



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

Oficina de Montevideo

Oficina Regional de Ciencias
para América Latina y el Caribe



Evaluación económica de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos en la cuenca del río Vergara -Chile

*Alejandra Stehr
Felipe Vásquez Lavín
Roberto D. Ponce*



Publicado en 2018 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia y la Oficina Regional de Ciencias de la UNESCO para América Latina y el Caribe, UNESCO Montevideo, Luis Piera 1992, piso 2, 11200 Montevideo, Uruguay.

© UNESCO 2018



Esta publicación está disponible en acceso abierto bajo la licencia Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>). Al utilizar el contenido de la presente publicación, los usuarios aceptan las condiciones de utilización del Repositorio UNESCO de acceso abierto (www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-sp).

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican toma alguna de posición de parte de la UNESCO en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites.

Las ideas y opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la UNESCO ni comprometen a la Organización.

Ciencia, Tecnología e Innovación: ejes transversales de la agenda regional de desarrollo sostenible e inclusivo hacia 2030

Bajo el lema “Transformando nuestra región: Ciencias, Tecnología e Innovación para el Desarrollo Sostenible” el Foro Abierto CILAC 2018 está concebido como una contribución a la implementación de la Agenda 2030 suscrita por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Desde el consorcio de instituciones organizadoras del Foro Regional de Ciencias de América Latina y el Caribe, existe el compromiso de trabajar en pos de contribuir al logro de las metas y objetivos señalados en esta estratégica hoja de ruta para el desarrollo sostenible de nuestra región.

La UNESCO, como agencia especializada del Sistema de Naciones Unidas, dedica sus esfuerzos al avance del conocimiento en cinco grandes campos vitales para el desarrollo humano y sostenible: la educación, las ciencias naturales, las ciencias sociales y humanas, la cultura y la comunicación e información.

Para cumplir con esta misión, la UNESCO opera en cinco ejes estratégicos: a) la definición de estándares internacionales; b) el desarrollo de capacidades; c) la organización y difusión de conocimientos; d) la cooperación internacional; y e) como laboratorio de ideas. Así, el Foro CILAC constituye una plataforma para potenciar estas estrategias, fortaleciendo las políticas de ciencia, tecnología e innovación de los países de América Latina y el Caribe.

La serie de Documentos de Discusión producidos por algunas de las Cátedras UNESCO en la región que aquí se presenta ha sido concebida como un aporte a la discusión regional y colectiva de conocimiento relevante para responder a los objetivos de desarrollo sostenible planteados en la Agenda 2030.

Estos documentos, elaborados por expertos de reconocida trayectoria en sus respectivos campos de conocimiento, identifican desafíos relevantes para el avance en diversos aspectos de la Agenda 2030. Sus aportes describen áreas de conocimiento y de acción, relevantes para el futuro de la región –ya sea como oportunidad o como amenaza-, ofreciendo a consideración aportes valiosos para la toma de decisiones.


Estos aportes no pretenden ser conclusivos sino que, principalmente, se ofrecen como una invitación de la UNESCO a todas las partes interesadas para que, en conjunto y sin obviar diversidades o divergencias, podamos avanzar en el debate público sobre el rol a jugar por parte de las ciencias, tecnologías e innovación en el presente y el futuro de América Latina y el Caribe. La construcción de sociedades del conocimiento que sean más sostenibles, democráticas, inclusivas y con amplia protección a los derechos humanos, constituye una tarea urgente y necesaria.

El espíritu de los textos que hoy publicamos es el de enriquecer estos debates, promoviendo su continuidad en el tiempo que viene. Lo hacemos con el convencimiento de que estos esfuerzos son imprescindibles para avanzar en la agenda regional, de cara a la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible. Porque para conectarse al futuro deseable, debemos conectarnos a la ciencia.

¡Buena lectura, buenos debates!


Lidia Brito,

Directora, Oficina Regional de Ciencias
para América Latina y el Caribe - UNESCO



Evaluación económica de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos en la cuenca del río Vergara -Chile

*Alejandra Stehr
Felipe Vásquez Lavín
Roberto D. Ponce*



Alejandra Stehr Gesche (Dra. en Ciencias Ambientales) es Directora del Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, y Profesora Asociada en la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción. Su línea de investigación principal incluye la modelación hidrológica para la evaluación de la disponibilidad de agua antes cambios climáticos y de uso del suelo. astehr@udec.cl

Felipe Vásquez Lavín es Profesor Titular (PhD. Agricultural and Resource Economics) en la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad del Desarrollo. Su línea de investigación principal incluye valoración económica del medio ambiente, economía del agua, y economía de la salud.

Roberto Ponce Oliva Profesor Asistente (PhD. in Science and Management of Climate Change) en la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad del Desarrollo. Su línea de investigación principal incluye economía del cambio climático, economía del agua, y valoración económica del medio ambiente.

Resumen ejecutivo

La Cátedra UNESCO-EOLSS Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental tiene dentro de sus objetivos principales la generación de conocimientos que permitan apoyar la creación de políticas públicas en el área ambiental. En el presente trabajo se evalúan las consecuencias en el ámbito económico que podría producir el cambio climático a nivel de cuenca, para lo cual se utiliza un modelo hidro-económico que incluye la demanda de agua residencial y agrícola. Los resultados muestran que el cambio climático tendrá un impacto menor a nivel de la economía de la cuenca, pero con grandes consecuencias en la distribución, donde las comunidades con agricultura de subsistencia son las más vulnerables.

1. Introducción

Múltiples estresores afectarán la cantidad y la calidad de los recursos hídricos en la región de América Latina, como son cambios en los patrones climáticos, intervenciones humanas en agricultura, uso de suelo, construcción, manejo de embalses, emisiones de contaminantes y tratamiento de agua, aguas residuales, entre otros. Lo anterior incrementará los desafíos que enfrentan los tomadores de decisiones para administrar de manera sostenible los recursos hídricos. Para poder tomar buenas decisiones necesitan contar con herramientas simples pero que permitan no solo evaluar el impacto del cambio climático en la disponibilidad (o calidad) del agua, sino también evaluar posibles instrumentos económicos y estrategias de adaptación que faciliten un uso eficiente de los recursos hídricos. La Cátedra UNESCO-EOLSS Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental tiene dentro de sus objetivos principales la generación de conocimientos que permitan apoyar la creación de políticas públicas en el área ambiental.

El objetivo de este trabajo es mostrar cómo una herramienta analítica, que vincula los impactos físicos con la respuesta económica de los usuarios del agua, permitiría a los tomadores de decisiones evaluar diferentes estrategias de

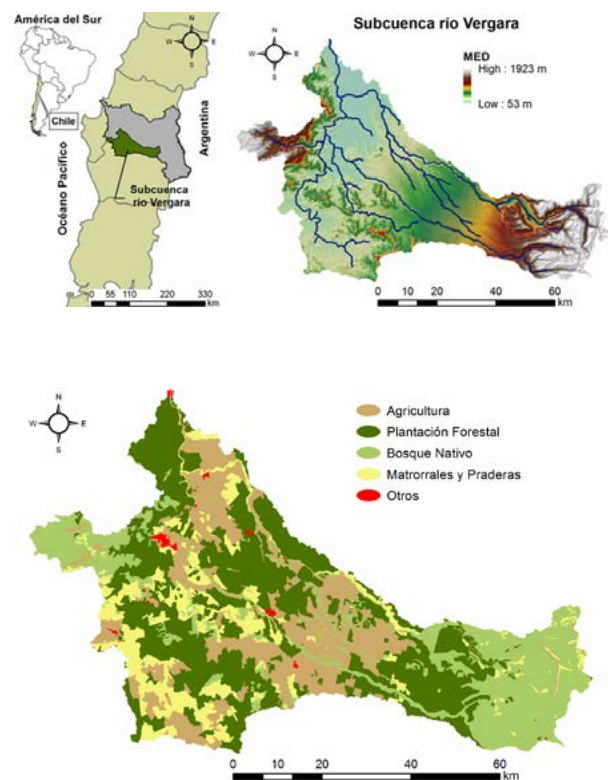
políticas públicas para minimizar el impacto económico asociados al cambio climático.

2. Enfoques y resultados.

La cuenca del río Vergara tiene una extensión de 4,260 km², con una población total de casi 200,000 habitantes, siendo una gran proporción de la población rural. Diez municipios componen la cuenca.

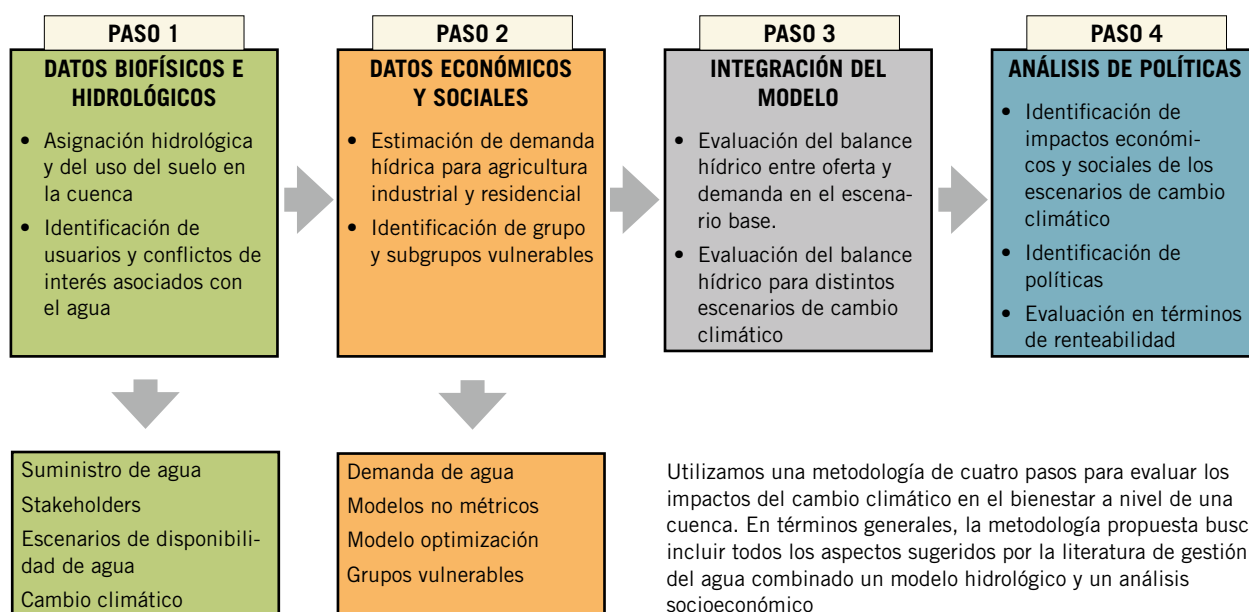
La demanda de agua dentro de la cuenca está caracterizada por tres grupos de usuarios: residencial, industrial y agrícola. Tiene 59,000 usuarios de agua residenciales (hogares), mientras que la demanda industrial de agua está dominada por la industria celulosa que representa más del 90% del uso del agua. Con respecto al sector agrícola, las actividades más intensivas en uso de agua son los cultivos (maíz, trigo y remolacha) y las frutas, que representan 38,000 hectáreas bajo riego (INE, 2007). Actualmente la cuenca se encuentra bajo un escenario de escasez hídrica.

Figura 1. a) Ubicación área de estudio. b) Usos del suelo.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Esquema metodología utilizada. Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

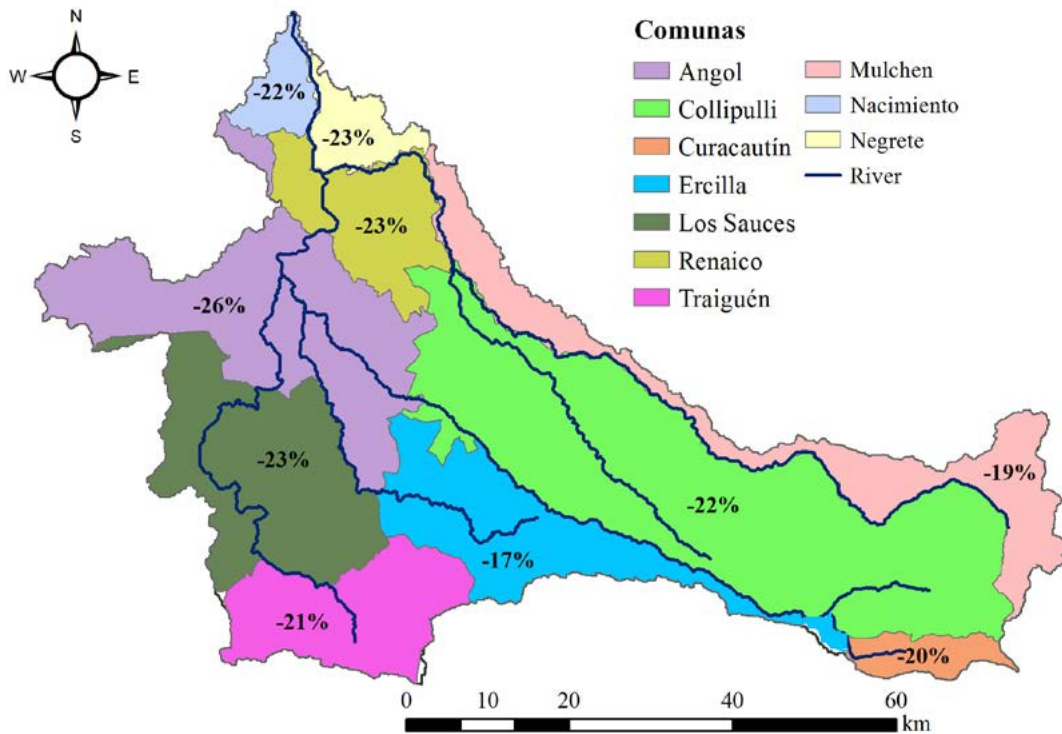
El Modelo Hidro-económico Vergara (VHM) es una herramienta matemática diseñada para analizar problemáticas relacionadas con el agua teniendo en cuenta dos tipos de usuarios: residencial y agrícola. La hidrología de la cuenca es representada por el modelo SWAT, mientras que la demanda de agua residencial y agrícola se modelan utilizando econometría y técnicas de optimización, respectivamente. El VHM es un modelo espacialmente distribuido en el que cada comuna es la unidad básica de análisis, cuyo objetivo es maximizar el superávit total de la cuenca, es decir, superávit residencial más excedente agrícola.

Debido al cambio climático (escenario SRES A2-2040) se espera en promedio una reducción del 21% del caudal del río, donde la reducción máxima se produciría en Angol (26%) y la mínima en Ercilla (17%). El cambio de temperatura simulado es de +2.9°C para toda la cuenca. Bajo este escenario, ambos usuarios (agricultura y hogares) debiesen evaluar sus decisiones de consumo de agua, de manera de asignar el agua al uso más valioso, en términos de bienestar económico. En el sector agrícola, los cambios simulados provocarían

una disminución del 3,2% en el total de tierras agrícolas, con desiguales consecuencias entre las actividades y las comunas. La disminución en la disponibilidad de agua hará que los agricultores cambien sus prácticas al pasar de cultivos de regadío a cultivos de secano (solo regado mediante precipitación).

El total de tierras regadas se estima disminuirán un 22,8% promedio, con Traiguen enfrentando la mayor disminución (-30%) y Negrete el mayor incremento (39%). Teniendo en cuenta el escenario de restricción de agua, los agricultores asignarán agua al uso más rentable, lo que implica asignar la menor cantidad de área irrigada a las actividades más rentables. Aunque se espera una disminución promedio del área regada, algunos cultivos como el trigo pueden aumentar un 13%. La mayor disminución en cultivos irrigados serán alfalfa (Curacutin (-85%), Angol (-54%) y Collipulli (-50%)) y el frijol común (Ercilla (-77%)). Por otro lado, para aquellas actividades en las que es posible usar tierras con y sin regadío (papas y trigo), el cambio de riego a no riego es válido en la mayoría de las comunas.

Figura 3. Porcentaje esperado de reducción de caudales a nivel de comuna.

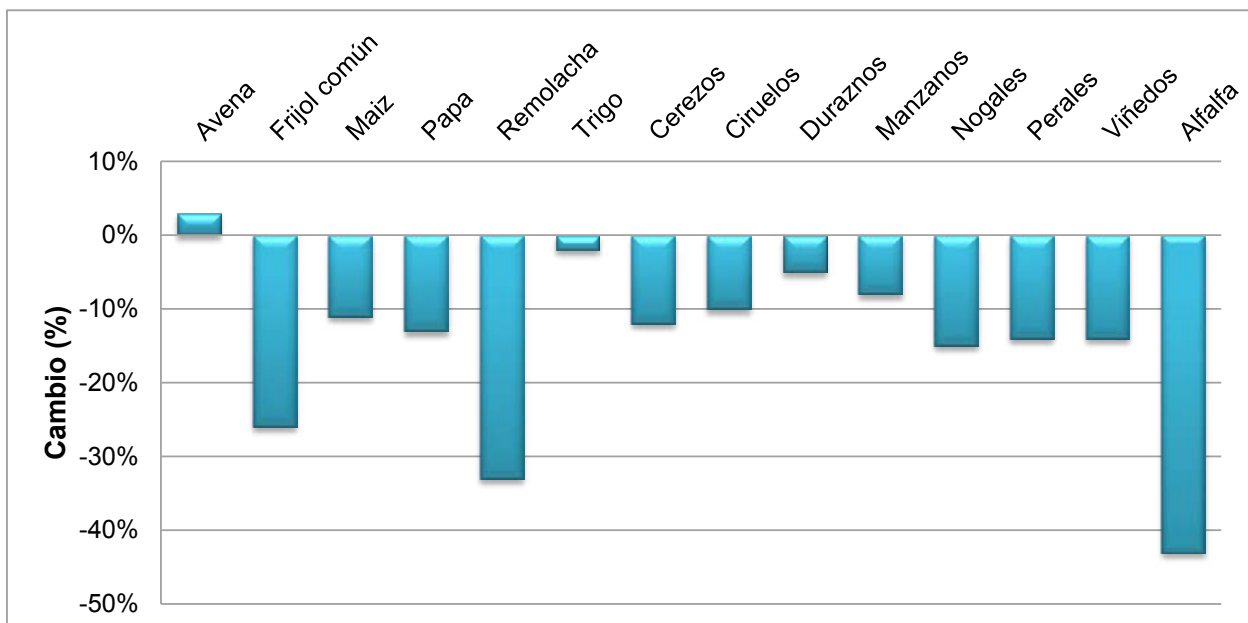


Fuente: elaboración propia.

Los cambios en la asignación de tierras antes descritos reducirán la producción agrícola total en la cuenca en un 11.5%, con siendo muy variable entre actividades y comunas. Por ejemplo, el mayor aumento de la producción se

espera en Negrete con una aumento del 23% en el trigo, mientras que en Curacautin se presenta la mayor disminución en la producción de alfalfa (-85%).

Figura 4. Reducción (%) de la producción agrícola según cultivo



Fuente: elaboración propia.

Todos los cambios previstos llevarán a una disminución en el bienestar económico agrícola de \$ 555 millones (USD 1.1 millones), equivalente al 2.6% del ingreso agrícola total.

Con respecto a los usuarios residenciales, el modelo econométrico predice que la demanda de agua aumentará con el aumento de la temperatura.

Como utilizamos valores medios, para todas las comunas la demanda de agua a nivel de hogar es la misma (14,3 m³/mes), por lo que las diferencias están asociadas al número de hogares en cada comuna. Usando esta información, junto con el parámetro de precio estimado, es posible calcular el excedente del consumidor para ambos casos, con y sin cambio climático.

Tabla 1. Demanda de agua residencial (103 x m³/año)

Comuna	Hogares	Demanda Total de Agua
Curacautin	3,103	535.2
Traiguén	3,535	609.7
Los Sauces	909	156.8
Angol	10,950	1,888.5
Ercilla	810	139.7
Collipulli	4,001	690.1
Mulchen	5,454	940.7
Renaico	1,719	296.5
Negrete	1,320	227.7
Nacimiento	5,221	900.5
Total	37,022	6,385

Tabla 2. Cambios en el bienestar de los agricultores (MM\$)

Comuna	Escenario Base	Cambio Climático
Mulchen	4,410.9	4,273.7
Nacimiento	549.6	528.7
Negrete	1,388.2	1,334.8
Angol	1,682.8	1,577.3
Collipulli	2,421.2	2,373.9
Curacautin	2,044.9	2,027.9
Ercilla	817.5	810.6
Los Sauces	325.4	325.0
Renaico	3,042.1	2,936.6
Traiguén	4,963.4	4,902.1
Total	21,646.0	21,090.5

Tabla 3. Superávit del consumidor (MM \$)

Comuna	Escenario Base	Cambio Climático
Mulchen	1,376.1	1,375.6
Nacimiento	1,903.9	1,903.2
Negrete	172.6	172.5
Angol	2,980.5	2,978.1
Collipulli	1,088.5	1,088.0
Curacautin	844.0	841.8
Ercilla	220.4	219.7
Los Sauces	247.4	247.2
Renaico	467.9	467.7
Traiguén	962.2	961.4
Total	10,263.5	10,255.3

Según los resultados, bajo el nuevo escenario climático, con menos agua y una temperatura más alta, los hogares podrían satisfacer casi toda su demanda de agua. Esto debido a que el agua tiene más valor para los hogares que para los agricultores. Por ejemplo, el uso total de agua agrícola disminuye un 26%, mientras que el agua utilizada por el hogar disminuye solo un 3%, lo que muestra la magnitud de la transferencia de agua entre los usuarios.

Todos los cambios descritos anteriormente provocarán una disminución de USD1.12 millones en el bienestar total de hogares y agricultores. El análisis espacial de la vulnerabilidad económica y social, en el sector agrícola, muestra que las comunas con mayor vulnerabilidad social también son las comunas que enfrentarán los mayores impactos económicos del cambio climático, representando el 37% del impacto total.

3. Conclusiones

Se puede concluir que la economía de la cuenca del río Vergara es vulnerable a los efectos que traería como consecuencia el cambio climático en la disponibilidad hídrica. A nivel comunitario, el modelo muestra una importante reasignación de agua entre los agricultores y los hogares. Por otro lado, el análisis de vulnerabilidad muestra que los grupos más vul-

nerables al cambio climático se encuentran en las comunas más afectadas. Los cambios previstos en los ingresos agrícolas exacerbarán la situación frágil de los pequeños agricultores, ubicados en esas comunas, aumentando su vulnerabilidad al cambio climático.

Las implicancias políticas de los resultados son relevantes, ya que este enfoque permite a los tomadores de decisiones clasificar distintas opciones de políticas públicas con respecto a su rentabilidad social y económica. Por ejemplo, evaluar si la construcción de nuevas infraestructuras para mejorar la disponibilidad de agua es más efectiva que aumentar la eficiencia del uso del agua.

4. Implicaciones y recomendaciones

Debido a la falta de datos, algunos aspectos no pudieron ser considerados en este estudio, incluyendo: mercados de agua, desempeño económico a nivel predial, extracción de agua subterránea y asuntos relacionados con el medioambiente. A pesar de estos inconvenientes, y debido al enfoque modular, estos podrían incluirse fácilmente una vez que la información necesaria esté disponible. Un paso en este sentido podría ser el uso del enfoque de toma de decisiones robustas.

A pesar de la utilidad del enfoque hidro-económico para la evaluación de políticas, este método debe ser parte de un enfoque más integral, en el que la dimensión económica sea solo uno de los temas considerados. En esta etapa, el modelo no capta toda la complejidad de las interrelaciones entre las distintas dimensiones biofísica (ecología e hidrología) y sociopolítica (instituciones). Más aún, futuros modelos deberían abordar los efectos superpuestos, la retroalimentación, la irreversibilidad e interacciones cruzadas, para comprender las complejas interrelaciones que influyen en las decisiones de gestión del agua a escala de cuenca.

**Oficina Regional de Ciencias de la UNESCO
para América Latina y el Caribe
UNESCO MONTEVIDEO
Luis Piera 1992, piso 2 (Edificio MERCOSUR)
Montevideo 11200
Tel. (598) 2413 2075
Uruguay**

**montevideo@unesco.org
www.unesco.org/montevideo**