

Información climática a corto y medio plazo para la gestión del agua

por Charles Pearson*

Introducción

En algunas ocasiones, los gestores e ingenieros hídricos hacen uso de la información y de las predicciones climáticas con arreglo a una serie de escalas temporales y espaciales, mientras que otras veces emplean sus propias técnicas para explicar la variabilidad climática. A más largo plazo, los impactos del calentamiento global serán de mayor interés para los gestores hídricos, al igual que ocurrirá con las predicciones climáticas e hidrológicas mejoradas, tanto a corto como a medio plazo. Por lo que respecta al corto (por ejemplo, hasta tres meses vista) y al medio plazo (interanual), será útil para los gestores, ingenieros y encargados de la toma de decisiones relacionadas con el agua el contar con un cierto nivel de conocimientos en climatología y variabilidad climática.

En este artículo se presenta una visión general sucinta de la información y predicción climática e hidrológica, así como los vínculos existentes entre los Servicios Hidrológicos Nacionales (SHN) y los gestores hídricos "aguas abajo".

Situación actual

Algunos SHN o sus organismos equivalentes están consiguiendo aprovechar la información habitual sobre proyecciones climáticas para elaborar predicciones hidrológicas con carácter regular (mensualmente).

Estas predicciones, que suelen efectuarse a tres meses vista (una estación), podrían resultar especialmente útiles para el sector del agua dulce, para usos tales como planificación de riegos, gestión de recursos hídricos, operaciones hidroeléctricas y mitigación de peligros naturales (crecidas y sequías). Las variables habituales que se predicen, si nos basamos en unas buenas predicciones y datos climáticos (temperatura del aire y precipitación) y en unos buenos datos hidrológicos, incluyen el estado de humedad del suelo y, probablemente, los caudales fluviales medios y los niveles de las aguas subterráneas y de los lagos para la siguiente estación.

Las predicciones hidrológicas dependen de unas buenas comunicaciones y de una adecuada transferencia de datos entre los servicios hidrológicos y climáticos nacionales. Normalmente, las predicciones se llevan a cabo por consenso entre hidrólogos experimentados. Al igual que ocurre con las predicciones climáticas, las hidrológicas dependen de la colaboración internacional, para así poder ampliar los pronósticos más allá de las fronteras nacionales, y lograr que puedan ceñirse a una base regional. La llegada de un mayor control hidrológico durante el Decenio Hidrológico Internacional (1965-1974) y de varios proyectos regionales correspondientes a los Sistemas de observación del ciclo hidrológico (HYCOS), están permitiendo a los países y regiones validar las predicciones hidrológicas con

datos fiables, ya sea en la actualidad o de cara al futuro.

Muchos gestores de recursos hídricos emplean sus propias técnicas para explicar la variabilidad climática a escalas estacionales y mayores. Por ejemplo, a la hora de diseñar un plan de protección frente a crecidas, un ingeniero hídrico calculará la frecuencia de crecidas para el emplazamiento de un río, estimando la magnitud del caudal máximo en la crecida con arreglo a un riesgo determinado de aparición. Si el plan de protección posee una vida de diseño a 50 años vista, los ingenieros tendrán en cuenta, entonces, que el cambio climático, la variabilidad climática y el cambio en los usos de la tierra aguas arriba podrán impactar en la frecuencia de aparición de máximos de crecida fluvial. Los supuestos relacionados con escenarios futuros suelen incluirse en los diseños, con el fin de tratar de explicar los cambios susceptibles de producirse más adelante.

Información y predicción

Algunos Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) y agencias climatológicas afines generan información y predicciones climáticas de forma regular para un período de uno a tres meses vista y más, para sus respectivos países y regiones colindantes. La información que se produce habitualmente incluye el estado de las precipitaciones y las temperaturas del aire y del mar para el período inmediatamente anterior, así como predicciones de la probabilidad de precipitación y de temperaturas atmosféricas para la

* Asesor hidrológico de la OMM para Nueva Zelanda y la Asociación Regional V, National Institute of Water & Atmospheric Research, PO Box 8602, Christchurch, Nueva Zelanda. Correo electrónico: c.pearson@niwa.co.nz

estación siguiente. Entre los usuarios de esta información se incluye el sector hídrico.

En algunos casos, los SHN y las agencias hidrológicas afines se asocian con sus homólogos climatológicos para producir las correspondientes predicciones “aguas abajo” de variables hidrológicas terrestres tales como la humedad del terreno, el caudal fluvial y las reservas de lagos y aguas subterráneas. Los gestores hídricos, admitiendo que las predicciones climatológicas e hidrológicas a escalas temporales estacionales y mayores no son del todo exactas, utilizan en cierta medida las predicciones disponibles, aunque también confían en sus propios métodos para explicar la variabilidad y el cambio climáticos.

Información y predicción del clima

La información climática se genera a partir de registros de datos climáticos de buena calidad y de la extracción oportuna de dichos datos para transformarlos en información relativa al estado de las condiciones actuales. Puede producirse información expresada en forma de tablas y mapas acerca de temperatura del aire, lluvia y precipitaciones, insolación, radiación solar, presión barométrica y temperaturas de la superficie del mar. Las Figuras 1 y 2 muestran anomalías de las temperaturas de la superficie del mar a escala mundial y nacional. La Figura 3 representa las anomalías mensuales de la pluviosidad.

La predicción climática depende de señales globales, como por ejemplo el estado del fenómeno interanual conocido como El Niño/Oscilación Austral (ENOA), la Oscilación Interdecadal del Pacífico y sus implicaciones (a partir de estudios y registros previos) a escala nacional y regional. El conocimiento científico local sobre la circulación y las estaciones, así como el desarrollo de herramientas de predicción estadística, tales como situaciones análogas similares acaecidas en el pasado o esquemas de regresión, son elementos que se emplean para predecir las variables climáticas con una antelación de uno a tres meses. Más de diez modelos climáticos globales se encargan de ofrecer predicciones sobre el estado de las temperaturas en la superficie del mar para el Océano Pacífico y sobre el fenómeno ENOA

con unas perspectivas que pueden llegar hasta los nueve meses.

Normalmente, los climatólogos tienen en cuenta toda la información disponible para dar forma a una visión consensuada destinada a predecir las perspectivas estacionales de variables tales como, por ejemplo, la temperatura del aire y la precipitación.

Información y predicción en términos hidrológicos

Al igual que la información climática, la información hidrológica puede generarse a partir de datos oportunos y de buena calidad, procedentes de las redes de vigilancia hidrológica. Una base importante para poder efectuar proyecciones hidrológicas de cualquier naturaleza es contar con una red de vigilancia hidrológica adecuada. Es necesario conocer el estado inicial de los caudales hídricos y de la situación de almacenamiento del agua antes de hacer cualquier tipo de predicción. La Figura 4 muestra el estado de los caudales fluviales en Nueva Zelanda.

El Centro Climático Nacional de Nueva Zelanda viene prediciendo la precipitación,

la temperatura del aire, los niveles de humedad del suelo y los caudales fluviales para seis regiones internas desde 1999 y a tres meses vista. Estas predicciones se publican en un boletín mensual, denominado “The Climate Update”, y también se ponen a disposición de quien quiera consultarlas a través de internet y de los medios de difusión. Entre los usuarios de las predicciones de la humedad del suelo se incluyen los sectores agrícola y hortícola, mientras que entre los que emplean las predicciones de caudales fluviales figuran las empresas de energía hidroeléctrica y de riego, así como organismos gubernamentales locales responsables de la gestión de riesgos y de los recursos hídricos.

Fundamentalmente, el método empleado para trasladar “sobre el terreno” las predicciones climáticas de la humedad del suelo y de los caudales fluviales se basa en las comunicaciones rutinarias (procedimientos operativos normalizados con carácter mensual) entre los climatólogos del Centro y los oceanógrafos (con sede en las oficinas del Instituto nacional de investigación hídrica y atmosférica (NIWA) de Wellington y Auckland) e hidrólogos (oficina del NIWA en Christchurch). Durante los nueve años que dura ya esta rutina, con procedimientos operativos de carác-

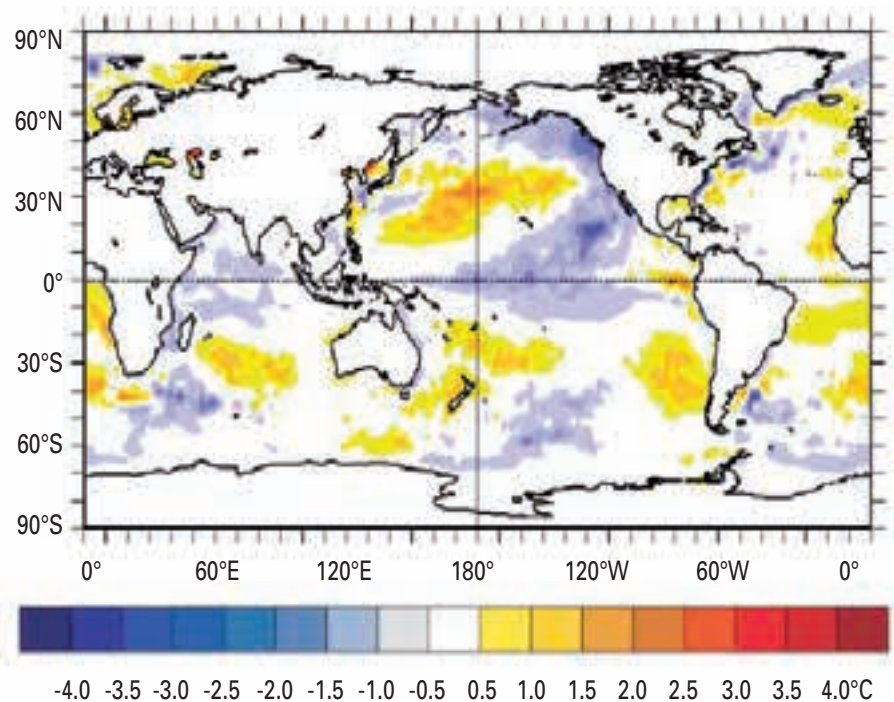


Figura 1 – Anomalías de las temperaturas de la superficie del mar en todo el mundo a finales de abril de 2008, que muestran unas temperaturas más frías de lo normal en el Pacífico ecuatorial, lo que pone de manifiesto un debilitamiento del fenómeno de La Niña

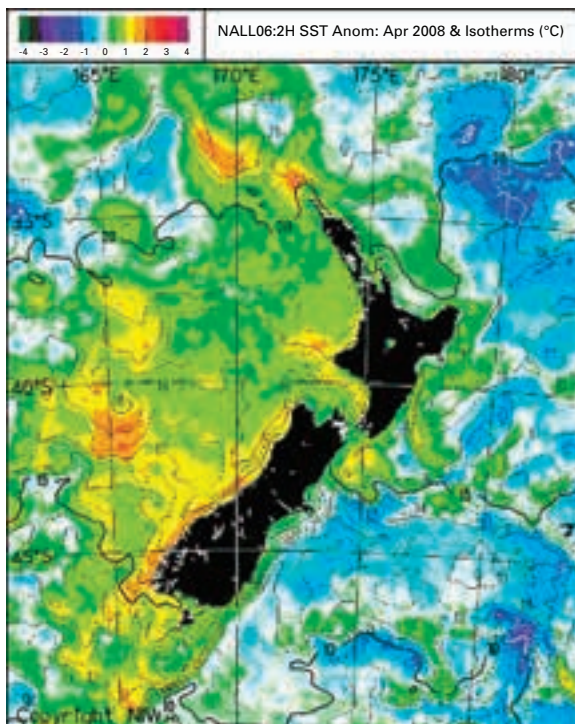


Figura 2 – Anomalías en las temperaturas de la superficie del mar en torno a Nueva Zelanda, a finales de abril de 2008

ter mensual, se ha desarrollado un mejor conocimiento entre los dos sectores de la ciencia, así como una mayor conciencia de la disciplina y terminología de la otra rama. Al mismo tiempo, se ha desarrollado una capacidad operativa de predicción medioambiental (con una antelación de hasta seis días) entre meteorólogos, oceanógrafos e hidrólogos.

En 2001, las predicciones estacionales del Centro sobre la humedad del terreno y el caudal fluvial pasaron de expresarse simplemente como “por encima de lo normal, normal o por debajo de lo normal” para la época del año a publicarse como predicciones “probabilísticas” cuantitativas, pronosticando las probabilidades relacionadas con los “terciles” de los niveles de

humedad del suelo a tres meses, así como en relación con los caudales fluviales medios en términos de que fueran a encontrarse en el tercio superior, medio o inferior de sus distribuciones (Figura 5).

Se ha evaluado la precisión de las predicciones probabilísticas del caudal fluvial, y se ha determinado que el nivel de pericia existente en este tipo de pronósticos es mejor que la “climatología” (la predicción nula de adjudicar el 33 por ciento de probabilidades a cada tercil). Además, se han examinado las desviaciones en las predicciones del caudal. Las predicciones de caudales normales o por debajo de lo normal eran más numerosas que las predicciones de caudales por encima de lo normal. Estas desviaciones estaban asociadas con la dificultad de predecir, con una estación de antelación, el clima en caso de episodios meteorológicos extremos de temporal que pudieran provocar el desbordamiento de los ríos.

Los registros fiables de los caudales fluviales pueden presentarse en tiempo casi real, como elementos indicadores de situaciones extremas, como por ejemplo condiciones de sequías continuadas, o del estado de las inundaciones (por ejemplo, Figura 6). Al igual que ocurre con la Figura 4, conocer la situación de los caudales fluviales resulta útil como condición inicial de cara a efectuar predicciones mensuales y estacionales con cierta antelación, así como para realizar pronósticos del caudal a más corto plazo (hasta con cuatro días de antelación).

Utilidad de la información climática para los gestores e ingenieros hídricos

En 2006 se celebró una reunión de expertos, en la sede de la OMM, acerca de las necesidades de información climática de la comunidad dedicada a la gestión y planificación del agua. El objetivo era ofrecer una plataforma de diálogo entre los gestores hídricos y los climatólogos, así como tomar en consideración el concepto de un proyecto encaminado a facilitar y extender el uso de la información climática en la gestión de los recursos hídricos y su utilización en la planificación de estos recursos y en las

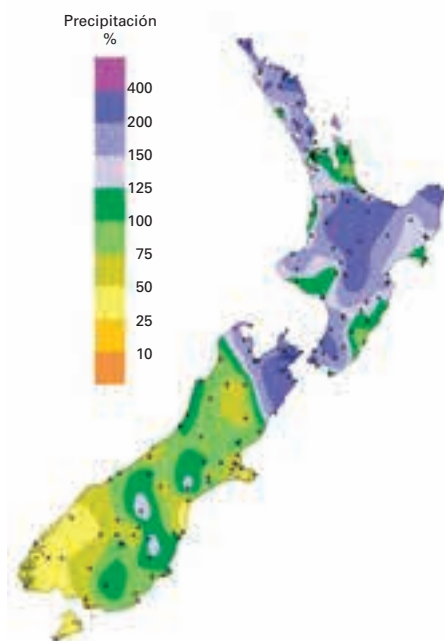


Figura 3 – Pluviosidad en Nueva Zelanda en abril de 2008, expresada como porcentaje de la pluviosidad normal del mes de abril (los puntos muestran las localizaciones de las estaciones climatológicas)

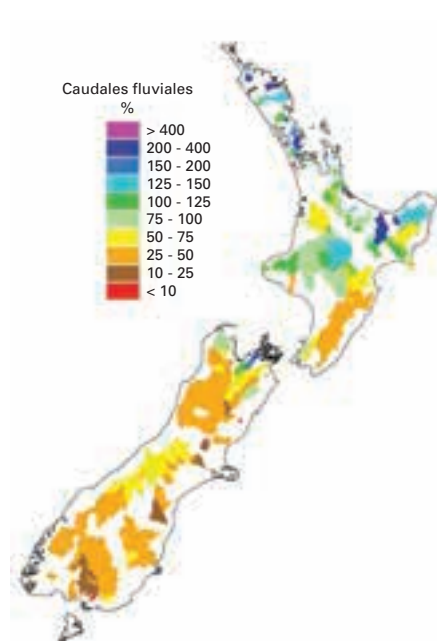


Figura 4 – Caudales fluviales medios en Nueva Zelanda en abril de 2008, expresados como porcentaje de los caudales normales del mes de abril, para cuencas con estaciones de aforo del caudal fluvial

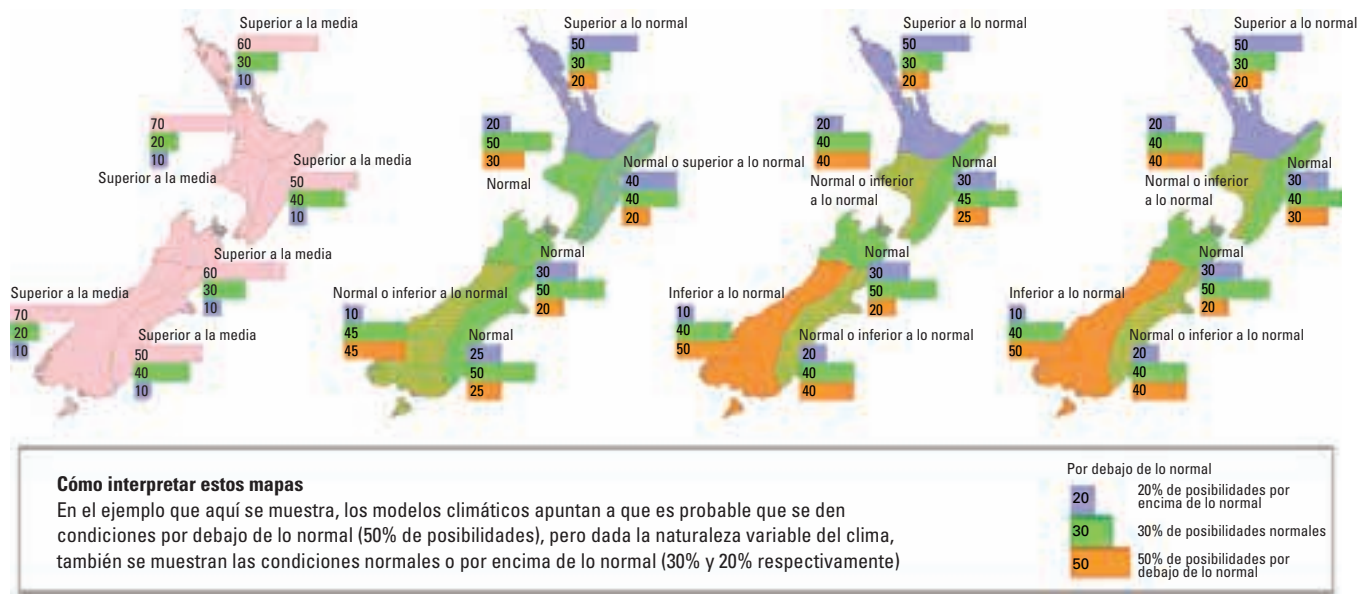


Figura 5 – Predicciones de probabilidad por terciles para mayo-julio de 2008 para (de izquierda a derecha) temperatura del aire, pluviosidad, humedad del suelo y caudal fluvial en seis regiones neozelandesas

operaciones relacionadas con los mismos. En la reunión se adoptaron varias conclusiones que deberían servir como base de cara a las futuras interacciones entre las comunidades de gestión del agua y de información climática; algunas de estas conclusiones son las siguientes:

- El reconocimiento de que tanto los gestores hídricos como los encargados de suministrar información climática se benefician al trabajar de forma conjunta en asuntos de interés común; en otras palabras, se puede lograr una mejor planificación y gestión de los recursos hídricos en el contexto de una gestión integrada de los mismos.
- El consenso general de que la información climática cuenta con un gran valor potencial, aunque también en el sentido de que aún existen grandes incertidumbres de predicción en lo que respecta a los tipos de información cuantitativa que los gestores hídricos suelen emplear. Es necesario seguir trabajando para mejorar la fiabilidad de las predicciones de los modelos climáticos en todas las escalas temporales.
- La mayor parte de las oportunidades inmediatas se presentan con arreglo a la escala de las proyecciones climáticas estacionales puesto que, en el momento

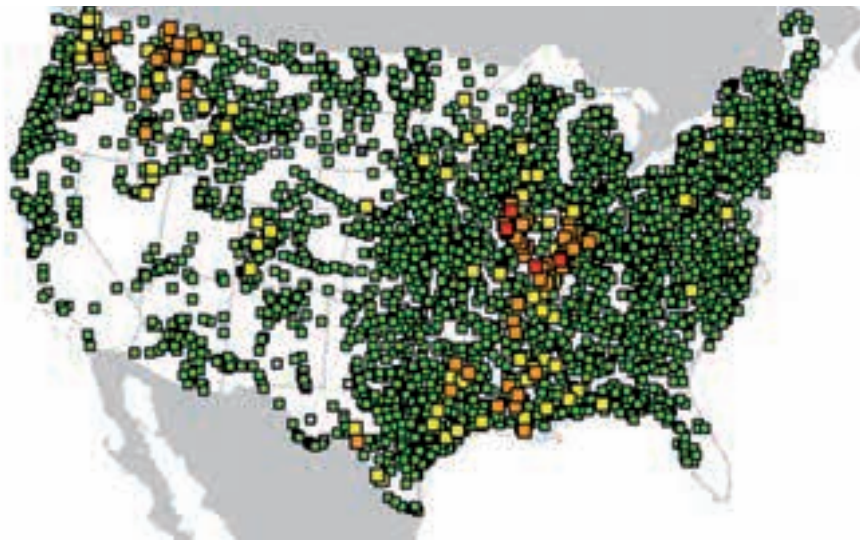
actual, este tipo de información resulta más sencilla de asimilar para los gestores hídricos.

- Las oportunidades deberían de basarse en las sinergias temporales, es decir, en la utilización de la información climática en diferentes escalas temporales (predicciones del tiempo a largo plazo, proyecciones climáticas estacionales, variabilidad climática interanual y cambio climático) junto con las correspondientes funciones operativas, tácticas y estratégicas de gestión.
- Se identificaron las áreas prioritarias de la investigación climática en las que es necesario invertir y que están centradas en las necesidades de información en materia de gestión hídrica.
- Las cuestiones relativas a la base científica de la validación de las técnicas predictivas de los modelos climáticos y su utilidad para la gestión hídrica. Este debería ser un punto fundamental del marco conceptual propuesto para las actividades de seguimiento.
- Los gestores hídricos no llevan a cabo un uso rutinario de las predicciones climáticas. No existe nada acordado en términos generales en lo que respecta al marco conceptual de cara a la utiliza-

ción de las predicciones y escenarios relacionados con el clima.

- Existe una imperiosa necesidad de que la comunidad climática cuantifique las incertidumbres de las predicciones climáticas y de que los gestores hídricos exploren el modo de emplear los productos climáticos probabilísticos de una forma más rutinaria.
- Se desarrolló un concepto de proyecto y un plan para facilitar el uso de la información climática adecuada por parte de los gestores hídricos, especialmente entre los países en vías de desarrollo.

La reunión también aportó datos al concepto de proyectos piloto, con el fin de trasladar a los SHN presentes en la reunión las nuevas expectativas surgidas como consecuencia de la sensibilización sobre el cambio climático. Teniendo en cuenta este concepto, se han iniciado dos proyectos piloto en México y Egipto. Gracias a la pequeña experiencia adquirida hasta la fecha, queda patente que la OMM, trabajando de la forma en la que lo viene haciendo con las comunidades climáticas tanto científicas como hidrológicas, se encuentra en una posición privilegiada para ofrecer todo el respaldo necesario de cara a facilitar el desarrollo de esta actividad, que cuenta con participantes múltiples, bajo los auspicios generales de la Comisión de Hidrología y con el apoyo de la Comisión de



3 796 medidores totales
149 localizaciones con crecida

- 273 medidores: observaciones de más de 24 horas
- 15 medidores: fuera de servicio

- 13 medidores: inundación importante
- 46 medidores: inundación moderada
- 90 medidores: inundación pequeña
- 96 medidores: fase de crecida próxima
- 3 263 medidores: no hay inundación

Última actualización del mapa: sábado 7 de junio de 2008, 07:33:43 pm EDT

Figura 6 – Estado de las crecidas en las estaciones de aforo del caudal en los Estados Unidos (7 de junio de 2008), por cortesía de la NOAA y del USGS

Climatología. Ambas comisiones se encuentran en una posición destacada para poder aportar asesoramiento experto a la vista de los miembros con los que cuentan, entre los que se encuentran expertos de los países Miembros de la OMM.

Los ingenieros hidrológicos y la mayor parte de las agencias responsables de la gestión hídrica aún no confían demasiado en las predicciones que amplían los modelos climáticos normales a través de la utilización del ENOA y de indicadores de otro tipo, debido a las grandes incertidumbres existentes. Son los ingenieros los responsables de la planificación y el diseño de proyectos hídricos, más que los hidrólogos, los predictores climáticos o los meteorólogos. Algunos artículos recientes (Welles y otros, 2007) que examinan la técnica de predicción de los pronósticos hidrológicos en escalas temporales de corto plazo ponen de manifiesto que siguen existiendo grandes incertidumbres. Esta es una de las razones principales por las que los gestores e ingenieros hídricos, que se encargan de tomar decisiones relativas a proyectos y son responsables de las consecuencias, no tienen

una confianza plena en las predicciones y estimaciones para varias escalas temporales que se obtienen de los modelos climáticos e hidrológicos.

Investigación futura

Se están desarrollando varias herramientas de simulación hidrológica (por ejemplo, Sorooshian y otros, 2005), para modelar los procesos hidrológicos de forma más precisa con arreglo a una gama apropiada de escalas temporales y espaciales, en paralelo con el desarrollo de modelos climáticos globales, regionales y mesoescalares. Los vínculos existentes entre los modelos climáticos e hidrológicos pueden facilitar la obtención de información hidrológica y climática basada en parámetros físicos y con un carácter científico, tanto a corto como a medio plazo, así como la emisión de predicciones más prácticas para los gestores del agua. Actualmente se están empleando modelos climáticos idénticos basados en parámetros físicos con arreglo a varias escalas temporales, desde las predicciones meteorológicas a corto plazo hasta la simulación del cambio climático a escalas

seculares. Asimismo, se están probando modelos hidrológicos basados en parámetros físicos (por ejemplo, Bandaragoda y otros, 2004), vinculados a los modelos climáticos, con propósitos de predicción y estimación para varios plazos de tiempo de antelación. Estos conjuntos multimodelo y técnicas de reducción de escala podrían mejorar la capacidad de las predicciones y reducir las grandes incertidumbres actuales durante los próximos 25 años.

Con el fin de validar los modelos climáticos e hidrológicos deben mantenerse, al menos en sus niveles actuales, aspectos como el control en curso y el almacenamiento de datos, la garantía de calidad y su análisis.

Agradecimientos

Valoro en gran medida las ideas y comentarios de los compañeros y personal de la OMM que asistieron al cursillo de la OMM de 2006 sobre la utilización de la información climática por parte de los gestores hídricos, y especialmente las aportaciones de Harry Lins, Eugene Stakhiv, Wolfgang Grabs y otros. Quiero dar las gracias a los compañeros del Centro Climático Nacional del NIWA por las figuras 1-5, y también deseo agradecer los ánimos y el interés de Avinash Tyagi, Gabriel Arduino, Mohamed Tawfik y Rupa Kumar Kolli, del Departamento del Clima y el Agua de la OMM.

Referencias

BANDARAGODA, C., D.G. TARBOTON and R.A. WOODS, 2004: Application of TOPNET in the Distributed Model Intercomparison Project. *Journal of Hydrology* 298(1-4): 178-201.

SOROOSHIAN, S., R. LAW FORD, P. TRY, W. ROSSOW, J. ROADS, J. POLCHER, G. SOMMERIA and R. SCHIFFER, 2005: Investigación de los vínculos entre el ciclo hídrico y el ciclo energético. *Boletín de la OMM* 54 (2), 58-64.

WELLES, E., S. SOROOSHIAN, G. CARTER and B. OLSEN, 2007: Hydrologic verification: A call for action and collaboration. *Bulletin of the American Meteorological Society* 88(4), 503-511.