

Estudios previos indican un rango corto en los efectos sobre la escorrentía, menos de 1% a 3.7% (Walker et al, 1995; Polcher y Laval, 1994). De todas formas, otros estudios sugieren que temperaturas más altas pueden disminuir la precipitación media durante meses secos (PICC, 2001). Modelos de circulación general más recientes sugieren que por los efectos de la deforestación en el patrón de lluvia del Amazonas, la región puede experimentar un efecto permanente de la Oscilación Sur -El Niño-, compuesta por efectos de variabilidad climática extrema, incluyendo sequía, incendios y mayores emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera por la reducción del bosque (Wara et al. 2005). Una relativamente pequeña disminución en la precipitación media anual podría traer cambios en los niveles de humedad media del bosque. Bosques más secos devolverán menos humedad a la atmósfera y menos humedad provocará una menor precipitación media anual, lo cual desencadenará una serie de impactos.

Una de las características únicas de la región amazónica es que el ecosistema de bosque es responsable de casi la mitad de la precipitación total. A pesar de que las tasas de deforestación parecen haber disminuido después de un pico en 2005, la deforestación sigue siendo un factor clave en los cambios de precipitación. La disminución de la precipitación media está pronosticada a acelerar la mortalidad de los bosques y otra vegetación en un 600% comparada con el promedio de las tasas de cambio. La cobertura boscosa del Amazonas ya se está secando; la sequía de 2005 que afectó partes del Río Negro en la región de Manaus - la peor sequía en más de un siglo - puede presagiar periodos más largos de sequía.<sup>5</sup> Basándose en tendencias actuales, el PICC y otros estudios advierten que el gran ecosistema boscoso del Amazonas puede “colapsar” antes de la mitad del siglo.

### MEJORANDO LOS ESTUDIOS LOCALES

Estos resultados preliminares de los programas de las cuencas del Plata y Amazonas subrayan la urgente necesidad de perfeccionar los estudios climáticos a nivel local. De todas formas, existen varios desafíos metodológicos y de otro tipo, que los nuevos proyectos FMAM ayudarán a abordar.

Primero, mientras que se avanza en el trabajo a nivel nacional en estudios climáticos, las diferencias en los parámetros del modelo, frecuentemente hacen difícil calibrar las líneas base y los nuevos datos.

Segundo, para ser útil a los planificadores locales, los modelos de cambio climático deben estar por lo menos a escala 1:10 000. Los modelos estándares de cambio climático generan una serie de escenarios, que incluyen incrementos proyectados de temperatura, generando estimaciones de incrementos de gases de efecto invernadero, metas de mitigación de las emisiones y temperaturas cambiantes con incrementos de 2, 4 y 5 C. Estos amplios escenarios son transferidos a nivel local usando un simple cambio de escala para incluir variables del tiempo por razones mensuales fijas (para la precipitación) y cambios mensuales fijos (para la temperatura).

5. Estudios de campo por Woods Hole Research Center sugieren que los ecosistemas boscosos del Amazonas no podrán resistir más de dos años consecutivos de sequía sin empezar a degradarse. La sequía severa debilita los árboles y seca la cobertura de hojas dejando a los bosques susceptibles a incendios que desnudarían la tierra, los cuales a su vez, producen humo que evita la formación de nubes de lluvia. La extracción maderera y la deforestación solo empeoran los efectos, que pueden llevar a un mayor desecamiento del bosque.  
6. El estudio de diagnóstico transfronterizo preparado para la primera fase del proyecto del Plata, identifica la fuerte correlación entre cambio de uso del suelo y más inundaciones, afectando áreas previamente inmunes a las inundaciones, particularmente en áreas urbanas. Por ejemplo, en 2006, el Gobierno de Argentina declaró estado de emergencia debido a inundaciones severas en la cuenca del río de La Matanza, en la cual parece haberse registrado un cambio de uso residencial a propiedad horizontal en un 50% del terreno en el barrio de Villa Urquiza, reemplazando así pastos y árboles que ayudaban a controlar los desbordamientos del río sobre barreras de cemento y asfalto.

De todas formas, para asegurar solidez, los escenarios necesitan ser complementados con grupos de datos detallados generados con Distanciómetros Electrónicos (DME), Estaciones Totales o triangulaciones con GPS. Además, la información sobre suelo y uso del suelo, tasas de cambio en el uso del suelo y degradación de la tierra son críticas para generar mapas a escala 1:10 000 a 1:1000. Estas técnicas son caras, así como laboriosas y demandantes de mucho tiempo.

Tercero, la compleja relación entre deforestación, temperaturas cambiantes del agua superficial, patrones crecientes (o decrecientes) de lluvia y otros factores hacen necesario aplicar modelos de circulación general (MCG) que estiman interacciones dinámicas dentro de las grandes cuencas hidrológicas. A pesar de que la mayor parte de los modelos tienden a ser estáticos, ha habido avances importantes en años recientes, y estos avances serán integrados a los proyectos Amazonas, la Plata y otros.

Finalmente, los estudios detallados de los impactos del cambio climático, como primer paso hacia la adaptación climática, son técnicamente complejos y potencialmente caros. Varios estudios, como el mapeo de vulnerabilidad del gran área portuaria de Halifax, Canadá (Runnalls, IISD, 2007), aplican sensores remotos y sistemas de información geográfica para generar curvas de nivel y mapas de amenaza para anticipar los impactos del aumento del nivel del mar y de eventos de variación climática. Este solo estudio llevó varios años, y su costo excedió varios cientos de miles de dólares.

### RELACIONANDO LOS ESTUDIOS CON LA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

Replicar el nivel de detalle del estudio del Puerto de Halifax o de estudios similares no es posible ni necesario ya que los países y comunidades están ya avanzando sobre trabajo fundamental ya realizado. La experiencia al estudiar la variabilidad del clima y planificar la mitigación y acción en caso de desastres naturales, prueba ser directamente relevante para la agenda de adaptación climática.

Varias lecciones clave han surgido de los proyectos existentes. Estos incluyen entre otros: mapeo de las llanuras de inundación y construcción de cauces en áreas densamente pobladas; apoyo a la gestión integrada de cuencas, incluyendo la protección de la parte alta de las cuencas a la deforestación; y apoyo a un rango de metas en la planificación de infraestructura, incluyendo la nueva localización de plantas de tratamiento de aguas residuales lejos de las llanuras de inundación.

Para mayor información sobre el trabajo del DDS, por favor sírvase ver la dirección de Internet <http://www.oas.org/dsd>



## ADAPTÁNDOSE AL CAMBIO CLIMÁTICO: DESAFÍOS EN LA GESTIÓN DEL AGUA<sup>1</sup>

En años recientes, el debate sobre cambio climático ha evolucionado. En el pasado, el debate se enfocaba en verificar la evidencia científica de las causas y consecuencias del cambio climático. Últimamente, y cada vez más, el debate se enfoca en identificar opciones confiables para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, y avanzar en proyectos de secuestro de dióxido de carbono y así considerar el cambio de uso del suelo y la deforestación que es evitada por esta vía. Al mismo tiempo, existe una creciente urgencia por anticiparse y, en la medida de lo posible, adaptarse a los impactos del cambio climático. Un desafío crítico es el de traducir el creciente número de estudios detallados sobre cambio climático preparados a nivel global en información útil a nivel local.

Los hallazgos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) en 2007 establecen escenarios de cambio climático con el mayor rigor científico. Los diagnósticos del PICC publicados en 2007 concluyen que los impactos del cambio climático están altamente localizados. Determinar un rango plausible de impactos a nivel local representa el primer paso hacia la preparación e implementación de iniciativas de adaptación al cambio climático.

Se están haciendo avances destacables por trasladar los grandes estudios sobre cambio climático a una escala que sea útil para los planificadores locales, comunidades, el sector privado y otros actores. Al mismo tiempo, los estudios a nivel local continúan siendo costosos, técnicamente complejos y presentan a su vez desafíos a nivel de políticas, ya que los escenarios climáticos - proyectados hacia décadas en el futuro - se extienden más allá de los horizontes de planificación presupuestaria (3-4 años) de los gobiernos centrales, municipales, y del sector privado.

Frente a estos desafíos, los países no necesitan empezar el trabajo de adaptación desde cero. Los estudios continuados de variabilidad climática - incluyendo el uso de mapas de riesgo, el establecimiento de sistemas de alerta temprana, el mejoramiento de los edificios públicos vulnerables y otra infraestructura crítica, como aquella relacionada con la protección del abastecimiento de agua potable, proveen lecciones prácticas a los países para preparar su trabajo de adaptación al cambio climático a largo plazo. La variabilidad climática asociada al fenómeno de Oscilación del Sur -El Niño- se asemeja a los principales impactos proyectados a largo plazo. Estos incluyen celdas secas estacionarias, periodos prolongados de sequía

severa, huracanes, disturbios tropicales, celdas con humedad desproporcionada y lluvia fuerte/tropical muy organizada en frentes fríos, y otros efectos. (OEA, 2002)

El *Diálogo sobre Agua y Clima*, el cual fue apoyado por el Gobierno de Holanda y que complementó el trabajo continuo del Departamento de Desarrollo Sostenible de la Organización de Estados Americanos (DDS/OEA), del Programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas (PNUMA), del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), y de los Gobiernos de Costa Rica y Nicaragua, provee un ejemplo útil de formas para relacionar los estudios de variabilidad climática con estudios de cambio climático a largo plazo con planificación para la adaptación. Desde el final de la década de los 90, el trabajo en la cuenca del Río San Juan, la cual incluye el cuerpo de agua dulce más grande de Centro América, ha identificado el rango de los impactos de la variabilidad climática.<sup>2</sup>

Específicamente, el trabajo en la región se ha enfocado en modelar eventos climáticos extremos como los huracanes, tormentas tropicales y la sequía estacional extrema. Los estudios de vulnerabilidad fueron realizados a escala 1:10 000, lo cual permitió que los impactos proyectados contribuyeran a identificar las necesidades de capacitación institucional en áreas como sensoramiento remoto y mapas de riesgo. Los estudios también

### AMENAZA DE INUNDACION EN LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN (NICARAGUA)



FIGURA 1: FMAM-PNUMA-OEA Diálogo sobre Agua y Clima (2002), “Haciendo frente a la Variabilidad Climática en una Cuenca Transfronteriza en Centro América: La Cuenca del Río San Juan”

1. Los autores son Scott Vaughan, Pablo González, Michela Miletto y Enrique Bello del Departamento de Desarrollo Sostenible de la OEA. Las opiniones expresadas en esta serie de políticas publicada por el Departamento de Desarrollo Sostenible no necesariamente reflejan la visión formal de la Secretaría General de la OEA, o la de sus Estados Miembros.  
2. La variabilidad climática está cercanamente asociada con el cambio climático, y generalmente se vincula con el estudio de condiciones atmosféricas extremas, que exceden por mucho las condiciones normales.

fueron útiles a los planificadores locales en áreas como planificación del uso del suelo y zonificación municipal para disuadir a familias a que no construyan en áreas especialmente vulnerables y para prestar atención a la urgencia de adoptar códigos de construcción y estándares que garanticen resistencia a vientos categoría cuatro, proyectados una vez cada cien años. La conclusión central del trabajo en la cuenca del río San Juan es que las municipalidades que llevan a cabo evaluaciones de riesgo y preparan medidas de reducción de riesgo a partir de escenarios de variabilidad climática, tienen experiencia directa que les ayuda a anticiparse y adaptarse al cambio climático. (OEA; San Juan, 2002)

### EL AGUA COMO POTENCIADOR DE IMPACTOS CLIMÁTICOS

Elementos clave del trabajo de casi una década en la cuenca del río San Juan para anticiparse a la variabilidad climática, están siendo replicados en un buen número de proyectos relacionados con cuencas críticas en Centro y Sud América. La evaluación de los impactos de la variabilidad climática en las principales cuencas del Hemisferio Americano representa un desafío único, ya que casi el 70% de todos los ríos, lagos y cuencas son transfronterizas; compartidas por dos o - en el caso de la cuenca del Amazonas - por ocho países. Además, un estudio publicado en 2007 por la Organización Educativa, Científica y Cultural de las Naciones Unidas (UNESCO) y la OEA, identifica aproximadamente 70 principales acuíferos transfronterizos. (UNESCO-IHP/OEA, 2007). Entre los ejemplos se incluyen el Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT), el cual está enteramente contenido en la Cuenca del Platay lo comparten Argentina, Bolivia y Paraguay; el acuífero Guaraní, compartido entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay - el cual se encuentra entre los acuíferos más grandes del planeta; Los Grandes Lagos; el Artibonito entre Haití y la República Dominicana; y otros. La cooperación entre los países de la región para el manejo de estas cuencas transfronterizas ha sentado un precedente histórico en derecho internacional y a nivel institucional.

La cooperación para abordar los desafíos en la gestión del agua está probando ser críticamente importantes en el contexto de la adaptación al cambio climático. Uno de los hallazgos centrales de prácticamente todos los estudios climáticos - incluyendo los informes en 2007 del PICC, la Evaluación de Ecosistemas del Milenio en 2005 y el Stern Economic Review en 2006, así como numerosos estudios de las academias nacionales de ciencias y otros estudios académicos - es que los impactos climáticos se manifiestan principalmente mediante el agua. Además de los aumentos proyectados en el nivel medio del mar, los escenarios climáticos pronostican un aumento en la frecuencia y severidad de los huracanes, tormentas tropicales y sequía extrema. La mayor parte de los impactos relacionados con tormentas - más del 90% de los daños causados por tormentas tropicales - son causados por inundaciones.

Se proyecta que el cambio climático no solamente va a incrementar la precipitación en ciertas áreas, sino que va a aumentar la severidad de la sequía en otras áreas. Conjuntamente, mayor precipitación y períodos más extensos de sequía extrema van a afectar la vida de millones de personas; las más vulnerables serán las más pobres en países en vías de desarrollo. Estimaciones recientes del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) concluyen que el cambio climático ya está haciendo más difícil alcanzar las Metas de Desarrollo del Milenio.<sup>3</sup>

A través del tiempo es posible que millones de "refugiados del clima" se vean forzados a abandonar tierras de pastoreo degradadas por la sequía, devastadas por incendios forestales e inutilizables debido a inundaciones. Estos impactos concuerdan con el Stern Review de 2006, que concluye que los impactos del cambio climático en la economía y el desarrollo representarán hasta un 10% de reducción en el Producto Interno Bruto.<sup>4</sup>



### MEJORANDO LOS ESTUDIOS LOCALES

Dada la magnitud de los impactos relacionados con el agua, existe una urgente necesidad de perfeccionar nuestro conocimiento acerca de los impactos del cambio climático en las características hidrológicas principales de las cuencas. Observaciones empíricas obtenidas mediante sensores instalados en los sitios de medición, junto con modelos de circulación general calibrados para identificar impactos locales, indican que

las temperaturas más altas están cambiando las características hidrológicas básicas de algunas de las cuencas más importantes del hemisferio. Es posible que las temperaturas más altas ya estén alterando el caudal medio de los ríos y los volúmenes de descarga de dos maneras: cambiando la precipitación media que afecta a los volúmenes totales superficiales y a los caudales, junto con tasas de evaporación variables de los cuerpos superficiales; y cambiando las tasas de transpiración de las plantas en las cuencas. Los modelos climáticos son claros al mostrar que incluso cambios pequeños en las tasas combinadas de evapotranspiración alterarán los volúmenes netos de agua superficial y los volúmenes totales de descarga.

#### ESCENARIOS DE DESCARGA: CUENCA DE LA PLATA

	+ 2 C PORCENTAJE DE CAMBIO	+ 5 C PORCENTAJE DE CAMBIO
Pantanal	-37	- 73
Paraguay	- 34	- 72
Alto Paraná	- 15	- 36
Medio Paraná	- 23	- 56
Alto Uruguay	- 19	- 47
<b>Total</b>	<b>- 21</b>	<b>- 51</b>

Fuente: Vicente Baro, FMAM-PNUMA-OEA

Para la Cuenca del Plata, dado que el 75% de la precipitación en la región se evapora y sólo el 25% llega a los ríos de la cuenca, cualquier cambio en la evaporación causado por temperaturas más altas puede tener impactos profundos.

### LA CUENCA DE LA PLATA

Una de las principales prioridades del DDS/OEA es la de trabajar con los países en la región y con sus mayores socios - el FMAM y el PNUMA - para mejorar los estudios sobre impactos del cambio climático en cuencas específicas, como primer paso hacia la adaptación climática. En junio de 2007, el Concejo del FMAM aprobó un proyecto de gran envergadura (casi 11 millones de dólares) - a ser implementado por el PNUMA y ejecutado conjuntamente por los cinco países de la cuenca del Plata y el DDS/OEA - para apoyar el manejo sostenible de la Cuenca. A mediados de noviembre de 2007, el Consejo del FMAM aprobó un proyecto similar, de cuatro años, que incluye ocho países de la cuenca del Amazonas, con el apoyo del PNUMA y la OEA.

Desde 2004, los cinco países de la cuenca del Plata - Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay - han intensificado la cooperación para compartir registros de temperatura media, cambios en las tasas de precipitación y caudales de ríos con modelos sofisticados de circulación general. Los resultados preliminares de este trabajo, apoyado por FMAM-PNUMA-OEA, muestran que los efectos de temperaturas más altas en la región pueden tener impactos dramáticos. Específicamente, el cambio climático puede provocar la reducción de las tasas de descarga de todos los principales ríos que comprenden la cuenca, a pesar de que las tasas relativas de cambio pueden diferenciarse significativamente. En uno de los escenarios, los efectos combinados pueden estar a media gota en las tasas de descarga.

Las implicaciones de estos escenarios climáticos en las partes altas de la cuenca no tendrían precedentes. Por ejemplo, en el sector energético, 90% de la electricidad en el Brasil se genera en plantas hidroeléctricas.



Una disminución marginal en los volúmenes totales de descarga reduciría la viabilidad de las represas actuales y planificadas, e incrementaría el costo por kilowatt/hora de

electricidad. Para áreas como el Pantanal - que está entre las áreas más grandes de vida acuática y humedales- un escenario con 73% de reducción en la descarga de ríos, bajo el escenario de 5C afectaría profundamente la vida de las aproximadamente 3 millones de personas que viven en el Alto Paraguay y en los límites de la cuenca del Pantanal. Cambios en el caudal de las corrientes tendrían importantes y directos impactos en la salud humana por el menor arrastre de aguas servidas y basura sin tratamiento, incrementando así el riesgo a contraer enfermedades generadas en aguas contaminadas. Por ejemplo, en trabajo de campo de la OEA, en cooperación con el

Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional (IDRC) de Canadá y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se encontró alta correlación entre la disminución de caudales de agua y la sequía, y la mayor incidencia de riesgos relacionados a la malaria, dengue y chagas (IRDC-OPS-OEA, 2007). Finalmente, una disminución en el balance medio de agua en el Pantanal podría poner en riesgo algunas de las aproximadamente 1.900 especies de plantas, 263 de peces, 85 reptiles, 440 especies de aves y 195 mamíferos encontradas en la región (ANA/FMAM/PNUMA/OEA, 2005)

### GRAN CUENCA DEL AMAZONAS:

Un programa multianual similar para apoyar el manejo sostenible de la gran Cuenca del Amazonas, que empezara en 2008, examinará los efectos del cambio climático. Las diferencias en los hallazgos iniciales entre las cuencas del Plata y el Amazonas subrayan la importancia de implementar estudios climáticos a nivel específico de cuenca.

#### UN EJEMPLO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO:

Usos estratégicos del agua subterránea para la mitigación de los impactos de la sequía extrema en humanos y ecosistemas: El proyecto piloto Tres Fronteras en la Cuenca Amazónica

La región de Tres Fronteras (Brasil, Colombia y Perú), con los poblados principales de Leticia y Tabatinga, está localizada en la parte más occidental de la Cuenca del Amazonas. Es un área con humedales estacionales y lagos, rica en recursos pesqueros, que sostienen a comunidades rurales e indígenas. En 2005-06 la región fue severamente afectada por sequías excepcionales: el río Solimoes, un tributario principal del Amazonas, tuvo una reducción de nivel de 1.5 m, a consecuencia de un 70% de disminución en la lluvia (1/5 de los valores normales). La pérdida de recursos pesqueros fue enorme, y las comunidades indígenas dependientes de los servicios del ecosistema de humedales y lagunas fue altamente impactada. Las consecuencias devastadoras de estas excepcionales sequías en la salud, medio ambiente y economía del área de Tres Fronteras pudieron haber sido reducidas mediante la utilización estratégica del agua subterránea, un recurso confiable y menos dependiente del clima.

El proyecto piloto Tres Fronteras, que será ejecutado en el contexto del proyecto FMAM-PNUMA-OEA para la Cuenca Amazónica, trabajará alrededor de la aplicación del concepto de manejo conjunto de agua superficial y subterránea, para enfrentar la variabilidad climática. El manejo conjunto de agua superficial y subterránea, junto con el pronóstico local del clima, puede ser uno de los métodos para abordar el manejo del recurso agua en partes de la Cuenca del Amazonas, en vista de las mayores fluctuaciones climáticas. Mejorar el uso de la reserva estática del acuífero durante periodos secos puede ser una alternativa temporal que reduciría la presión sobre los recursos de agua superficiales. Además, el agua puede ser almacenada en el acuífero para su uso durante las sequías, incrementando la recarga durante periodos de disponibilidad de agua sobre el promedio. Como tal, un acuífero puede ser una fuente de agua durante periodos secos, y un reservorio de agua durante periodos húmedos. Cuando la disponibilidad de agua es comparativamente suficiente (en los meses de invierno y durante años lluviosos), el uso directo de fuentes superficiales es aconsejable. El bombeo de acuíferos puede ser comparativamente menor durante esos periodos húmedos (restringido a consumo humano), permitiéndoles recargar naturalmente o mediante inyección directa en este esquema de almacenamiento y recuperación de agua de acuíferos.

3. IPCC 2007, Resumen de Responsables de formular la política, sobre Cambio Climático 2007: La Base de la Ciencia Física, Contribución del Grupo de Trabajo 1 para el Cuarto Informe de la Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, Cambridge y Nueva York, la Prensa de la Universidad de Cambridge.

4. La Revisión de Stern (2006), "La Economía del Cambio Climático: El Resumen ejecutivo," El informe nota que "Con un 5-6° C que calienta - que es una posibilidad verdadera para el próximo siglo - existiendo los modelos que incluye el riesgo de la estimación precipitada y grande del cambio del clima de la escala una pérdida media del 5-10 por ciento en GDP global, con los países pobres que sufren los costos por encima del 10 por ciento de GDP" p. 9.