa de la periodicidad de El Niño. Pero en el



Máximos, mínimos y medios anuales de los caudales medios mensuales del río Uruguay en Concordia para el período 1931-2001



análisis se distinguieron los tres períodos hidrológicos identificados por García y Vargas (1998): medio (hasta 1943), seco (hasta 1970) y húmedo (hasta 2001), de modo que los valores umbrales resultan distintos para cada uno de ellos. En el río Paraná se observa que de 1970 en adelante no sólo se han producido las mayores crecidas sino también las bajantes relativamente más intensas, lo que está en relación con el aumento de la variabilidad apuntada en la sección anterior. Para este período, la intensidad de las mayores crecidas del Paraná se encuentra entre 15,000 y 20,000 m<sup>3</sup>/s mientras que la de las bajantes están entre 500 y 1000 m<sup>3</sup>/s, con un pico singular de 2000 m<sup>3</sup>/s en diciembre de 1971.

En el caso del río Uruguay, los registros en Concordia muestran que con excepción de los picos de 1941, 1983, y 1998 que superaron los 20000 m<sup>3</sup>/s, la intensidad de las mayores crecidas se encuentra en el rango de 10000 a 17000 m<sup>3</sup>/s, observándose incluso una leve disminución para el período posterior a 1970 respecto de lo registrado desde alrededor de 1990 hasta la actualidad.

En relación a las crecidas más importantes, en la Tabla 1 se muestra los diez episodios más extremos, en cuanto a caudal pico, en cuatro sitios. De esta información, surge que sobre el río Paraná y el río Paraguay, la mayor parte de los eventos más importantes ocurrieron a partir de 1965 y en cuanto al río Uruguay, cuatro de los eventos más importantes desde 1898 ocurrieron a partir de 1972. Existen referencias sobre crecidas extraordinarias ocurridas en Corrientes en 1612 y 1748, mientras que la disponibilidad de

datos en cuanto a niveles fluviales del siglo XIX permite realizar estimaciones del caudal asociado a las crecidas notables del 1812, 1858 y 1878. Los eventos 1905/06, 1989/90 y 1991/2 representan episodios de inundación más típicos sobre el río Paraná y tienen mucho en común; en especial las inundaciones de 1905/6 y 1991/2. Una característica particular - y llamativa para una cuenca tan grande - es la rapidez con que el hidrograma crece en cada uno de estos eventos. En las dos semanas anteriores al arribo del pico a Corrientes, la tasa de crecimiento de los tres eventos es casi idéntica (1.400 m<sup>3</sup>/s por día). Los hidrogramas son notablemente simples en cuanto a la forma; solo el correspondiente al episodio de 1992 presenta aportes diferenciables de distintas subcuencas de aguas arriba.

### PREDICCIÓN Y PREVISIBILIDAD DE EXTREMOS DE LLUVIA

La predicción de tiempo y clima por ensembles o conjuntos es una técnica muy usada en los centros meteorológicos del mundo. Esfuerzos significativos en el CPTEC ([www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)) han sido dedicados al desarrollo de productos que sintetizan las informaciones del ensemble, de forma que ayuden a los meteorólogos operacionales a interpretar los productos. La forma más condensada de obtener información del ensemble consiste en obtener la media del mismo, asumiendo que todos los miembros son igualmente probables; de esta forma, no se le atribuye un peso mayor a alguna predicción específica. La

media del ensemble puede ser considerada como una aproximación determinística de la mejor estimación como de la atmósfera futura, especialmente en la predicción a medio plazo.

Una información muy importante que puede ser obtenida de la predicción por ensembles está relacionada a la capacidad de estimar la incertidumbre asociada a un determinado patrón atmosférico previsto. Esta incertidumbre se analiza en función de la dispersión entre miembros del ensemble, y se puede definir como la desviación estándar en relación a la media del ensemble. Esta dispersión puede ser calculada para cualquier variable deseada, y generalmente son graficados en el mismo gráfico de la predicción media del conjunto.

La predicción de probabilidades es uno de los productos de gran aplicabilidad y que puede ser generada a partir de la predicción de tiempo por ensembles. Si se considera un valor límite de lluvia preestablecido, por ejemplo una precipitación acumulada mayor de 1 mm en 24 horas (lo que representa prácticamente la posibilidad o no de tener lluvia), puede estimarse especialmente cuáles son las regiones donde es más probable la ocurrencia de lluvia en las últimas 24 horas de predicción del modelo. Para regiones que muestran probabilidades mayores a 65 %, para un valor límite de 1 mm, las condiciones atmosféricas indican posibilidad de ocurrencia de precipitación, aunque no se pueda afirmar nada sobre la intensidad, apenas que debe haber precipitación. Por otro lado, regiones que presentan probabilidades menores a 35 %, para el valor límite de 1 mm, las condiciones atmosféricas indican que existen pocas chances de ocurrencia de algún tipo de precipitación. Para tratar de determinar cuál es la categoría de precipitación prevista para una determinada región, la cantidad de precipitación puede ser clasificada en categorías conforme a la información en la Tabla 2, y entonces calcular las probabilidades para los demás valores límite graficando todas las curvas en una misma figura.

El sistema actual de predicción por ensembles del CPTEC es utilizado con el modelo global con una resolución horizontal de aproximadamente 100x100 Km, y así es prudente considerar que las probabilidades previstas tienen como origen la precipitación resultante de los patrones sinópticos de la atmósfera, por eso no se descarta la posibilidad de la influencia de fenómenos localizados, que pueden determinar la condición de tiempo local.

## SISTEMAS Y EXPERIENCIAS OPERACIONALES DE DETECCIÓN DE EXTREMOS DE LLUVIA Y PREDICCIÓN DE EHE EN PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA

En la parte Brasileña de la cuenca de la CP aun no existe ningún programa sistemático de observación y control de inundaciones. En algunos trechos del río Paraná se observa que las alertas de inundaciones son hechas basadas en la información de niveles de ríos o en la predicción meteorológica de corto plazo, como son los casos del tramo inferior del río Paraná, en el Pantanal y en los ríos Paraguay e Iguazú. Los alertas son emitidos por los municipios, basados en informaciones de los centros meteorológicos de los estados que comprenden la cuenca, que juntamente con las agencias federales de meteorología (CPTEC, INMET) informa a la Defensa Civil, quien toma las acciones de alertas, evacuaciones, etc.

### Experiencias en alerta hidrológica en Brasil: SAISP y CGE en el estado de São Paulo y el SIMEPAR en el estado de Paraná

En el estado de São Paulo, existe un sistema de alertas de inundaciones con base en radar meteorológico. Este sistema es el Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP), que trabaja juntamente con el Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE) para alertas en la ciudad de Sao Paulo. SAISP es operado por la FCTH-Fundación Centro Tecnológico de Hidráulica, y genera boletines sobre lluvias y sus consecuencias en la ciudad de São Paulo cada 5 minutos. El monitoreo hidrológico de la SAISP es hecho por la red telemétrica del Departamento de Águas y Energia Eléctrica del estado de São Paulo (DAEE) y por un radar meteorológico del FCTH en Salesópolis, en São Paulo. Los principales productos de SAISP son mapas de lluvia observada por el radar de Ponte Nova, lecturas de los puestos de la red telemétrica del Alto Tieté, Cubatão, Registro e Piracicaba, así como mapas con predicciones de inundaciones en la ciudad de São Paulo. Mayor información sobre SAISP puede ser encontrada en el web site [www.saisp.br](http://www.saisp.br).

El Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE, [www.cgesp.org.br](http://www.cgesp.org.br)) del estado de São Paulo tiene como objetivo minimizar los efectos dañinos de lluvias, especialmente durante el período en que estas se presentan mas intensas (noviembre a abril), a través del monitoreo de las condiciones atmosféricas. El CGE utiliza toda la infra-estructura de comunicación ya instalada, lo que permite una

visualización de los principales sistemas viarios con operadores que transmiten información por radio en varios puntos de la ciudad de São Paulo. Durante el período de lluvias intensas, el CGE actúa con un plantel permanente durante las 24 horas del día, y tiene condiciones de informar, con precisión y antecedencia, las condiciones meteorológicas en todos los puntos de la ciudad de São Paulo, que pueden causar problemas de anegación e inundaciones. Las imágenes de radar, actualizada cada 5 minutos, ayudan al equipo de la CGE en el monitoreo de lluvias, e indicando el potencial pluviométrico de sistemas meteorológicos. Es posible acompañar las descargas en los canales que alimentan la cuenca media del río Tieté, y así verificar el nivel de los mismos. Otras fuentes de información pueden ser utilizadas para el desarrollo de las tareas operacionales del CGE. Así, el centro puede declarar alertas y emergencias en los diferentes puntos de la ciudad.

El Instituto Tecnológico SIMEPAR, anteriormente llamado de Sistema Meteorológico del Paraná, es una entidad del sector privado y de interés público, que tiene como finalidad consolidar una infraestructura física y humana para proporcionar informaciones (datos y predicciones) meteorológicas, hidrológicas y ambientales. Los productos que ofrecen son del tipo meteorológico y climatológico (estudios climatológicos, diagnósticos y asociaciones entre El Niño, lluvias y descargas de ríos, así como impactos de cambio climático en el ciclo hidrológico. Otro tipo de información es de tipo hidrometeorológica, como predicciones para operación hidroenergética. Con la integración de la información de radar, rayos y satélites y las predicciones de los modelos, el SIMEPAR también hace predicciones de eventos extremos o severos, con énfasis en los impactos en el sector eléctrico. Mayor información puede ser encontrada en el web site ([www.simepar.br](http://www.simepar.br)).

### Experiencias en alerta hidrológica en Argentina: El Centro de Alerta Hidrológica del Instituto Nacional del Agua (INA)

Las inundaciones son un problema mayor en la CP. La pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños a la infraestructura y a la economía son desastres recurrentes debido a la severidad, periodicidad y permanencia en el tiempo de estos eventos, particularmente en las sub-cuencas de los ríos Paraná, Uruguay y en la cuenca baja del Río Paraguay. El Centro de Alerta Hidrológica de Argentina informa que la duración promedio de las inundaciones ocurridas

entre 1987 y 1998 ha sido entre los 7 y los 40 días. Sólo en Argentina los daños directos e intangibles de estas inundaciones se estimaron en 2,640 millones de dólares y 235,000 personas evacuadas. Las inundaciones del período 1991-92 significaron para este país una pérdida de 513 millones de dólares, más de 3 millones de hectáreas inundadas y 122,000 personas evacuadas. Las inundaciones también causan graves daños en las ciudades costeras y a las actividades económicas en la cuenca del río Uruguay. Durante el evento de El Niño de 1982-83 en el Uruguay medio fueron afectadas más de 40,000 personas, en más de 70 ciudades; las pérdidas estimadas por este evento en toda la Cuenca del Plata se ha estimado en más de un billón de dólares. Mayor información sobre el Centro de Alerta Hidrológica puede ser encontrada en el web site [www.ina.gov.ar/alerta/mensaje.htm](http://www.ina.gov.ar/alerta/mensaje.htm).

Este Sistema de Alerta ha tenido sustanciales progresos en información y pronósticos, mejorando sus respuestas en las distintas inundaciones que sufrió la cuenca desde entonces (crecidas de 1987, 1989, 1992, 1995 y 1997/1998) y también en las bajantes pronunciadas (1985, 1988 y 1999/2000) que tiene singular interés para programar la actividad portuaria con relación a la navegación fluvial. Por ese motivo, en la actualidad el Sistema también efectúa pronósticos de estiaje. Los resultados prácticos de esta experiencia, que ya supera los quince años, demuestran que valió la pena el esfuerzo de desarrollar el proyecto. A modo de ejemplo, es interesante observar que durante la crecida producida en el comienzo del año 1998 se emitieron los avisos de alerta que daban cuenta de la llegada de una onda importante con antelación de cuarenta días y se brindaron pronósticos precisos de alturas de agua con una anticipación de siete días para la ciudad de Corrientes, doce días en Goya, veinte días en La Paz y 25 días en Santa Fe (Marengo et al. 2005).

### EXPERIENCIAS DE OTROS PAÍSES EN LA PREDICCIÓN DE INUNDACIONES Y EHE: REINO UNIDO

La Agencia Ambiental (Environmental Agency, EA) del Reino Unido produce predicciones de inundaciones en todas las cuencas en las regiones de Inglaterra y Gales. La EA ha sido la principal autoridad con énfasis en un sistema de alertas de inundaciones centralizado desde que la agencia tomó esta responsabilidad de la Autoridad Nacional de Ríos en 1995. En 1996, el Primer Ministro dirigió

la agencia para “*analizar procedimientos de alertas a inundaciones, y en consulta con autoridades locales y los servicios de emergencia para mantener planos por escrito de los procedimientos de alertas*” (Haggett, 1998). La agencia tiene cerca de 8000 personas trabajando con presupuesto anual de £560 millones y ofrece predicciones de inundaciones en una grande variedad de cuencas, variando entre pequeñas cuencas urbanas de 50 km<sup>2</sup> a grandes cuencas como la del Río Támesis con más de 50 000 km<sup>2</sup> (Haggett, 1998). La EA ha estado mejorando las predicciones de ríos y los alertas continuamente desde 1996. Sin embargo, estas iniciativas recibieron nuevos ímpetus como consecuencia de las inundaciones de Pascua 1998. Inundaciones severas que ocurrieron en este año mostraron deficiencias en la habilidad de la EA para proveer predicciones mas acertadas y emitir alertas a tiempo. Mejoras en estas áreas han recibido prioridad, y la performance de la EA durante las inundaciones de otoño de 2002 fue evaluada como muy efectiva y acertada.

La organización actual de la EA (desde 2000) consiste de 8 Oficinas Regionales que colectan y procesan datos de predicciones y los transforman en productos de predicción: Región Noreste (Yorkshire), región Midlands, región de Anglia, región del Támesis, región del Sudoeste, Región de Gales y la región Noroeste (DEFRA, 2002). Las predicciones generadas en cada región son diseminadas a las 26 Oficinas Regionales las que son responsables por crear e implementar sistemas de alerta en sus regiones. La EA mantiene más de 1000 puestos telemétricos hidrológicos y más de 6000 puestos telémétricos de lluvia, que colectan datos cada 15 minutos, que proveen a la EA con datos. La EA también tiene una fuerte asociación con el Servicio Meteorológico Inglés (UK Met Office) para recibir datos de predicciones, incluyendo precipitación y temperatura, así como onda y viento. La EA también recibe una variedad de productos de radar de las redes del Reino Unido y de Europa.

Actualmente, cada región en el Reino Unido usa un modelo hidrológico que según los hidrólogos regionales y usuarios puede satisfacer sus necesidades. Estos modelos varían desde modelos empíricos simples (como son los API) hasta modelos tipo “blackbox” o modelos conceptuales de lluvia-descarga, como es el Modelo Conceptual del Río Támesis (DEFRA, 2002). Cada región usa su propia selección de esquemas de “routing models” o modelos de propagación que simulan la red hidrográfica en una cuenca.

En los últimos años, las varias regiones han iniciado una aproximación para alcanzar una consistencia nacional, y estudios están siendo desarrollados para evaluar y analizar los sistemas operacionales actuales en las 8 regiones con la esperanza de sintetizar los varios sistemas de predicción. Es reconocido dentro de la EA que existe un claro potencial para desarrollar más y mejores modelos de predicción de ríos. En un informe posterior a las inundaciones de Otoño de 2000 (DEFRA, 2002), la EA concluyó que en regiones donde modelos de predicción de descargas en tiempo real existían, ellos fueron usados como información cualitativa de apoyo a las decisiones de emitir alertas de inducciones, y no necesariamente como predicciones cuantitativas. Esto fue atribuido a la falta de confianza en las simulaciones del modelo, lo que también fue basado en una falta de confianza en la información de predicción de tiempo y la recalibración y actualización de los modelos (frecuentemente, debido a falta de recursos).

Varias regiones en la EA usan actualmente modelos conceptuales de lluvia-descarga. Un modelo conceptual, el Institute of Hydrology Conceptual Model (IHCM), en uso en la región Yorkshire está siendo expandido para uso en la región del Támesis. El modelo Thames Conceptual Model (TCM) se basa en el modelo de 2-capas de Penman. El modelo contiene una capa próxima a la superficie igual a la profundidad de las raíces de la vegetación. Esta capa de suelo dreña (solamente cuando esta saturado) hacia un nivel más profundo de suelo de profundidad indefinida. Evaporación ocurre en la capa más superficial al ritmo de evaporación potencial Penman  $e(E)$ , y con un ritmo menor ( $Ea$ ) en la capa más profunda del suelo cuando hay humedad almacenada en este nivel (Moore, 1999). Esta zona tiene una renovación por medio d precipitación, y después de un porcentaje inicial (generalmente del 15%) comienza la percolación a los niveles más bajos no saturados.

Predicciones de lluvia y datos de radar del UK Met Office son usados como variables de entrada en modelos de lluvia-descarga en Yorkshire. Predicciones de descargas de ríos generados por estos modelos están conectadas a modelos hidrodinámicos en tiempo real. RFFS fue desarrollado con un sistema de telemetría más antiguo que usa transferencia de información del sistema de telemetría como base para corregir o actualizar predicciones. Predicciones hidrológicas actualmente corren automáticamente cada dos horas, lo que no permite ajustes de los hidrólogos. Modelos

TABLA 1  
Ordenamiento de los caudales pico en tres sitios en la cuenca del Plata (Fuente: Marengo et al. 2004)

Río Paraná en Posadas 1901-1993			Río Paraguay en Puerto Bermejo 1910 - 1993			Río Paraná en Corrientes 1904 - 1993		
Año(1)	Mes	m <sup>3</sup> /s	Año(1)	Mes	m <sup>3</sup> /s	Año(1)	Mes	m <sup>3</sup> /s
1904/5	Ma	53.200	1982/3	Jun	10.600	1982/3	Jul	60.200
1982/3	Jul	50.900	1991/2	Jun	9.200	1991/2	Jun	54.000
1991/2	Jun	48.800	1987/8	Ago	8.600	1904/5	Jun	50.000
1989/90	Ene	42.800	1965/6	Mar	8.400	1989/90	Feb	43.800
1986/7	May	38.800	1992/3	Nov	8.400	1965/6	Mar	43.800
1935/6	Jun	38.800	1981/2	Ago	8.200	1928/9	Mar	39.100
1965/6	Feb	37.900	1988/9	Set	8.100	1911/12	Ene	39.000
1922/3	Jun	37.700	1939/40	Jun	8.000	1986/7	May	38.000
1928/9	Mar	36.000	1911/12	Ene	8.000	1981/2	Jul	38.000
1983/4	Set	32.700	1978/79	Jun	8.000	1922/3	Jun	38.100

TABLA 2  
Clasificación de las precipitaciones acumuladas en 24 horas en categorías y sus respectivos valores límite (Fuente: CPTEC/INPE)

Categorías	Valor límite (mm)
Lluvia o no lluvia	>1.0
Débil	>5.0
Moderada	>10.0
Fuerte	>20.0

como el Thames Catchment (TCM) y Probability Distributed Model (PDM) incluyen datos de radar y telemetría para permitir predicciones en varios puntos de la cuenca. En la región del Río Támesis, el sistema permite predicciones en 28 puntos en de la cuenca. Esto va a ser aumentado a 50 puntos en los próximos años (DEFRA, 2002). El en Támesis, las predicciones de tiempo del UK-Met Office de hasta 5 días son recibidos en el Centro de Predicción de Tiempo de Londres antes de las 09:00 horas diariamente, con actualizaciones a las 16:00 horas. Alertas de lluvias intensas también son recibidas. En la actualidad, todas las regiones reciben información de radar separadamente del UK-Met Office.

## SUGERENCIAS

Algo que nosotros creemos es altamente relevante a cualquier actividad futura de gerenciamiento en la CP sería la implementación de un sistema integrado de predicciones hidrológicas. Un sistema centralizado de predicciones hidrometeorológicas integrados funciona muy bien en Estados Unidos y Europa, y tal vez sea una solución factible para la cuenca. Este sistema debe involucrar instituciones y especialistas (científicos y operacionales) de todos los países de la cuenca que pueden trabajar en un solo centro, o en forma distribuida con oficinas regionales en cada país, similar a los Estados

Unidos. Esto también establece una necesidad de integración entre los servicios meteorológicos y las agencias responsables por predicciones hidrológicas y las que emiten alertas de los países de CP. Informaciones muestran que operadores de embalses para generación de hidroenergía usan predicciones hidrológicas ya sean sus propios modelos hidrológicos u otros generados por empresas privadas de consultoría. Estos modelos corren forzados por informaciones de redes meteorológicas, algunas de ellas operadas por telemetría, de los diversos servicios meteorológicos y centros de la región, y con las predicciones de tiempo emitidas por los servicios meteorológicos de Argentina y Uruguay, así como del CPTEC en Brasil y el NCEP en USA,

obtenidos por la internet o por medio de contactos directos con estos centros.

Debilidades de este sistema es que los usuarios usan un solo modelo hidrológico diseñado para sus necesidades, y que no permite una aplicación para otros operadores ni una comparación entre modelos o predicciones. Otras debilidades incluye la no existencia un intercambio de información (especialmente lluvia) entre los países de la cuenca, necesaria para correr modelos hidrológicos; la falta de monitoreo de los tributarios de los grandes ríos pues esto complica la predicción de ondas de crecidas que pueden afectar ciudades, como fue en el caso de la inundación de Santa Fé de 2003.

## Referências

- ACEITUNO, Patricio. 1988. On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate. *Mon. Wea. Rev.*, v.116, n.3, p.505-524.
- ALEXANDER, L., et al. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, v.111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290, 2006
- BARROS, V., et al. 2004. The major discharge events in the Paraguay River. *Journal of Hydrometeorology*, v.5, n.6, p.1161-1170.
- BARROS, V., 2004. **Segundo informe del Proyecto de la Agenda Ambiental de Argentina, componente Cambio Climático**. Buenos Aires : Fundación Torcuato Di Tella, 22 p.
- BERBERY, E. H. ; NÚÑEZ, M. N. 1989. An observational and numerical study of blocking episodes near South America. *J. Climate*, v.2, n.11, p.1352-1361.
- CAMILLONI, I.A. ; BARROS, V.R. 2003. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing, *Journal of Hydrology*, v.278, p.94-106.
- CAMILLONI, I. 2005. Extreme flood events in the Uruguay River of South America. *VAMOS Newsletter*, n.2, p.23-25. Disponível em: < <http://www.clivar.org.organization/vamos>>
- CARVALHO, L.; JONES, C.; LIEBMANN, B., 2004. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall. *J. Climate*, v.17, n.1, p.88-108.
- CAZES, G.; ROBERTSON, A.; MECHOSO, C. R. 2003. Seasonal Dependence of ENSO Teleconnections over South America and Relationships with Precipitation in Uruguay. *J. Climate*, v.16, n.8 p.1159-1176.
- ESPIRITU SANTO, C.; SATYAMURTY, P. 2002. Eventos extremos de precipitação na região Sudeste do Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro : SBM, 2000. 1 CD-ROM.
- FERRAZ, S. E. T. ; GRIMM, A. M., 2001. Relação entre variabilidade intrasazonal no Sudeste do Brasil e deslizamentos de terra no Estado de São Paulo. DIALOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DAS AGUAS, 4., 2001, Foz do Iguaçu, PR. *Proceedings...* Curitiba: , 1 CD-ROM.
- GARCIA, N., ; VARGAS, W. 1998. The temporal climatic variability in the Río de la Plata basin displayed by the river discharges. *Climate Change*, v.38, p.359-379.
- GRIMM, A. M.; BARROS, V. R ; DOYLE, M. R., 2000. Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. *J. Climate*, v.13, p.35-58.
- GRIMM, A. M. ; I. PSCHIEDT, I., 2001. Padrões atmosféricos associados a eventos severos de chuva na primavera durante El Niño, La Niña e anos neutros. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 8., CONGRESSO DA FEDERAÇÃO LATINO-AMERICANA E IBÉRICA DE SOCIEDADES DE METEOROLOGIA, 9., 2001, *Anais...*, Argentina : Centro Argentino de Meteorólogos e Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia. 1 CD-ROM
- HAGGET, C. 1998. An integrated approach to flood forecasting and warning in England and Wales. *J. CIWEM*, v.12, p.425-432.
- HAYLOCK, M. R. et al. 2006. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, v.19, p.1490-1512.

- JAIME, P. ; MENENDEZ, A.N. 2002. **Análisis del Régimen Hidrológico de los Ríos Paraná y Uruguay, Informe INA -LHA 05-216-02**, Comitente: Proyecto Freplata.
- LIEBMANN, B. et al. 2004. Subseasonal Variations of Rainfall in South America in the Vicinity of the Low-Level Jet East of the Andes and Comparison to Those in the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate*, v.17, p.3829-3842.
- MADDOX, R. A. 1980. Mesoscale convective complexes. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, v.61, p.1374- 1387.
- MARENGO, J. et al. 2004. Climatology of the LLJ east of the Andes as derived from the NCEP reanalyses. *Journal of Climate*, v.17, p.2261-2280.
- MARENGO, J. Et al. 2004. **Caracterización y Evaluación de Métodos de Predicción de Eventos Extremos de Clima y de la Hidrología en la Cuenca del Plata. Predicción Hidroclimática. Componente 2a: Definición del Sistema de Predicción Hidroclimática, Subcomponente 2a4, Tema 3: Eventos Hidrometeorológicos Extremos. FMAM /PNUMA OEA /FONPLATA/OMM. Informe Final, Noviembre de 2004, 120 p.**
- MARENGO, J. A. 2006. **Identificação e descrição dos fenômenos meteorológicos que modulam a atividade convectiva e a variabilidade térmica da região.** Relatório Parcial 1. *Projeto Estudos sobre Determinação das Variáveis Explicativas e correlações entre fenômenos climáticos e Precipitação/Temperatura. SÃO PAULO: CPFL-CPTEC-FBDS.* , 43 p.
- MARTON, E. 2000. **Oscilações Intrasazonais Associadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul no Sudeste Brasileiro.** Tese. (Doutorado), USP. Instituto Astronômico e Geofísico, São Paulo SP.
- MILLY, P. C. D.; DUNNE, K. A.; VECCHIA, A. V. 2005. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing. *Climate Nature*, v.438, doi:10.1038/nature04312.
- MOORE, R. J. 1999. Real-time flood forecasting systems: Perspectives and prospects. In: Casale, R. and Margottini, C. (eds.) *Floods and landslides: Integrated risk assessment*. G, Berlin, p.147-189.
- PISCIOTTANO, G. et al. 1994. El Niño-Southern Oscillation impact on rainfall in Uruguay. *J. Climate*, v.7, n.8, p.1286-1302.
- ROPELEWSKI, C. ; HALPERT, M., 1987. Global and regional scale precipitation patterns and associated the El nino with the Southern Oscillation. *Mon Wea Rev*, v.115,n.8 p.1606-1626
- ROPELEWSKI, C.; HALPERT, M., 1989. Precipitation patterns associated with the High index phase of the Southern Oscillation. *J. Climate*, v.2, n.3, p.268-284.
- SEVERO, D. L. 1994. **Estudo de casos de chuvas intensas no estado de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em meteorologia), INPE, São Jose dos Campos, SP. 121p.
- TEBALDI, C. et al. 2006. Going to the extremes An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Climatic Change*. v.79, n. 3, p.185-211.
- TEIXEIRA, S. 2004. **Atividade de ondas sinópticas relacionada a episódios de chuvas intensas na região Sul do Brasil.** Dissertação ( Mestrado em Meteorologia). INPE, São Jose dos Campos. 94 p
- TILFORD, K.A, et al. , 2002. **Flood Forecasting – Real Time Modelling.** R&D Technical , Department for Environment, Food & Rural Affairs, Environment Agency. Report W5C -013/5/TR.
- VELAZCO, I. ; FRISTCH, J., 1987, Mesoscale convective complex in the Americas. *J. Geophys. Res.*, v.92, p.9591-9613.
- XAVIER, T.M.B.S., Silva Dias, M. A. F., XAVIER, A. F. S. 1992, **Tendências da Pluviometria na Grande São Paulo e influencia dos processos de urbanização e industrialização.** CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7., 1992, Campos do Jordão . *Anais...* São Paulo : SBM, p.220-224,
- XAVIER, T.M.B.S.; XAVIER, A. F. S.; Silva Dias, M. A. F. 1994. Evolução da precipitação diária num Ambiente Urbano: O caso da cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.9, p.44-53.

**José A. Marengo** CPTEC/INPE, Rodovia Presidente Dutra, km. 40, 12630-000. Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil

**Angel Menéndez** Instituto Nacional del Agua (INA) Osaka 1232, C1405DAB. Buenos Aires, Argentina

**Alexandre Guetter** Universidade Federal do Paraná Departamento de Hidráulica e Saneamento Curitiba, PR, Brasil

**Terri Hogue** University of California, Los Angeles Civil and Environmental Engineering Dept. Los Angeles, California, USA

**Carlos R. Mechoso** University of California, Los Angeles. Department of Atmospheric Sciences. Los Angeles, California, USA





# El cambio climático y la gestión de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata

Vicente Barros

**RESUMEN:** El objetivo de este artículo es presentar de forma ordenada los aspectos de la variabilidad y el cambio climático que influyen en los recursos hídricos superficiales, en especial los caudales de los más grandes ríos de la cuenca. Para ello se han recopilado resultados dispersos en la literatura científica y en algunos informes técnicos que por otra parte han sido utilizados para la elaboración del *Programa Marco para la Gestión Sostenible de los recursos hídricos de la cuenca del Plata, en relación con los efectos hidrológicos de la variabilidad y el cambio climático*.

Las tendencias de los caudales de los principales ríos, así como las de la precipitación sobre la cuenca en las últimas décadas fueron en general positivas e importantes. Se muestra el fenómeno de la importante amplificación de la variabilidad y tendencias de los caudales respecto de los volúmenes de precipitación y se discute su causa principal así como su relación con el cambio de uso de suelo, concluyendo que es necesaria una profundización del conocimiento de estos aspectos: También, se presentan evidencias de un cambio hacia una mayor frecuencia de las grandes crecidas del río Paraguay y en los cursos inferiores del Paraná y Uruguay. Igualmente, han aumentado las precipitaciones intensas y sus consecuencias con el aumento de las inundaciones de carácter local. Surge por lo tanto la necesidad de adaptar la actual infraestructura y los sistemas de alerta temprana a estas nuevas condiciones, en particular mejorando el conocimiento sobre los sistemas sinópticos responsables de las precipitaciones intensas.

Finalmente, se discuten las proyecciones climáticas y sus implicancias hidrológicas para este siglo. Se identificó una potencial amenaza sobre las actividades basadas en los recursos hídricos de la cuenca, por la reducción de los caudales debido a la mayor evaporación resultante del aumento de la temperatura

**PALABRAS-CLAVE:** cambio climático, gestión de los recursos hídricos, La Plata.

**ABSTRACT:** The objective of this article is to present a review of the variability and climatic change features that influence the surface water resources, especially the discharges of the largest rivers of the basin. In doing that, results dispersed in the scientific literature and in some technical reports were connected and organized. These results have also provided input for the elaboration of the *Framework Program for the sustainable management of the water resources of the Plata basin, in relation to the hydrologic effects of the variability and climate change*.

The trends of the main river discharges, as well as those of precipitation over the basin during the last decades were, in general, positive and significant. There are a large amplification of the variability and trends of the river discharges with respect to the precipitation volumes. The causes of this behaviour as well as its relation with the land use change is discussed, concluding that is necessary to increase the knowledge of these aspects: Evidences of a change toward a greater frequency of extreme discharges of the river Paraguay and in the lower courses of the Paraná and Uruguay are presented. Likewise, there is an important increase in the frequency of intense rainfalls and of its impacts, like local floods. As a result, there is a need to adapt the existing infrastructure and the early warning systems to these new conditions, particularly improving the knowledge of the synoptic systems responsible for the intense rainfalls.

Finally, the climate projections for this century and their hydrologic implications were discussed. It was identified a potential threat on activities depending on water resources due to a possible reduction of river discharges as a result of increased temperature and consequently of more evaporation.

**KEYWORDS:** climate change, water resources management, La Plata.

## INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Plata con casi 3 millones km<sup>2</sup> es la segunda en tamaño en Sudamérica luego de la del Amazonas y la quinta en el mundo. Incluye parte del Sur de Brasil, Este de Bolivia, todo Paraguay, el Oeste de Uruguay y el Noreste de Argentina. Los ríos más importantes son el Paraná, el Uruguay y el Paraguay que corre hacia el sur, uniéndose con el Paraná aguas arriba de la ciudad argentina de Corrientes, Figura 1.

La Cuenca del Plata es la región más desarrollada de Sudamérica, produce la mayor parte del alimento y las exportaciones agrícolas de los países que la integran, la mayor parte del producto regional bruto y de la generación de su energía eléctrica, casi toda hidráulica. Esto es posible por la abundancia de sus recursos hídricos que le brindan sustentabilidad al desarrollo de esta región que incluye cinco países con más de 200 Millones de habitantes.

La mayor parte del caudal del Río de la Plata (alrededor de 26.000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>) se origina en la mitad norte de la cuenca, sobre Brasil y Paraguay donde el escurrimiento medio anual es apenas el 30 % del volumen de la precipitación media anual (Berbery y Barros, 2002). Así, los cambios porcentuales en los caudales magnifican los respectivos cambios, ya sea de la precipitación o de la evaporación (Berbery y Barros, 2002; Tucci, 2003). Como todos los escenarios del clima proyectan varios grados de calentamiento

sobre esta región durante el transcurso de este siglo, el consiguiente aumento de la evaporación puede llevar también a reducciones porcentuales considerables en los caudales. De esta forma, las características climáticas e hidrológicas de la cuenca de Plata, que han mostrado fuertes tendencias en su precipitación y mayores cambios porcentuales en los caudales, junto con los escenarios del clima que anticipan aumentos de temperatura y de la evaporación para el resto del siglo crean preocupación sobre la evolución de los recursos hídricos durante las próximas décadas. Por ello, la gestión integrada de los recursos hídricos no puede prescindir del análisis de cómo el cambio climático global afectará estos recursos en el futuro.

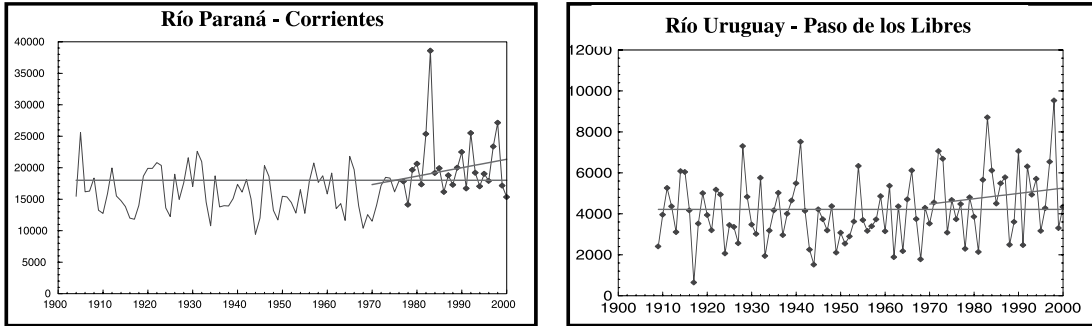
El objetivo de este artículo es revisar las principales implicancias de la variabilidad y el cambio climático en los recursos hídricos superficiales de la cuenca del Plata para identificar las principales acciones que en materia de gestión e investigación se deberían propiciar a nivel regional. La metodología es presentar de modo ordenado y coherente los resultados de la literatura científica y de informes técnicos existentes.

## LAS TENDENCIAS HIDROLÓGICAS OBSERVADAS

En los últimos 40 años, los cambios en la precipitación y en los caudales de la Cuenca del Plata fueron muy importantes (García y Vargas, 1998). La figura 2 ilustra la magnitud de este cambio en el caudal de los ríos más importantes de la Cuenca del Plata.



FIGURA 1. Las principales subcuencas de la Cuenca del Plata.



**FIGURA 2.** Caudal medio anual de los ríos Paraná, y Uruguay en  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ . La línea roja marca el promedio de largo plazo mientras que la verde representa el ajuste por regresión lineal desde 1970.

Cuando se compara el aumento de la precipitación en la zona donde se forma la mayor parte del caudal del sistema del Plata, es decir en las cuencas aguas arriba de Corrientes en el río Paraná y Paso de los Libres en el río Uruguay, y los aumentos en los caudales medios se aprecia un factor de amplificación en estos últimos de cerca de 2. Entre 1950/1969 y 1980/1999 la precipitación media integrada sobre esa parte de la cuenca aumentó de 72.000 a 83.500  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , es decir un 16 %; los respectivos caudales pasaron de 19.300 a 26.000  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , esto es se incrementaron un 35%.

Hasta ahora, la generación de hidroeléctrica de energía fue muy favorecida por estas tendencias y las centrales sobre los ríos Paraná y Uruguay y sus afluentes han producido notablemente más energía que la que se esperaba al momento de su diseño y construcción.

### EL CAMBIO DE USO DE SUELO

Durante la segunda mitad del siglo pasado, al mismo tiempo que se producían importantes cambios en la precipitación media, se registró un enorme cambio en el uso del suelo, precisamente en la zona donde se generan la mayor parte de los caudales de la Cuenca del Plata (Tucci y Clarke, 1998). La figura 3 muestra la diferencia de coloración de una imagen satelital entre la provincia argentina de Misiones, donde se ha conservado gran parte del bosque (tono más oscuro) y el entorno donde este fue reemplazado por cultivos predominantemente de soja.

Lo masivo del cambio debió influir sin dudas en la escorrentía y por lo tanto puede haber contribuido al aumento de los caudales de los ríos. En que medida este aumento se ha debido al cambio del uso del suelo y cuanto al incremento de la precipitación es un tema que requiere aún investigación y es una de las razones por la que el Proyecto Marco de Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, tiene como uno de sus ejes el estudio detallado de la dinámica del uso y cambio de uso del suelo ([www.cicplata.org/marco](http://www.cicplata.org/marco)).

Existen indicios importantes que si bien el cambio de uso de suelo pudo haber tenido cierto impacto, la mayor parte de la amplificación del cambio en los caudales con respecto a la precipitación se originó en las características climáticas e hidrológicas de la cuenca. Por ejemplo, entre dos años sucesivos, 1998 y 1999 en los que los cambios de uso de suelo se pueden considerar mínimos, la precipitación media integrada sobre la mitad norte de la cuenca fue 107.000 y 81.600  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , es decir hubo una diferencia porcentual de 31 % con respecto a la menor precipitación; los respectivos caudales fueron 36.600 a 20.400  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , esto es tuvieron una correspondiente diferencia porcentual del 79 %. Básicamente, esta amplificación se debe a que por las altas temperaturas (propias de una región subtropical) y el lento escurrimiento de las aguas en una cuenca con relativamente bajo declive, la mayor parte del volumen de la precipitación se evapora y sólo una menor fracción del total se escurre hacia los ríos, alimentando sus caudales. En esta parte de la Cuenca del Plata, la evaporación

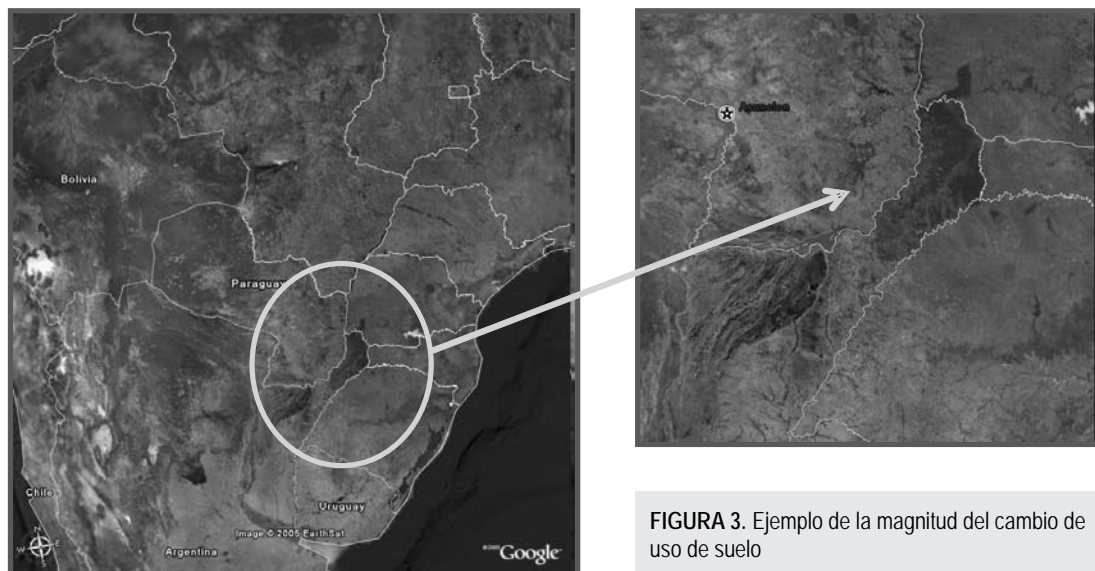


FIGURA 3. Ejemplo de la magnitud del cambio de uso de suelo

anual media más la infiltración varían entre un 66 y 75 % y los caudales anuales medios medidos varían entre un 34 y 25 % del volumen de la precipitación, dependiendo si el año es húmedo o seco, con un promedio de cerca de 70 % y 30 % respectivamente (Berbery y Barros, 2002). Esta es una característica intrínseca 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 porcentuales en los caudales, lo que hace que las actividades dependientes del agua tengan una potencial alta vulnerabilidad al cambio climático.

#### LAS TENDENCIAS OBSERVADAS EN LAS PRECIPITACIONES MEDIAS

Durante los últimos 40 años, los aumentos en la precipitación fueron muy importantes (Barros et al, 2000). Aunque aún no se sabe 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 el mismo u opuesto sentido al recientemente observado. La figura 4 muestra la evolución de la precipitación media anual para una localidad ubicada cerca del centro geográfico de la Cuenca del Plata y que por su tendencia positiva puede considerarse representativa de muchas otras localidades. En la

figura 5 se aprecia que estas tendencias positivas se han observado sobre prácticamente toda la Cuenca del Plata

Este aumento generalizado, que en algunas regiones llegó al 40 %, tuvo considerables impactos, además del aumento de los caudales de los ríos. En las áreas más bajas de las llanuras han contribuido a la inundación prolongada y hasta permanente de ciertas zonas. Sin embargo, en la mayor parte de la cuenca, en general han contribuido a una mayor productividad agrícola. Ello se ha sentido mucho más en la frontera agropecuaria en el oeste de Argentina donde el corrimiento de las isoyetas ha permitido la expansión de la agricultura y la mejora de la producción ganadera, Figura 6.

La adaptación autónoma apareció rápidamente en el sector agrícola de Argentina y fue bastante efectiva en términos de beneficios económicos inmediatos. La superficie agrícola en la Argentina se incrementó en las dos últimas décadas en un 40 %; la mitad de esta expansión tuvo lugar hacia el oeste de lo que era conocido como la Pampa Húmeda. La expansión de la agricultura fue inducida por los precios internacionales y nuevos paquetes tecnológicos que incluyeron la siembra directa; no obstante, su extensión geográfica a regiones anteriormente semiáridas sólo fue posible por las tendencias positivas en la precipitación que se registraron entre la segunda parte

FIGURA 4. Precipitación media anual en Monte Caseros (mm).

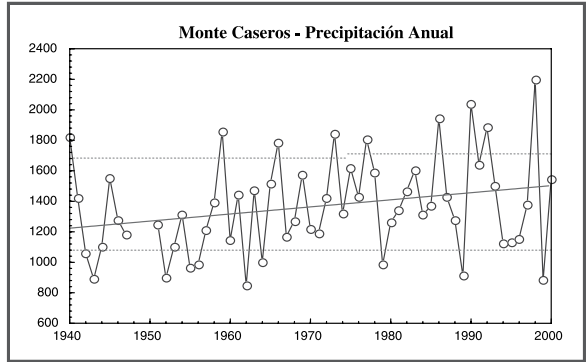


FIGURA 5. Tendencia lineal durante 1960/2000 en mm/ año.

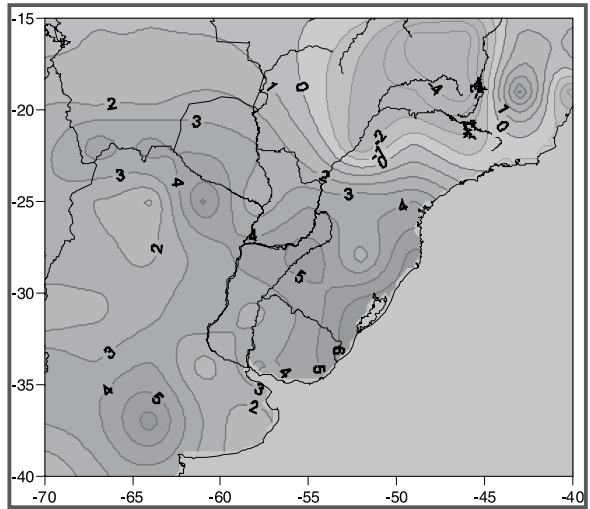
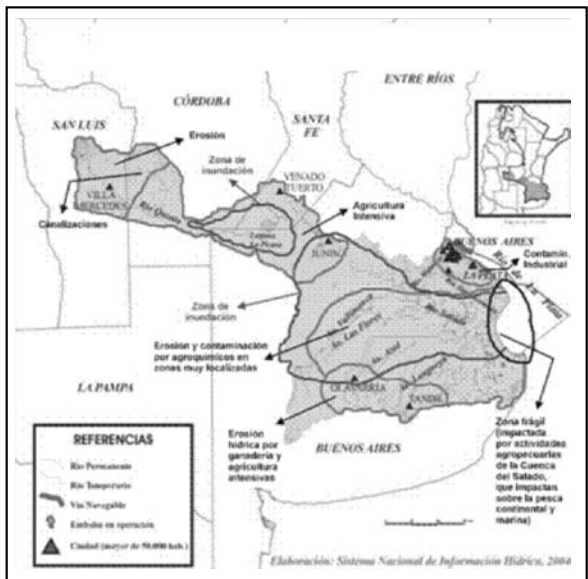


FIGURA 6. Isoyetas en mm. Negro 1950/1969. Rojo 1980/1999.



de la década de 1970 y la década de 1990. Además de la extensión geográfica de la agricultura, en las zonas tradicionalmente agrícolas hubo mejoras en sus rendimientos, una parte de los cuales pueden ser atribuidos a las tendencias de la precipitación (Magrin et al., 2006).

Esta adaptación fue autónoma y no planificada por el gobierno o por cualquier otra organización. Resultó de muchas decisiones individuales que se tomaron aún antes que los círculos técnicos se dieran cuenta que las nuevas condiciones del clima permitían cosechas exitosas en tierras que se consideraban antes sin aptitud agrícola. Por supuesto, esta adaptación tuvo cierto atraso en el tiempo y siguió las tendencias del clima con una demora de una década o más, después que los productores rurales se dieron cuenta de que las nuevas condiciones del clima eran persistentes. Esta adaptación autónoma en una región que en general conserva o ha visto aumentada la variabilidad interanual de la precipitación requiere del apoyo tecnológico, como por ejemplo de un buen sistema de predicción climática.

#### LAS TENDENCIAS OBSERVADAS EN LAS PRECIPITACIONES EXTREMAS

Desde la década de 1970, en el este de la Argentina, Uruguay y sur de Brasil también se registra una tendencia hacia precipitaciones extremas más frecuentes. Esta tendencia se agudizó en la década de 1990. Este fenómeno ha sido observado en otras regiones del mundo y se espera su intensificación durante el presente siglo (IPCC, 2003). En la Figura 7 se muestra el número de casos con precipitaciones mayores a 100 mm, registrados cada 4 años en 18 estaciones del este y centro de Argentina desde 1959 hasta 1992. Cuando se comparan los tres primeros períodos y los tres últimos de 4 años, se observa que el número de casos se ha triplicado (Re et al, 2006).

Eventos como los que se contabilizan en la Figura 7 son los que conducen a inundaciones, en especial si las condiciones del terreno no facilitan el escurrimiento o lo concentran en determinados lugares. La Figura 8 muestra el cociente entre la frecuencia anual de precipitaciones por encima de 150 mm entre dos períodos de 12 años: al final de la serie 1991-2002 y al comienzo de las series 1959-1970. Existen dos regiones donde se aprecia un notable incremento de precipitaciones de características extremas. La primera abarca todo el noreste de Argentina, excepto el este de Formosa y se extiende por la mitad norte

de las provincias de Santa Fe, Córdoba y entre Ríos y el este de Santiago del Estero. La segunda región se ubica en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. En esas regiones, el aumento de la frecuencia de grandes precipitaciones ha sido de tal magnitud que ha incrementado la vulnerabilidad social y ha vuelto inadecuada la infraestructura hídrica y vial existente.

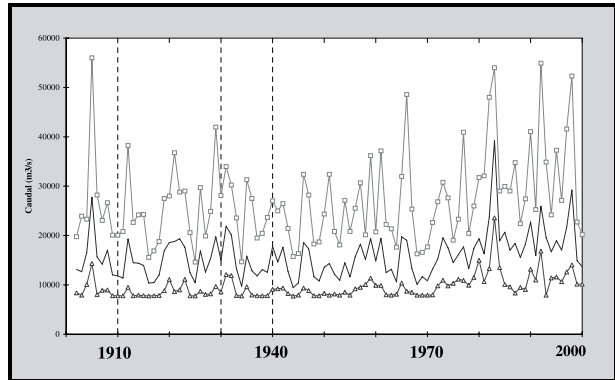
Este cambio impone la necesidad de adaptar la actual infraestructura a las nuevas condiciones y por otra parte incorporar a los sistemas de alerta temprana nuevas metodologías que permitan avisar sobre las precipitaciones intensas. Para ello es preciso mejorar el actual conocimiento que se tiene sobre los sistemas precipitantes que son responsables de las precipitaciones intensas, en particular de los sistemas convectivos de mesoescala que son los que originan la mayor parte de las precipitaciones intensas (Velasco y Fritsch, 1987). Los sistemas mesoconvectivos se observan en muchas regiones del mundo, pero la cuenca del Plata es una de las regiones que presenta la mayor frecuencia de estos sistemas.

#### INUNDACIONES DE LOS GRANDES RÍOS

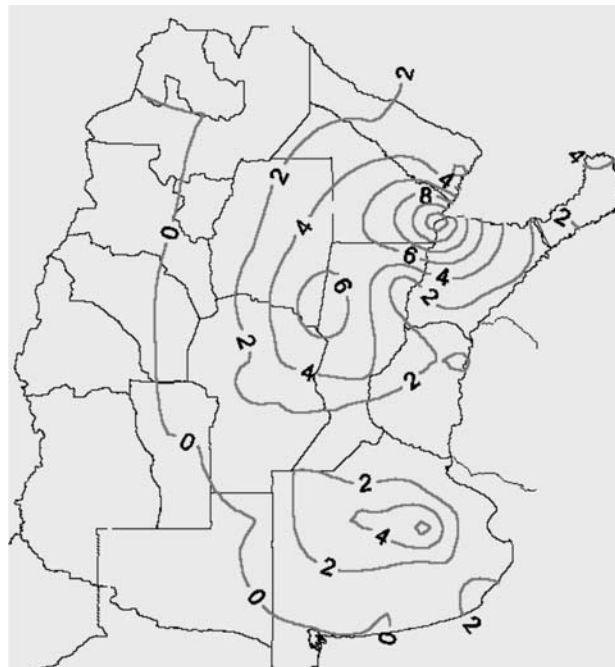
Las crecidas extraordinarias del Paraná constituyen fenómenos de gran envergadura que producen consecuencias significativas sobre las áreas circundantes a los cursos de agua. En la Figura. 9 se muestran los máximos, mínimos y medios anuales de los caudales diarios del río Paraná en la sección Paraná-Santa Fe para algo más de un siglo, el período 1902-2004 en base a los datos provistos por el Sistema de Información y Alerta Hidrológico del Instituto Nacional del Agua de Argentina

La Figura 9 indica que desde la década de 1960 y sobretudo de 1980, los máximos anuales se han incrementado respecto del período anterior. Además, ha aumentado la frecuencia de las crecidas extraordinarias: de las cuatro crecidas registradas con caudales pico mayores a  $50.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1905, 1983, 1992, 1998), tres se produjeron en los últimos 20 años del siglo. Todas estas crecidas extraordinarias se registraron durante período Niño de la fase del fenómeno El Niño-Oscilación del SUR (ENSO) y en el otoño del año siguiente al comienzo del evento Niño. Su mayor frecuencia en años recientes, esta indicando una tendencia que obedece en parte a la mayor intensidad de los eventos Niños, pero probablemente también a otros cambios en el clima regional. El incremento de los caudales mínimos que se observa

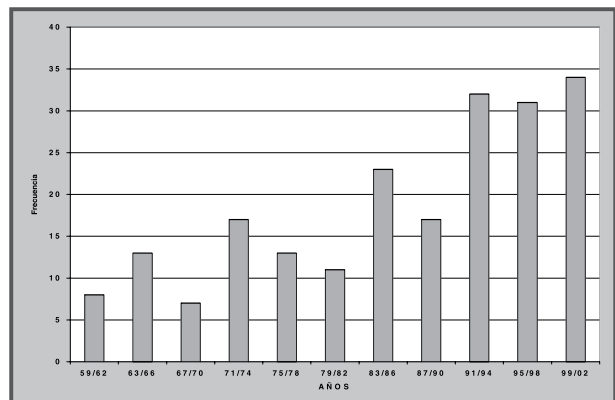
**FIGURA 7.** Número de precipitaciones mayores a 100 mm en no más de dos días de 16 estaciones de la región centro y este de la Argentina.



**FIGURA 8.** Cociente entre la frecuencia anual de casos entre el período 1991-2002 y el de 1959-1970. Precipitaciones con más de 150mm.



**FIGURA 9.** Valores anuales máximos medios y mínimos de los caudales diarios en el río Paraná en la sección Santa Fe-Paraná, 1902-2000. Sistema de Información y Alerta Hidrológico del Instituto Nacional del Agua (Argentina).



en la figura 9 está fuertemente ligado a la regulación impuesta por la cadena de embalses brasileños que se desarrolla a partir de la década del 60.

En el río Paraguay dos tercios de las 16 mayores crecidas del siglo veinte en Asunción se produjeron también durante el último cuarto del siglo. Este desvío hacia la ocurrencia en el último cuarto de siglo es más evidente cuanto más grandes fueron las crecidas consideradas, ya que de las 5 más intensas, 4 se dieron después de 1975 (Barros et al, 2004). En el río Uruguay, de los 16 mayores picos diarios desde 1950, ninguno se produjo antes de 1970 y sólo 2 antes de 1975 (Camilloni y Caffera, 2006). Todo esto ilustra el notable impacto que el cambio climático regional ha causado en la intensidad y frecuencia de las inundaciones en los valles de inundación de los grandes ríos de la cuenca del Plata

Un estudio del Banco Mundial (World Bank, 2001) indica que Argentina está entre los 14 países más afectados por inundaciones con pérdidas económicas que alcanzan algunos años más que el 1 % del PIB. La magnitud del área inundada por los grandes ríos y el número de personas dañadas ayudó a crear un conocimiento rápido del cambio y de la necesidad de enfrentarlo. Una política pública de adaptación se aplicó después de la gran inundación del Paraná en 1983 y su reiteración en 1992. Después de la inundación de 1983, se creó un sistema de alerta hidrológico enfocado en las inundaciones de los grandes ríos de la cuenca del Plata. Este sistema se mejoró después de la inundación de 1992, junto con construcción de defensas.

### ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Los distintos modelos climáticos globales (MCGs) proyectan valores de la temperatura global con pequeñas diferencias, para cada uno de los escenarios socio-económicos. Todos dan la misma respuesta cualitativa, calentamientos apreciables a lo largo del siglo XXI para todos los escenarios socioeconómicos. Los MCGs son una metodología confiable para estimar cambios climáticos a escala global, pero aún tienen una capacidad limitada para simular el clima en la escala regional, entendiendo por tal la que va desde una localidad a un continente.

Los experimentos con varios MCGs realizados para el informe 2001 y 2007 del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2001 y 2007) indican que los mayores calentamientos se registrarían en las altas latitudes del Hemisferio

Norte. No obstante ello, en las regiones tropicales y subtropicales de los continentes, el calentamiento sería mayor a 3° C y en América del Sur algunos modelos con escenarios de emisiones sin mayor control proyectan casi 5° C de aumento. Buena parte de la Cuenca del Plata y sobretodo aquella donde se generan los caudales de los grandes ríos estaría afectada por tales calentamientos

Sobre la cuenca del Plata, el modelo del Hadley Centre, uno de los modelos que mejor simulan el clima de la región (Cavalcanti et al, 2006), proyecta en el centro de la cuenca del Plata, un aumento de temperatura respecto del presente de alrededor de 3° C a mitad de siglo y de 5° C al fin del mismo para el escenario socioeconómico A2 del IPCC, Fig.10. (Cavalcanti et al, 2006). El escenario A2 corresponde a un desarrollo con criterios que privilegian lo económico de corto plazo frente a lo ambiental y asume la continuidad de la heterogeneidad geográfica de las condiciones sociales y económicas en el planeta

En cuanto a la precipitación, los modelos dan en la cuenca del Plata distintas tendencias, inclusive en algunos casos de signo opuesto, por lo que hay una gran incertidumbre en cuanto al signo de las tendencias de la precipitación, aunque se podría esperar de acuerdo con los resultados de todos los modelos, que los cambios no serían importantes ni uno u otro sentido, Figura 11

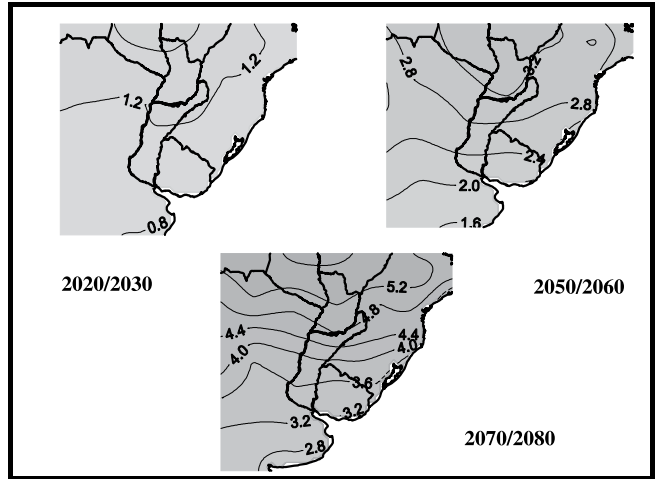
### CONSECUENCIAS HIDROLÓGICAS DE LAS PROYECCIONES CLIMÁTICAS

Los más recientes escenarios climáticos también proyectan cambios importantes de la temperatura sobre la mayor parte de la cuenca de Plata. Aunque estos cambios dependen de las emisiones de gases invernadero y del horizonte de tiempo, los aumentos de temperatura serían de 2 a 4° C en los próximos 50 años en la región donde se generan la mayor parte de los caudales de la Cuenca del Plata. Este aumento llevaría a una mayor tasa de evaporación. Si se considera que los cambios en la precipitación serían pequeños, no mayores a 100 mm anuales en promedio sobre la cuenca para fin del siglo y además inciertos, incluso en signo, los efectos de la mayor evaporación por el aumento de la temperatura producirían reducciones considerables en los caudales.

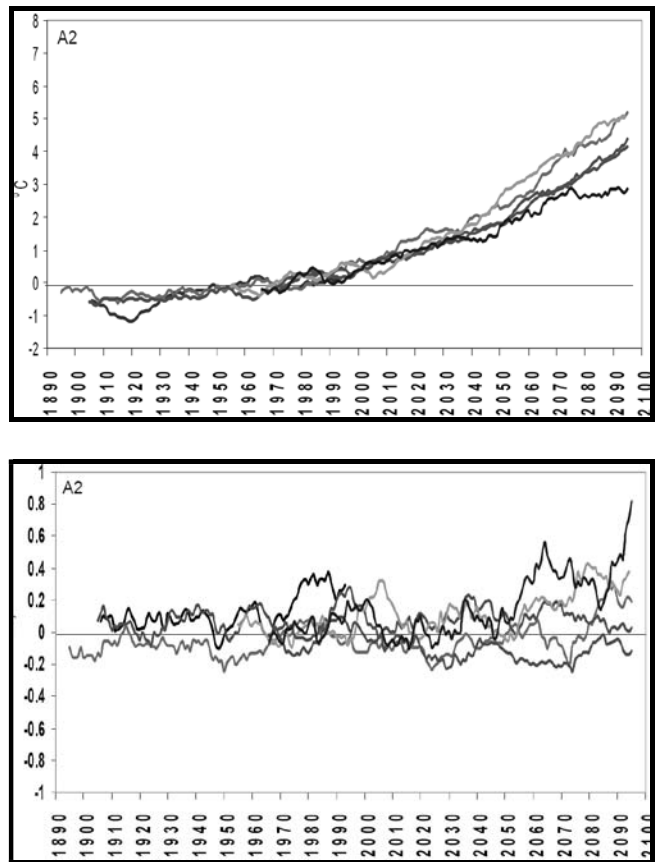
Un modelo hidrológico sencillo, ajustado con los valores de precipitación, temperatura y caudales de las principales subcuencas del Plata de las últimas 4



**FIGURA 10.** Escenarios de diferencias de temperatura (°C) según el modelo HADCM3 entre las décadas 2020, 2050 y 2080 y el presente (1961-90) para el escenario socioeconómico A2 (Cavalcanti et al 2006).



**FIGURA 11.** Temperatura (arriba) y precipitación (abajo) medias sobre la Cuenca del Plata según distintos modelos. Escenario socioeconómico A2. Cortesía de José Marengo.



décadas (Saurral et al, 2006) proyecta una vuelta a los caudales anteriores a la década de 1970 para un calentamiento de 2° C, Tabla 1. En un escenario de aumento de 5° C las consecuencias serían catastróficas con una reducción de los caudales de la cuenca del Plata del orden del 50 %.

La razón por la cual se produciría tan importante reducción de caudales subyace en la ya mencionada característica de la cuenca, en la que el 75 % de la precipitación se evapora o se infiltra y solo el 25 % de la misma llega a los ríos. De esta forma un cambio relativamente modesto en la evaporación, constituye un cambio porcentual muy grande en los caudales.

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, no sólo a nivel nacional sino regional, con el agravante de que esta 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 comprometidos.

#### LIMITACIONES DE LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS EN LA CUENCA DEL PLATA

En muchas regiones, los MCGs no son capaces de reproducir las condiciones regionales del clima actual. Las mayores dificultades están en la simulación de los campos de precipitación. En particular,

esto se produce hasta ahora en la Cuenca del Plata donde todos los MCGs subestiman la precipitación y por tratarse de una región subtropical, ello lleva a que esos modelos sobrestimen la temperatura. Ello es lo que surge de la verificación de los MCGs utilizados para los informes del IPCC 2001 y 2007 (IPCC 2001 y 2007). La figura 12 muestra el error en la precipitación media anual del experimento HADCM3 del modelo del Hadley Centre, uno de los que mejor reproduce el clima regional: Sobre la zona dentro de la elipse, el error varía entre 0 y 500 mm al año y en el promedio de la zona la precipitación simulada por el modelo es un 35 % menor que la observada.

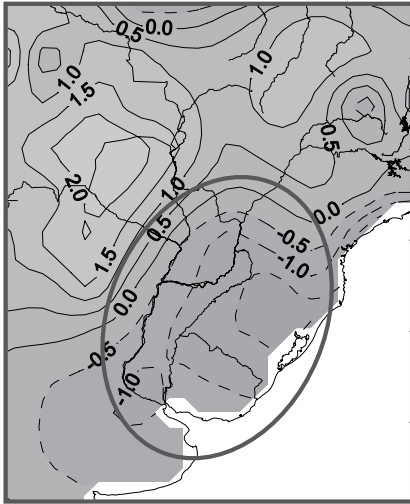
Si bien se trata de minimizar este tipo de errores asumiendo que las diferencias climáticas entre distintos periodos serían las mismas en los modelos que en la realidad, esto no deja de ser una hipótesis sin confirmación. Por ello es que los escenarios de precipitación y en menor medida los de temperatura sobre la Cuenca del Plata presentan una gran incertidumbre. Debido a ello, las proyecciones de los caudales como la presentada deberían considerarse, más que como escenarios futuros, como potenciales amenazas que requieren urgente y profunda investigación.

#### CONCLUSIONES: LOS TEMAS PRIORITARIOS EN LA CUENCA DEL PLATA EN RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

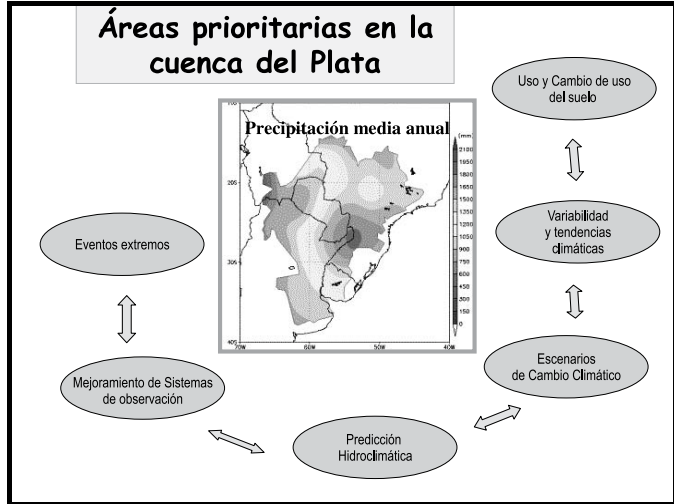
Las respuestas hidrológicas con respecto a la variabilidad climática, las tendencias de la precipitación

TABLA 1  
Escenarios de caudales en la Cuenca del Plata de acuerdo a calentamientos posibles (Saurral et al, 2006)

Cuencas	Caudales actuales	Caudales en Escenario + 2° C	Diferencia porcentual en escenario + 2° C	Caudales en Escenario + 5° C	Diferencia porcentual en escenario + 5° C
Pantanal	1.202	760	-37	329	-73
Paraguay	2.435	1.512	-34	691	-72
Paraná Superior	6.614	5.652	-15	4.230	-36
Paraná Medio	10.435	7.993	-23	4.541	-56
Uruguay Superior	5.329	4.293	-19	2.836	-47
Total	26.012	20.311	-21	12.627	-51



**FIGURA 12.** Diferencia entre la precipitación anual observada y la simulada por el HADCM3 en mm/día (Camilloni, 2005).



**FIGURA 14.** Actividades centrales en relación al cambio climático y la variabilidad hidroclimática para la gestión de los recursos hídricos en la Cuenca del Plata.

y de los caudales durante las últimas décadas y los escenarios del clima para el resto del siglo crean dudas sobre la total disponibilidad de los recursos hídricos actuales de la Cuenca del Plata en las próximas décadas. No obstante, la amenaza del aumento de la evapotranspiración y de la consiguiente reducción de los caudales en la cuenca de Plata presenta incertidumbres todavía considerables.

La sociedad y los gobiernos regionales necesitan que se reduzca las actuales incertidumbres de los MCGs para poder diseñar sus planes de adaptación y para generar sus políticas nacionales sobre el cambio climático.

Las actuales técnicas de downscaling con modelos dinámicos regionales de alta resolución y/o estadísticos no son suficientes para remontar las fallas de los MCGs porque arrastran los errores de estos y en el caso de los modelos regionales dinámicos tienen las mismas fallencias físicas. En vista de ello y sin desmedro de perfeccionar las técnicas de downscaling, es necesario que la cooperación internacional y de los investigadores de la región en el mejoramiento de al menos un MCGs.

El desarrollo y perfeccionamiento de un MCG y de modelos regionales de alta resolución permitirá

mejorar la representación del clima regional y que estas mejoras se apliquen a los modelos de predicción del clima y el tiempo, los que junto con el desarrollo de modelos hidrológicos distribuidos constituirían la base de un sistema regional de predicción hidroclimática. La figura 13 esquematiza las principales prioridades para incluir el cambio climático y la variabilidad climática en la gestión de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata.

Ya se hizo mención a la necesidad e importancia de monitorear y modelar el uso y el cambio del uso del suelo. Igualmente se mostró que las precipitaciones intensas están aumentando su frecuencia y como esto es una característica del calentamiento global debemos esperar que ello continúe, o que al menos no se reviertan las actuales condiciones. Los sistemas mesoconvectivos que ocasionan la mayor parte de estas precipitaciones intensas tienen actualmente escasa predictabilidad y es poco lo que se sabe de los mismos en la Cuenca del Plata. Su estudio es esencial para mejorar el pronóstico del tiempo, el hidroclimático y los escenarios climáticos, así como para extender y mejorar los sistemas de alerta temprana de inundaciones y otros fenómenos derivados de las precipitaciones intensas (deslizamientos, vientos destructivos, etc.).

Para mejorar el conocimiento de los sistemas mesoconvectivos se requiere mejorar los sistemas de observación de superficie y el aprovechamiento más integral de los recursos que provee la observación satelital. Un esfuerzo observacional intenso en una región determinada por un breve periodo de tiempo

en la forma de un experimento de campo es una actividad que facilitaría el estudio de los sistemas mesoconvectivos y proveería valiosa información para el ajuste y perfeccionamiento de los modelos de predicción del tiempo y del clima y de desarrollo de escenarios climáticos.

## Referências

- BARROS, V., M. E. CASTAÑEDA, ; M. E. DOYLE, 2000. Recent precipitation trends in Southern South America east of the Andes: an indication of climatic variability. In: *Southern Hemisphere paleo- and neoclimates*. New York : Springer-Verlag, p.187-206.
- BARROS, V.; et al. 2004. The major discharge events in the Paraguay River: magnitudes, source regions and climate forcings. *J. Hydro-meteorology*, v.5,p.1161-1170.
- BERBERY, E. H. ; V. R. BARROS, 2002. The hydrologic cycle of the La Plata basin in South America. *J. Hydrometeor.*, v.3, p.:630-645.
- CAMILLONI, I., 2005. Tendencias hidrológicas en la Argentina. In: **Proyecto Agenda Ambiental Regional-Mejora de la Gobernabilidad para el Desarrollo Sustentable**. PNUD ARG/03/001, Fundación T. Di Tella- SAyDS
- CAMILLONI, I. ; M. CAFFERA. 2006. The largest floods in the Uruguay River and their climate forcing. *J. of Hydrometeorology* (enviado).
- CAVALCANTI, I. CAMILLONI ; T. AMBRIZZI, 2006: Escenarios climáticos regionales. In: **EL CAMBIO climático en la Cuenca del Plata**. Buenos Aires : CIMA, 2006, p.175-190.
- GARCÍA, N. ; W. VARGAS, 1998. The temporal climatic variability in the Río de la Plata basin displayed by the river discharges. *Climate Change*, v.38, p. 359-379.
- INTERGOVERNAMENTAL PANE ON CLIMATE CHANGE - IPCC. 2001.**Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press. Disponível em : [http://ipcc\\_wg1.uca.edu](http://ipcc_wg1.uca.edu)
- INTERGOVERNAMENTAL PANE ON CLIMATE CHANGE - IPCC . 2007. **4th Assessment Report**. Working Group. Report .The Physical Science Basis. Disponível em : [http://ipcc\\_wg1.uca.edu](http://ipcc_wg1.uca.edu)
- MAGRIN, G. O. ; M.I. TRAVASSO ; G. R. RODRIGUEZ. 2006. Changes in climate and crop production during the 20th century in Argentina. *Climate Change*, v.72, p. 229-
- RE, M., R. SAURRAL ; V. BARROS 2006. Extreme Precipitations in Argentina. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY. 8<sup>th</sup>, 2006. Foz de Iguazú, **Proceedings...** São José dos Campos : INPE, 2182p.
- SAURRAL, R.; R. MEZHER, ; V. BARROS, 2006: Assessing long-term discharges of the Plata River. 8<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY. 8<sup>th</sup>, 2006, Foz de Iguazú. **PR Proceedings...** São José dos Campos : INPE, 2182p.
- TUCCI, C. E. M.;R. T. CLARKE, 1998. Environmental issues in the La Plata Basin. *Water Resources Development*. v.14, p.157-174.
- TUCCI, C.E., 2003. Variabilidade climática e o uso do solo na bacia brasileira do Prata . In: *Clima e Recursos Hidricos no Brasil*. Editores C. Tucci y B. Braga. Porto Alegre : ABRH, p.163-242
- VELASCO I. ; J. Fritsch 1987. Mesoscale convective complexes in the Americas. *J. Geophys. Res.* v. 92, p.9591-9613.
- WATSON, ROBERT T. **Climate change 2001: sintesis report**. Cambridg: Cambridg University Press, 2001. 397 p.
- WORLD BANK ,2001. **Report on Argentina: Gestión de los Recursos Hídricos: Elementos de Política para su Desarrollo Sustentable en el Siglo XXI**. Washington, D.C. : Banco Mundial, 78p.

Vicente Barros | Centro de Investigaciones del Mar y la Atmosfera (CIMA).  
Email: [barros@cima.fcen.uba.ar](mailto:barros@cima.fcen.uba.ar)

## Presentación de artículos

---

Los artículos pueden ser presentados en español, portugués o inglés. El resumen deberá ser enviado obligatoriamente en lo mismo idioma y abstract en inglés (para trabajos en español y portugueses) y, en español (para trabajos en inglés).

### FORMATO

El archivo debe ser enviado en medio magnético, acompañado de dos copias impresas. Los archivos deben estar en Word, versión reciente.

**Configuración de la página:** tamaño: A4 (210 x 297mm); márgenes: 2,5 cm en todas las direcciones;

Espacio doble, letra Times New Roman 12;

Número máximo de páginas igual a 25, incluyendo tablas, figuras, ecuaciones y referencias. Estas deben estar numeradas de 1 a n. Las tablas y figuras deben tener título. Las figuras deben ser enviadas también en archivo separado en formato TIF, 300dpi.;

Todas las referencias citadas en el texto deben estar listadas en la bibliografía. En el texto del artículo la referencia debe ser escrita, en minúsculas y entre paréntesis, como apellido y año e. g. (Araujo, 2001). Referencias con dos autores serán citadas como: (Araujo y Campos, 2001). Para el caso de más de dos autores será: (Araujo et al., 2001). En la bibliografía las referencias serán listadas en orden alfabético del apellido del primer autor, el que debe ser escrito en mayúsculas, e. g. :

ARAUJO, J., Campos, E. y Silva, C., 2001. Política de Recursos Hídricos em Pernambuco. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. vol. 7, nro 1, p. 232-253. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. [www.abrh.org.br](http://www.abrh.org.br)

Cuando sea posible, deberá ser indicada una página de Internet relacionada a la publicación citada, como indicado en el ejemplo.

La numeración de las ecuaciones debe estar a la derecha y todos sus términos deben estar definidos en el texto.

Todas las tablas y figuras deben estar citadas en el texto.

Los interesados en publicar artículos en la revista deben preparar el mismo de acuerdo con el formato indicado y enviarlo a:

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos  
Av. Bento Gonçalves, 9500 – IPH/UFRGS  
Caixa Postal 15029 -  
CEP 91501-970 – Porto Alegre, RS, Brasil  
E-mail: [rega@abrh.org.br](mailto:rega@abrh.org.br)

## Chamada de artigos

---

Os artigos devem ser submetidos em espanhol, português ou inglês. Deverá ser enviado, obrigatoriamente, resumo no mesmo idioma e em inglês (para trabalhos em português e espanhol) e, em espanhol (para trabalhos em inglês).

### FORMATO

O arquivo deve ser enviado por meio magnético, acompanhado de duas cópias impresas. Os arquivos devem estar em Word, versão recente.

**Configurações da página:** tamanho A4 (210 x 297mm); margens 2,5 cm em todas as direções;

Espaçamento duplo, tipografia Times New Roman, corpo 12;

Número máximo de páginas igual a 25, incluindo tabelas, figuras, equações e referências. Estas devem estar numeradas de 1 a n. As tabelas e figuras necessitam ter título. As figuras devem ser enviadas também em arquivo separado, em formato TIF, resolução 300 dpi.

Todas as referências citadas no texto devem estar listadas na bibliografia. No texto do artigo a referência deve ser escrita em minúsculas e entre parênteses, como sobrenome e ano (Araujo, 2001). Referências com dois autores serão citadas como: (Araujo e Campos, 2001). Na bibliografia as referências serão listadas em ordem alfabética do sobrenome do primeiro autor, que deve ser em maiúsculas:

ARAUJO, J., Campos, E. e Silva, C., 2001. Política de Recursos Hídricos em Pernambuco. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. vol.7, n.1, p.232-253. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. [www.abrh.org.br](http://www.abrh.org.br)

Sempre que possível, deverá ser indicada uma página de Internet, relacionada à publicação citada, como no exemplo acima.

A numeração das equações deve estar à direita e todos os seus termos devem ser descritos no texto.

Todas as tabelas e figuras devem ser mencionada no texto.

Os interessados em publicar artigos na revista devem preparar o mesmo de acordo com o formato citado e submetê-lo a:

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos  
Av. Bento Gonçalves, 9500 – IPH/UFRGS  
Caixa Postal 15029 -  
CEP 91501-970 – Porto Alegre, RS, Brasil  
E-mail: [rega@abrh.org.br](mailto:rega@abrh.org.br)

*Fotolitos e impressão:*

**Editora Evangraf**

Rua Waldomiro Schapke, 77 - Porto Alegre, RS

Fone (51) 3336-0422 e 3336-2466

[evangraf@terra.com.br](mailto:evangraf@terra.com.br)