

# Adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático: el sistema de Foros sobre la evolución probable del clima

por Laban Ogallo<sup>1</sup>, Pierre Bessemoulin<sup>2</sup>, Jean-Pierre Ceron<sup>2</sup>, Simon Mason<sup>3</sup> y Stephen J. Connor<sup>3</sup>

## Introducción

**Los extremos meteorológicos y climáticos están asociados a la pérdida de vidas, la destrucción de bienes materiales y muchas otras desgracias socioeconómicas a nivel mundial.**

Amenazan los medios de sustento y la propia existencia de la humanidad. La vulnerabilidad de las sociedades parece aumentar año tras año en muchos países en vías de desarrollo, especialmente en África. El Cuarto Informe de Evaluación publicado recientemente por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) confirma que las actividades de naturaleza humana están cambiando el clima debido a las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera (IPCC, 2007). Afrontar los impactos negativos de los actuales extremos climáticos y lograr adaptarse a los futuros cambios climáticos son aspectos que constituyen algunos de los principales desafíos a los que debe hacer frente la humanidad hoy en día.

Durante los últimos 10 años, la OMM, los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), las instituciones climáticas regionales y otros organismos internacionales han desarrollado un sistema innovador, conocido como Foro regional sobre la evolución probable del clima (RCOF), que tiene el objetivo de ofrecer información climática estacional consensuada de

alerta temprana, con el fin de reducir los riesgos asociados con el clima y de apoyar los esfuerzos de desarrollo sostenible llevados a cabo en determinadas regiones. Los RCOF reúnen a científicos del clima, a gestores políticos y a la comunidad general de usuarios, con la intención de desarrollar alertas sobre posibles impactos del clima en diversos sectores socioeconómicos. Los temas de los RCOF se seleccionan en función de las necesidades climáticas regionales predominantes de los usuarios.

El presente artículo aborda las posibles funciones del sistema de los RCOF en lo relativo a la adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático. Entre los asuntos tratados cabe citar:

- El sistema del RCOF en sí, incluyendo la historia y los diferentes mecanismos para el desarrollo y difusión de las predicciones de consenso.
- La predictibilidad climática a escalas temporales que van desde el nivel estacional hasta el interanual.
- La atención de las cada vez mayores y más diversificadas necesidades de los usuarios.
- La evaluación de la importancia y de los beneficios de los productos RCOF.

- Algunas historias de éxito en aplicaciones de productos RCOF.
- Las limitaciones y los desafíos de los productos RCOF.

## El sistema

La idea de los “foros sobre la evolución probable del clima” se gestó en un Cursillo sobre reducción de la vulnerabilidad relacionada con el clima en el África Meridional (Cataratas Victoria, Zimbabue, octubre de 1996). Partiendo de la base de que las predicciones climáticas podrían suponer un importante beneficio para muchas zonas del mundo de cara a la adaptación a la variabilidad y al cambio climáticos, así como en lo relativo a la mitigación de los impactos derivados de ellos, se inició una planificación encaminada a crear un RCOF con la responsabilidad principal de generar y difundir una evaluación regional (utilizando un enfoque basado principalmente en el consenso) del estado del clima a nivel regional de cara a la estación venidera. En el seno del sistema del RCOF se encuentra integrada una red regional y nacional de los proveedores de servicios climáticos y de representantes del sector de usuarios.

Siempre reconociendo su vulnerabilidad ante la variabilidad climática extrema, África ha sido uno de los participantes pioneros y más entusiastas en el sistema del RCOF. Los países participantes consideran el potencial de la previsión climática y de la predicción estacional como una poderosa

1 Centro de predicción y de aplicaciones climáticas de la Autoridad intergubernamental sobre el Desarrollo, Nairobi (Kenia)

2 Météo-France, Toulouse (Francia)

3 Instituto internacional de investigación sobre el clima y la sociedad, Palisades, Nueva York (EEUU)



herramienta de desarrollo, destinada a ayudar a que la población y los responsables de la toma de decisiones puedan afrontar los desafíos planteados por la variabilidad del clima y el cambio climático. Las capacidades nacionales y regionales son muy diversas, pero a todas luces inadecuadas para hacer frente a esta tarea en solitario. Desde 1997, cuando se inició el sistema de foros en Kadoma (Zimbabue), África se ha beneficiado de un alto grado de creación y financiación de capacidad, que ha permitido que el Foro sobre la evolución probable del clima en África Meridional y el Foro sobre la evolución probable del clima en África Occidental puedan reunirse una vez al año, y que el Foro sobre la evolución probable del clima en el Cuerno de África pueda hacerlo propio dos veces al año. Paralelamente, los SMHN y algunos responsables de la toma de decisiones se han dado cuenta de los beneficios potenciales que pueden obtenerse, y han desempeñado papeles de mayor calado en el proceso. La propiedad, actualmente, recae en gran medida sobre los organismos nacionales y regionales, aunque existe una necesidad continua de apoyo a todos los niveles para garantizar que se mantenga el impulso conseguido hasta la fecha.

La OMM, a través de su proyecto de Servicios de información y predicción del clima (CLIPS), ha realizado una importante contribución de cara al desarrollo y a las actividades emprendidas por los foros, junto con varios

organismos bilaterales y multilaterales que se encargan de efectuar aportes económicos y en especie. Entre ellos se incluyen los siguientes: la Oficina de programas mundiales de la Administración nacional del océano y de la atmósfera de los Estados Unidos, la Agencia de los EEUU para el desarrollo internacional, la Unión Europea, el Instituto internacional de investigación, la Oficina Meteorológica del Reino Unido, Météo-France, el Banco Mundial, muchos SMHN y otros organismos, entre los que figuran universidades e institutos de investigación.

Un aspecto importante de los foros es el hecho de que reúnen a expertos de diferentes campos, a meteorólogos locales y a usuarios finales de las predicciones en un entorno que invita a la interacción y al aprendizaje. Consecuentemente, el sistema de RCOF se ha ampliado a América del Sur, América Central, Asia y las islas del Pacífico. Aunque los mecanismos de puesta en funcionamiento de los RCOF a nivel mundial se han modificado teniendo en cuenta las condiciones locales, el concepto fundamental ha permanecido inalterado, trascendiendo más allá de los límites de las diversas regiones y logrando aportar productos relevantes de predicción climática en tiempo real, basados en el consenso y destinados a los usuarios finales a través de la cooperación y la asociación regional.

Entre los desafíos identificados en el sistema hasta la fecha, un área fundamental

es el diseño y suministro de información climática y de productos de predicción que satisfagan las necesidades de los usuarios finales. La consecución de este objetivo requerirá un esfuerzo coordinado para poner de manifiesto los beneficios derivados. Este desafío, junto con el de la sostenibilidad, señala la necesidad continua de mejorar los postulados científicos de las predicciones a fin de crear capacidad y de lograr un apoyo sostenido.

El proceso de predicción por consenso que rige las operaciones del RCOF consta de los siguientes elementos:

- Determinación del momento crítico para el desarrollo de la predicción climática para la zona en cuestión.
- Reunión de un grupo de expertos:
  - especialistas en predicción a gran escala;
  - especialistas en aplicaciones climáticas y en predicción y reducción de escala, a nivel regional y local;
  - partes interesadas en representación de los sectores sensibles al clima.
- Análisis de las anomalías climáticas actuales (globales y regionales) a gran escala y de las predicciones más recientes para comprobar su evolución.
- Examen de las condiciones climáticas actuales y de sus impactos a nivel local, nacional y regional, así como de las predicciones a escala nacional.
- Teniendo en cuenta todos los factores, generación de una predicción consensuada con los correspondientes productos de salida (por ejemplo, mapas de anomalías de temperatura y precipitación), que serán aplicados y ajustados (reducción de escala) por parte de los SMHN en la región a fin de hacer frente a las necesidades nacionales.
- Discusión de las aplicaciones de la predicción y de la información climática afín dirigida a los sectores sensibles al clima de la región; consideración de productos prácticos para su desarrollo por parte de los SMHN.

- Desarrollo de estrategias para comunicar la información de forma eficaz a los responsables de la adopción de decisiones en todos los sectores afectados.
- Evaluación de la reunión y de sus resultados:
  - documentación de las mejoras logradas en el sistema y de cualquier desafío con el que se haya topado;
  - definición de los pasos necesarios para mejorar aún más el sistema de cara a reuniones posteriores.
- Suministro de actualizaciones de seguimiento en la medida en que sean necesarias.

Los RCOF fomentan el desarrollo de la capacidad climática en los SMHN. Representan una gran aportación a la hora de generar decisiones y actividades que puedan reducir los impactos adversos del clima, y ayudan a que las comunidades puedan adaptarse a la variabilidad climática. También debe señalarse que, además del apoyo directo a los RCOF, la OMM, junto con otros socios, ha estado llevando a cabo procesos de forma coordinada para desarrollar un número determinado de mecanismos globales y regionales que podrían reforzar aún más las actividades de los RCOF. La OMM ha creado centros mundiales de producción de predicciones a largo plazo, que ofrecen predicciones estacionales a nivel mundial en tiempo real, accesibles para todos los Miembros de la Organización. A través de sus asociaciones regionales, la OMM también se encuentra en una fase avanzada de creación de centros climáticos regionales que se encarguen de las necesidades especiales relacionadas con los servicios climáticos de las regiones.

El sistema de los RCOF, que fue pionero en África, incluye un componente de formación destinado a reforzar la capacidad de los científicos climáticos regionales a través de un cursillo de formación a nivel regional sobre predicción climática estacional, con el apoyo de expertos regionales e internacionales. Este seminario de formación viene seguido de una reunión de científicos regionales e internacionales, que se encargan de establecer un consenso para la evolución probable del clima en la

región. Sin embargo, en realidad, el foro conlleva la interacción entre los científicos climáticos y los usuarios de cara al establecimiento de estrategias de respuesta. El RCOF también ofrece un foro para el estudio de los obstáculos existentes en el uso de la información climática, las experiencias y las lecciones satisfactorias a extraer con respecto a las aplicaciones de los productos de los RCOF anteriores, así como de cara al desarrollo de nuevas estrategias para aplicaciones concretas del sector. Los últimos RCOF han venido seguidos de foros nacionales destinados a facilitar información detallada de riesgo climático nacional a los usuarios finales.

## Predictibilidad climática a escalas temporales de estacionales a interanuales

En el apartado anterior se hizo hincapié en el hecho de que el sistema de RCOF implica el desarrollo de perspectivas climáticas estacionales basadas en el consenso y aplicables a regiones específicas, obtenidas a partir de productos de predicción estacional procedentes de diversos centros climáticos. Por esta razón es importante estudiar la predictibilidad del clima estacional, con el fin de

poder comprender las limitaciones y desafíos asociados con los productos RCOF. En este contexto, el reciente documento de posicionamiento sobre las predicciones estacionales publicado por el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC, 2007) también constituye un elemento de interés para una consideración más detallada de los aspectos implicados.

## Predictibilidad del clima estacional

Las predicciones numéricas del tiempo pierden prácticamente toda su exactitud más allá de unos 15 días, aunque pueden seguir emitiéndose predicciones numéricas de cara a los siguientes meses. ¿Cuál es el hecho que posibilita predecir el clima con arreglo a escalas temporales estacionales cuando no es posible predecir el tiempo? La evolución de la atmósfera depende de su estado inicial y de la influencia que algunas fuentes externas, como el Sol y las superficies oceánicas o continentales, ejercen sobre aquella. Para pronosticar el tiempo durante los días siguientes, el proceso principal debe girar en torno a predecir el cambio de la atmósfera a partir de su estado inicial, mientras que para pronosticar el clima durante los meses siguientes, el enfoque principal debe basarse en las

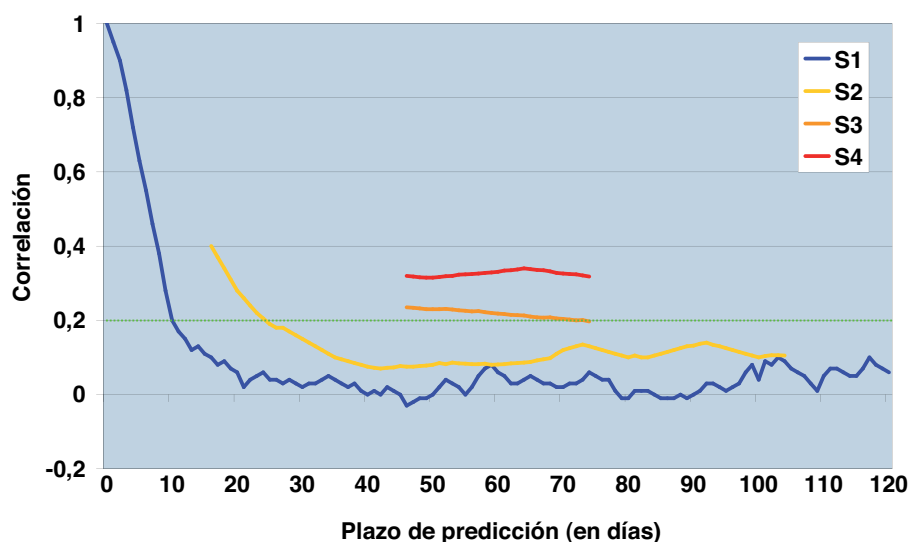


Figura 1 – Coeficientes de correlación de anomalías de las predicciones diarias (S1) de Z500 en el hemisferio norte (conjunto de datos de referencia ERA 40) utilizando un modelo de circulación general con una resolución de unos 300 km de malla, junto con los coeficientes de escala mensual (S2), escala estacional (S3) y predicciones por conjuntos de escala estacional (S4), identificando una mejora progresiva en la precisión. La línea verde horizontal indica un nivel de confianza estadística del 95% para las correlaciones.

posibilidades existentes de que la atmósfera se vea afectada por mecanismos de influencia externa. Debido a que la evolución de estos mecanismos externos suele ser lenta y normalmente predecible con arreglo a un intervalo de varios meses (de forma más notable para las temperaturas de la superficie del mar), los efectos sobre la atmósfera pueden, en cierta manera, anticiparse.

La técnica empleada en estas escalas temporales de mayor duración se basa en promediar temporalmente las predicciones (Figura 1). El objetivo no es predecir las condiciones meteorológicas concretas en un día dado, sino determinar las condiciones medias del tiempo a lo largo de varios días. De hecho, el comportamiento a gran escala de la atmósfera es el que se pronostica y el que se ve afectado por los mecanismos de influencia en mayor medida que las características atmosféricas a pequeña escala, que están sujetas a cambios rápidos y resultan imposibles de predecir de forma precisa.

## Explicación y comunicación de la incertidumbre de la predicción

Debido a los amplios plazos implicados en las predicciones estacionales, la incertidumbre de las mismas es en gran medida comparable con la derivada de las predicciones meteorológicas; además, es importante comunicar el grado de incertidumbre de la predicción en cuestión. Para poder llevar a cabo este proceso de forma fiable, resulta necesario comprender las fuentes de tal incertidumbre. La primera de ellas procede del conocimiento imperfecto del estado actual del sistema climático.

Una predicción implica pronosticar la evolución futura del estado actual de la atmósfera; si no conocemos cuál es este estado, inevitablemente, la predicción no será perfecta. Nuestro conocimiento imperfecto del estado actual de la atmósfera se debe, en parte, a la insuficiencia de la red de observaciones, y también es debido a los errores de observación en los puntos donde se efectúan las mediciones. Cuando estas observaciones se emplean para dar forma a una

descripción del estado actual del sistema climático a través de los sistemas de asimilación se producen más errores. Para tomar en consideración esas incertidumbres en las condiciones iniciales se llevan a cabo varias predicciones, cada una de ellas representa una estimación diferente de los estados iniciales del sistema climático. Este procedimiento conduce a un conjunto de predicciones, y los elementos individuales del conjunto suelen indicar diferentes condiciones climáticas estacionales.

También se introduce más incertidumbre por la naturaleza imperfecta de los modelos empleados para efectuar las predicciones. Estos modelos deben simplificar el sistema climático real, por ejemplo a través de la discretización y la parametrización, introduciendo así elementos de incertidumbre en las predicciones. La mejor forma de reflejar estas incertidumbres es mediante la utilización de resultados procedentes de varios modelos de un conjunto de modelos múltiples. Además, cabe mencionar que el sistema climático en sí mismo cuenta con un componente inherente de imprevisibilidad.

Debido a todas estas incertidumbres, una única predicción representaría solamente una de entre un conjunto numeroso de predicciones igualmente válidas. Por tanto, los conjuntos de predicciones suelen resumirse en forma de previsión probabilística. Aunque existen diferentes formas de resumir los posibles resultados, el método que suele emplearse es el de indicar la probabilidad de que el clima observado se encuentre dentro de las tres categorías definidas a partir de los terciles de los datos climatológicos, a saber: por encima de lo normal, normal y por debajo de lo normal. Este formato se está adoptando en todos los RCOF.

## Productos de predicción estacional y niveles de exactitud en la predicción

Los productos más comunes de predicción estacional, con mucha diferencia, son los relacionados con la temperatura media estacional y la cantidad total de precipitaciones, aunque se generan otros productos estacionales en muchos centros climáticos de todo el mundo. Entre ellos se encuentran la actividad ciclónica tropical en las cuencas

oceánicas principales y las predicciones de variables no climáticas como el caudal en algunas regiones de los RCOF y el riesgo de epidemia de malaria (Guofa y otros, 2004; Thomson y otros, 2005) en las zonas meridionales y orientales de África. Las predicciones de ciclones tropicales se generan a través de la utilización de modelos numéricos y estadísticos; las aproximaciones basadas en modelos múltiples parecen ser especialmente eficaces.

Debido a la naturaleza probabilística de las predicciones estacionales, las evaluaciones de predictibilidad han de realizarse por medio de un amplio conjunto de predicciones. En el caso de los modelos estadísticos, estas evaluaciones se calculan a través de algún tipo de procedimiento de validación cruzada, a fin de generar "previsiones" para los años anteriores; para los modelos numéricos, se generan "predicciones retrospectivas". En los procesos estadísticos es relativamente sencillo generar las predicciones con validación cruzada en la medida en que exista disponibilidad de los datos de observación, pero resulta muy complicado garantizar que estas predicciones con validación cruzada no se presenten mejor que las predicciones efectuadas en tiempo real. Para los modelos numéricos, es mucho más complicado elaborar las predicciones retrospectivas debido al gasto informático y por la necesidad de contar con datos de observación mucho más completos, aunque estos modelos pueden conseguir una estimación realista de la capacidad de las predicciones en tiempo real de manera más sencilla que los modelos estadísticos.

Hoy en día, la capacidad de los modelos estacionales estadísticos y numéricos es similar. Sin embargo, con un mejor nivel de observación del sistema climático, mejores esquemas de asimilación y mejor representación de los componentes de dicho sistema, los modelos numéricos cuentan con un potencial mayor para mejorar los actuales niveles de precisión. La tabla adjunta (Palmer y otros, 2008) presenta el índice de acierto de Brier (*Brier Skill Score*, BSS) para los parámetros principales (temperatura y precipitación) y las regiones del planeta con arreglo a la predicción estacional a un mes vista extraída del experimento de múltiples modelos DEMETER. El índice

Calidad de las predicciones estacionales del experimento de múltiples modelos DEMETER en función del índice de acierto de Brier (BSS multiplicado por 100) para la temperatura en las proximidades de la superficie y la precipitación en los meses de junio, julio y agosto (JJA) y diciembre, enero y febrero (DEF) para 21 regiones terrestres tipo, y para las categorías por debajo de lo normal ( $E_T^-(X)$ ) y por encima de lo normal ( $E_T^+(X)$ ). Los índices se han calculado durante el período 1980-2001 utilizando medias estacionales de conjuntos de predicciones a un mes, que se inician el 1 de mayo (JJA) y el 1 de noviembre (DEF). Las cifras subrayadas en negrita indican índices que son significativos (tanto positivos como negativos), con una probabilidad superior al 90 por ciento (Palmer y otros, 2008).

Regiones	Temperatura a 2 m				Precipitación			
	JJA		DEF		JJA		DEF	
	$E_T^-(X)$	$E_T^+(X)$	$E_T^-(X)$	$E_T^+(X)$	$E_P^-(X)$	$E_P^+(X)$	$E_P^-(X)$	$E_P^+(X)$
Australia	<b>10,7</b>	<b>10,1</b>	1,3	-0,4	-1,3	-2,5	-3,1	-3,6
Cuenca del Amazonas	<b>14,4</b>	9,1	<b>23,4</b>	<b>25,7</b>	2,2	2,1	<b>9,5</b>	<b>8,9</b>
América del Sur Meridional	<b>8,5</b>	<b>8,2</b>	-1,2	1,8	<b>7,8</b>	5,0	-0,7	-2,8
América Central	<b>12,1</b>	<b>9,9</b>	<b>14,8</b>	6,3	2,6	-0,7	8,7	8,5
América del Norte Occidental	<b>6,5</b>	<b>7,7</b>	3,9	2,3	3,2	<b>5,5</b>	-0,6	0,0
América del Norte Central	-4,1	-3,6	<b>-7,5</b>	0,3	-1,8	<b>-7,0</b>	3,7	5,3
América del Norte Oriental	0,6	5,7	4,1	9,5	<b>-4,5</b>	<b>-8,3</b>	<b>9,2</b>	6,0
Alaska	3,0	2,1	0,0	-0,7	-0,1	0,3	2,4	4,9
Groenlandia	3,6	4,2	<b>8,0</b>	5,8	<b>-1,4</b>	-0,5	-2,1	-2,0
Cuenca del Mediterráneo	<b>7,6</b>	<b>10,7</b>	3,2	3,2	-0,5	0,1	1,6	-0,9
Europa Septentrional	-4,4	-4,2	4,8	2,9	-1,0	1,9	-1,1	-0,9
África Occidental	<b>10,4</b>	<b>11,8</b>	<b>18,1</b>	<b>17,2</b>	-1,6	-2,0	<b>-4,9</b>	<b>-3,5</b>
África Oriental	<b>12,6</b>	5,8	<b>13,3</b>	<b>10,3</b>	0,1	-0,3	1,2	0,6
África Meridional	5,6	-1,1	<b>15,9</b>	<b>15,7</b>	0,7	-1,2	5,4	3,6
Sáhara	<b>7,6</b>	<b>7,4</b>	6,9	3,9	<b>-2,6</b>	<b>-4,8</b>	<b>-2,7</b>	<b>-2,7</b>
Asia Suroriental	10,7	5,9	8,7	<b>18,1</b>	<b>14,7</b>	<b>10,3</b>	3,4	2,5
Asia Oriental	<b>4,7</b>	<b>7,9</b>	<b>10,8</b>	<b>10,0</b>	0,6	-1,0	-1,6	-0,9
Asia Meridional	4,9	<b>13,1</b>	<b>7,6</b>	<b>8,6</b>	-1,6	<b>-3,0</b>	2,0	0,5
Asia Central	0,8	3,8	1,3	-0,4	0,5	0,1	-3,1	-3,6
Tíbet	<b>10,7</b>	<b>10,1</b>	<b>23,4</b>	<b>25,7</b>	-1,1	0,0	<b>9,5</b>	<b>8,9</b>
Asia Septentrional	<b>14,4</b>	9,1	-1,2	1,8	-1,3	-2,5	-0,7	-2,8

BSS se calcula por separado para las predicciones relacionadas con condiciones por encima de lo normal (por encima del tercil superior) y con condiciones por debajo de lo normal (por debajo del tercil inferior). Los valores positivos subrayados indican un grado de acierto significativamente "mejor que la climatología", mientras que los valores negativos subrayados señalan un grado de acierto notablemente "peor que la climatología". Debería hacerse hincapié en el hecho de que los valores negativos no tienen por qué significar necesariamente que las predicciones sean malas, sino que, simplemente, los errores en la fiabilidad de las probabilidades son mayores que la resolución de las predicciones.

Pueden hacerse algunas generalizaciones acerca de la precisión de las predicciones: en primer lugar, la temperatura es más predecible que la precipitación. La mayor parte de los modelos fracasan a la hora de registrar la variabilidad de la precipitación en las áreas consideradas (con algunas excepciones en determinadas regiones, como la cuenca del Amazonas). La precipitación es especialmente complicada de predecir debido a su naturaleza altamente localizada. Aunque no aparecen en la tabla, algunos resultados obtenidos recientemente apuntan a que la frecuencia de lluvias podría ser más predecible que la cantidad total de lluvias. En segundo lugar, la predictibilidad de la atmósfera tropical a escalas

estacionales es mayor que la de la atmósfera templada (una vez más, con algunas excepciones, como la gran exactitud que se alcanza en la meseta tibetana). Ello se debe a la mayor sensibilidad de la atmósfera de los trópicos ante la influencia externa en comparación con las latitudes medias. En tercer lugar, existe una cierta estacionalidad en lo relativo a la predictibilidad del clima estacional, con una capacidad generalmente mayor para la estación que va de diciembre a febrero (DEF) que para la que va desde junio a agosto (JJA). La diferencia se hace más palpable en la cantidad de precipitación en los trópicos. La mayor predictibilidad en la estación DEF obedece en parte a la estacionalidad del fenómeno



de El Niño/Oscilación Austral (ENOA), que representa la principal fuente de predictibilidad estacional y que suele alcanzar su punto máximo en esta época del año. Por motivos similares, en la región oriental de África, por ejemplo, se ha percibido una mayor capacidad de predicción durante el período que va de octubre a diciembre que durante el intervalo comprendido entre marzo y mayo.

Actualmente existen algunas estimaciones de la calidad de las predicciones estacionales que han sido publicadas por los RCOF para que puedan ser consultadas por el público general, ante todo debido a que, en la mayoría de los casos, las predicciones se han emitido de forma operativa durante tan solo 10 años. En fechas recientes, a través de un proyecto conjunto liderado por el Centro africano de aplicaciones de la meteorología al desarrollo, en colaboración con el Instituto internacional de investigación sobre el clima y la sociedad (IRI), el Centro de control de la sequía de la Comunidad sudafricana para el desarrollo y el Centro de predicción y de aplicaciones climáticas de la Autoridad intergubernamental sobre el desarrollo (ICPAC), se están llevando a cabo análisis de verificación de productos RCOF, además de definirse normas para la verificación de predicciones operativas bajo los

auspicios de la Comisión de Climatología de la OMM. Ya se tienen en cuenta las normas para la verificación de las predicciones retrospectivas, que se detallan en el SVSLRF (sistema de verificación normalizado para predicciones a largo plazo) de la OMM. Los resultados de la verificación del SVSLRF para todos los centros mundiales de producción de predicciones a largo plazo están disponibles gracias al centro principal, en el sitio web del SVSLRF (<http://www.bom.gov.au/wmo/lrfvs/>). Este sitio web muestra los niveles de capacidad correspondientes a las predicciones retrospectivas de los modelos.

La investigación destinada a mejorar la exactitud de las predicciones estacionales es un proceso que está en marcha, aunque ya se han logrado algunos avances importantes a través de la combinación de los enfoques numéricos y estadísticos. Por ejemplo, utilizando métodos de reducción de escala se pueden efectuar correcciones en algunas desviaciones espaciales de los resultados del modelo numérico, que llevan a importantes mejoras del grado de acierto de las predicciones. Pueden obtenerse más mejoras empleando procedimientos estadísticos que tengan en cuenta la dependencia de la capacidad del modelo en la predicción. Por ejemplo, en Nueva Caledonia, el acierto es mayor durante

el período de La Niña en comparación con el de El Niño o con condiciones neutras.

## Necesidades crecientes y diversificadas de los usuarios

Las necesidades de información climática de los usuarios dependen en gran medida de las áreas previstas de aplicación, y pueden variar de forma importante entre los diferentes sectores: un sector de construcción podría necesitar algunos mapas de riesgos climáticos sencillos; una actividad relacionada con la recogida de agua de los tejados podría requerir únicamente los datos relativos al riesgo acumulativo de que no se llene un depósito de agua durante el transcurso de una estación determinada; un agricultor podría necesitar no solo los datos relacionados con el riesgo de alcanzar determinados niveles totales acumulados de precipitación, sino también la distribución temporal de ciertos valores límite que pudieran satisfacer las necesidades de agua para diferentes fases de crecimiento de los cultivos; un gestor de desastres podría estar interesado en conocer el riesgo de que el ojo de un ciclón pase sobre una ciudad; etc.

En los apartados anteriores se remarcó el hecho de que la mayoría de los productos de los RCOF son probabilísticos por su propia naturaleza, y muchos usuarios se topan con importantes dificultades a la hora de utilizarlos, especialmente en los países en vías de desarrollo. Se han llevado a cabo intentos por comparar las proyecciones climáticas estacionales publicadas con algunos datos equivalentes de los últimos años, pertenecientes a la misma categoría de predicción. Esto ha permitido que algunos usuarios hayan podido relacionar los productos de los RCOF con algunos impactos concretos del sector que han tenido lugar en el pasado. Sin embargo, se ha puesto de relieve que esta comparación podría resultar engañosa en determinadas ocasiones si no se cuenta con la existencia de unos buenos datos de referencia.

Algunos análisis recientes del sistema del RCOF han mostrado que estos Foros han desempeñado un papel importante en la creación de capacidad en muchas partes

del mundo (IRI, 2006; Patt y otros, 2007; Berri y otros, 2000). Los Foros también han contribuido a desarrollar los vínculos entre los científicos climáticos, los usuarios finales y otros participantes, sobre todo en África. Asimismo, han conseguido aumentar el interés sobre las necesidades climáticas a la hora de abordar los desafíos regionales para hacer frente a la variabilidad climática y a la adaptación frente al cambio climático, además de crear una sensación de reconocimiento de este hecho. Sin embargo, se han encontrado varias limitaciones, y entre ellas:

- Dificultades en la utilización de productos basados en la probabilidad.
- Bajo nivel de comprensión, por parte de los usuarios, de las predicciones climáticas de estacionales a interanuales.
- Limitación en la capacidad de muchos usuarios a la hora de definir sus propias necesidades específicas relacionadas con las predicciones e información climáticas.
- Algunos usuarios no son conscientes de la existencia de los productos y servicios disponibles a través de los RCOF y de los foros de evolución probable del clima a nivel nacional.
- Poca fiabilidad de algunos de los servicios disponibles y atención inoportuna de los aspectos relacionados con la vulnerabilidad y sensibilidad de los usuarios con respecto al clima, incluyendo actualizaciones, valoraciones o seguimientos de las mejoras y de los cambios propuestos.
- Los modos de difusión de los productos y de la información se encuentran fuera del alcance de numerosos usuarios.

Se están llevando a cabo intentos de desarrollar proyectos piloto multidisciplinares en ciertas regiones, con el fin de permitir que los científicos del clima y los usuarios puedan abordar todo lo relacionado con la mejor forma de redimensionar e interpretar los productos de los RCOF de cara a utilizaciones específicas del sector per-

tinente, y también para que puedan tratar aspectos relacionados con la rentabilidad. A continuación se describen algunas de las lecciones que se han aprendido a partir de estos proyectos piloto así como otras buenas prácticas en la utilización de los productos RCOF.

## Evaluaciones de rentabilidad de las predicciones climáticas estacionales

No resulta difícil demostrar que las predicciones que gozan de una buena exactitud no tienen por qué ser necesariamente útiles en el sentido de ofrecer la posibilidad de que un usuario pueda beneficiarse de las mismas de alguna manera. Parte de la dificultad reside en que existe una pérdida adicional de exactitud en la medida en que la predicción climática se convierte en predicciones de los impactos, aunque las diversas restricciones que pueden llevarse a cabo en términos de las decisiones que puedan adoptarse (incluyendo los costes, la viabilidad y la eficacia) también pueden contribuir a que las predicciones climáticas con una exactitud pierdan valor (o empeoren). Por consiguiente, además de estimar la exactitud de las predicciones, ha de definirse el valor de las mismas. Existen dos grandes enfoques destinados a calcular el valor de las predicciones, a saber: evaluaciones ex-post y ex-ante. Una evaluación ex-post calcula el beneficio logrado a partir de predicciones ya publicadas, teniendo en cuenta decisiones que ya se hubieran tomado y, básicamente, responde a la pregunta relativa a qué valor se ha conseguido en términos reales. En contraposición, las evaluaciones ex-ante calculan el valor de las predicciones que podría haberse logrado a través de la utilización de las mismas en el caso de que se hubiera adoptado un conjunto de decisiones racionales como reacción ante las informaciones de predicción y, por tanto, responde a la pregunta de qué valor puede alcanzarse.

De largo, se presta mucha más atención a las evaluaciones ex-ante. Los meteorólogos han desarrollado algunos índices de verificación que tratan de estimar el posible valor económico de las predicciones.

La medida que se utiliza con mayor asiduidad es el índice de valor económico, que se basa en el modelo de coste-pérdida. Este modelo compara los ahorros conseguidos cuando se reduce el impacto de un fenómeno climático al emprender acciones preventivas con respecto al coste de emprender la mencionada acción, por lo que el modelo logra comparar de forma eficaz los ahorros logrados a través de la utilización de predicciones correctas con los costes y gastos en los que se ha incurrido cuando las predicciones son incorrectas. Puesto que los valores relativos de los costes y las pérdidas no se definen de forma única, el índice del valor económico se emplea para integrar el posible valor de las predicciones en todos los ratios posibles de costes-pérdidas.

El modelo de coste-pérdida es un modelo sencillo y útil desde el punto de vista didáctico para indicar el posible valor económico de las predicciones, aunque tiene una naturaleza excesivamente idealizada como para generar una indicación realista del valor real de las predicciones para muchos usuarios. Como prioridad fundamental, la comunidad meteorológica tiene que trabajar codo con codo con las comunidades de aplicación, con el fin de estimar el valor real de las predicciones. Sin embargo, de la misma forma que centrarse en la exactitud de las predicciones de los RCOF sin tener en cuenta su valor podría considerarse un comportamiento ciertamente monolítico, un enfoque sobre el valor económico de las predicciones del RCOF hasta la fecha ofrece una estimación incompleta del valor del sistema de los RCOF.

En el caso de uno mismo, se da la circunstancia de que las estimaciones económicas relativas al valor de las predicciones ignoran el valor social que puede obtenerse: ¿cómo puede uno calcular el valor de las vidas salvadas a través de la prevención, por ejemplo, de una epidemia de malaria? No obstante, más allá de las consideraciones relativas a la medida en que la disponibilidad de predicciones podría permitir mejoras en la gestión de riesgos climáticos, ha de admitirse el beneficio del desarrollo del sistema de los RCOF en sí mismo. Incluso si se demostrase que las predicciones de los RCOF hasta la fecha careciesen por completo de exactitud, el sistema habría sido aprovechable de cara a reforzar la destreza de los servicios climá-

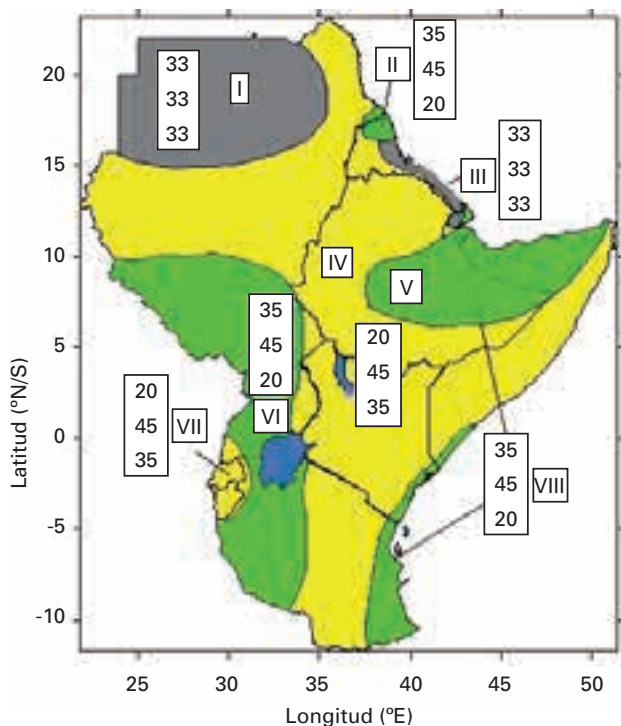


Figura 2(a) – Perspectiva climática de consenso para el Cuerno de África para el período comprendido entre marzo y mayo de 2008, elaborada por el ICPAC y por otros participantes, entre los que figuran la OMM y el IRI

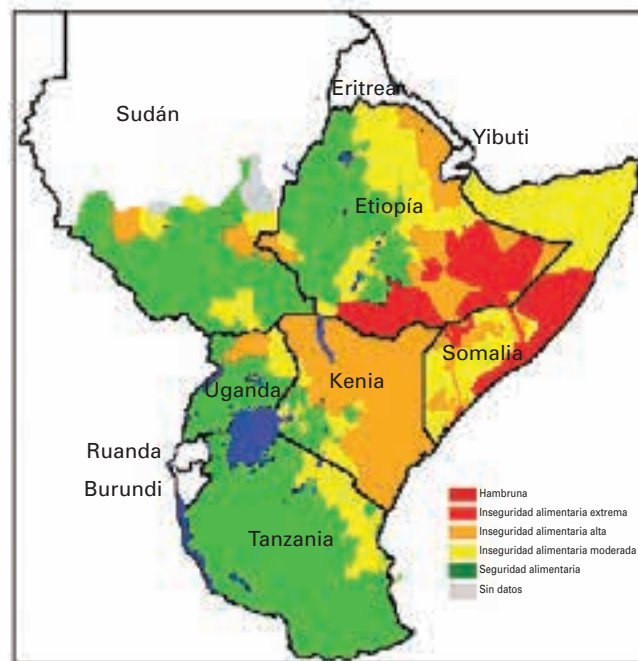


Figura 2(b) – Perspectiva de la seguridad alimentaria para el período comprendido entre marzo y julio de 2008, elaborada por la Red de sistemas de alerta temprana para casos de hambruna (FEWSNET)

ticos prestados por muchos SMHN en los países en vías de desarrollo, así como en lo que respecta a la creación de la posibilidad de ofrecer una información climática mejorada (predicción y de otra naturaleza) en el futuro. También ha contribuido a crear y/o fortalecer un diálogo entre las comunidades de predicción y la de usuarios, que permitirá una gestión más eficaz del riesgo climático en el futuro.

## Aplicaciones de los productos de los RCOF

El sistema de los RCOF ha permitido una mejor comprensión de los vínculos existentes entre el sistema climático y las actividades socioeconómicas, y se ha registrado una demanda creciente de servicios climáticos en muchas partes del mundo como resultado de este desarrollo. Se ha creado la conciencia de que la información climática, incluyendo las predicciones climáticas a corto plazo, representa un elemento fundamental a la hora de hacer frente a los impactos derivados de las variaciones del clima. Los foros RCOF han fomentado la interacción y el intercambio de información entre los científicos climáticos y los usua-

rios de la información climática, y lo que es más importante: han facilitado el establecimiento de la cooperación regional y de la creación de redes, además de demostrar de forma eficaz los importantísimos beneficios comunes derivados de compartir experiencias e información.

Los foros RCOF han realizado una importante contribución a la mejora de la calidad de las proyecciones estacionales de precipitación, así como en lo que respecta a su comunicación a los usuarios. La interacción de los científicos climáticos y de los usuarios procedentes de diversos sectores ha mejorado la difusión y las aplicaciones de la información climática y de los productos de predicción en las diversas regiones. Desde sus inicios, los foros han puesto de relieve que las estrategias de gestión de riesgos relacionadas con el clima, si se desarrollan a partir de la utilización óptima de la información y de los productos climáticos, pueden contribuir notablemente a un desarrollo sostenible de la región en cuestión. La interacción cercana entre los proveedores y los usuarios de la información climática y de los productos de predicción ha mejorado la aportación de observaciones a los científicos climáticos por parte de los usuarios. Estas interacciones han catalizado el

desarrollo de muchos productos específicos dirigidos a los usuarios.

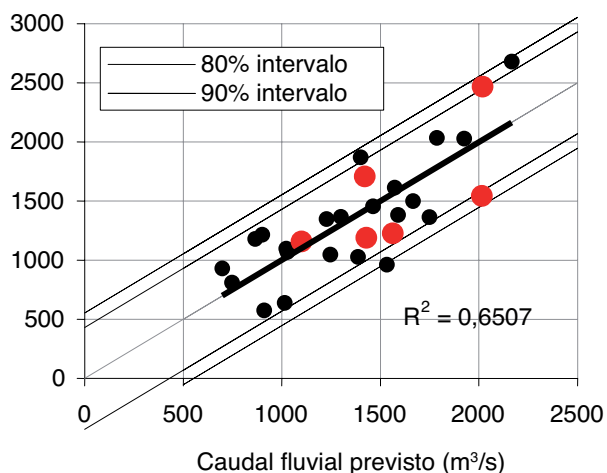
Los extremos climáticos en algunas regiones están asociados con el fenómeno del ENOA. La predicción de este fenómeno y los productos de alerta temprana del mismo siguen redundando en beneficio de los diversos sectores socioeconómicos gracias al suministro de información de alerta temprana para la mitigación sectorial oportuna frente a fenómenos climáticos extremos. A partir del ENOA y de otras informaciones procedentes de los RCOF se llevan a cabo evaluaciones de vulnerabilidad, y también se han realizado algunos intentos de ejecutar planes de contingencia específicos del sector de cara a una posible intervención. Algunos de estos planes han suscitado nuevos debates relacionados con la política encaminada a la reducción del riesgo de desastres.

## Seguridad agrícola y alimentaria

En la actualidad, las perspectivas relacionadas con la seguridad en la agricultura regional y en la alimentación se emiten con carácter regular tras la celebración de los foros sobre la evolución probable del clima en algunas regiones. En el Cuerno de África,



Caudal fluvial observado (m<sup>3</sup>/s)



Caudal fluvial (m<sup>3</sup>/s)

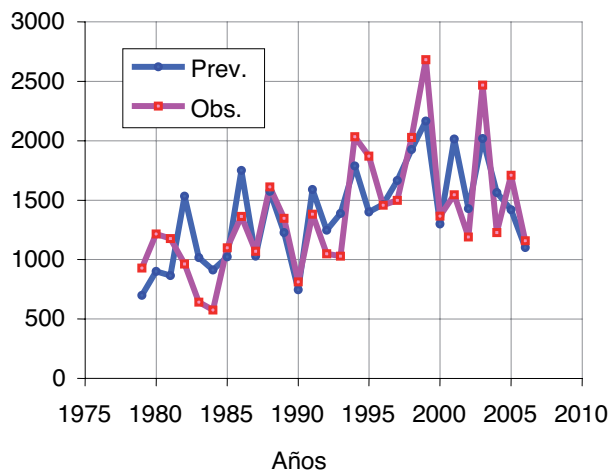


Figura 3 – Predicción del caudal natural del río Senegal en Bakel (Senegal) durante el período comprendido entre los meses de septiembre y octubre. El panel de la izquierda muestra la predicción de valores de caudal frente a los valores observados (puntos negros para el período de calibración 1979-2000 y puntos rojos para el período operativo 2001-2006). El panel derecho muestra las series temporales de caudal natural previstas y observadas durante todo el período de datos 1979-2006.

teniendo en cuenta las proyecciones climáticas del RCOF, son el Sistema de alerta temprana para casos de hambruna de los Estados Unidos, el Programa Alimentario Mundial, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y expertos nacionales (Figura 2(a) y 2(b)) quienes ofrecen las perspectivas de seguridad alimentaria.

## Recursos hídricos

La información climática es fundamental para la evaluación, el desarrollo y la planificación de todos los componentes de los recursos hídricos, incluyendo la alerta temprana de extremos hidrológicos.

La Figura 3 muestra la predicción del caudal natural del río Senegal en Bakel (Senegal) en los meses de septiembre y octubre. La gestión de la presa de Manantali (Malí), hasta el final de la próxima estación de lluvias, se basa en las predicciones de caudal obtenidas a partir de las predicciones regionalizadas de la precipitación que suministra un modelo de circulación general (ARPÈGE). Esta información, junto con el software de gestión de la optimización, consigue la optimización en la producción energética hasta en un 35-40 por ciento más, y la inundación artificial –que permite contar con un área de 50 000 hectáreas para el cultivo tras el retroceso de la crecida– está garantizada en tres de cada cuatro años, en contraste con

el índice de uno de cada cinco años para el caso de ausencia de información de predicciones (Julie y Céron, 2007).

## Salud pública

Muchas enfermedades están asociadas directa o indirectamente con el clima. Las enfermedades transmitidas por vectores son sensibles a los cambios en parámetros meteorológicos como la precipitación, la temperatura, el viento y la humedad. Entre estas enfermedades se encuentran la malaria, el dengue y la fiebre del Valle del Rift (FVR). Los episodios climáticos extremos pueden provocar brotes desenfrenados de enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera o las fiebres tifoideas, en zonas en las que no son comunes. En la actualidad se están llevando a cabo esfuerzos para alertar de los cambios en el riesgo de epidemias a través de la integración de la información sobre la precipitación, la temperatura y otra de índole no climático. Por ejemplo, hoy en día suelen celebrarse los Foros sobre la evolución probable de la malaria (MALOF) con carácter regular y asociados a los RCOF, en el sur de África y en el Cuerno de África (Pascual y otros, 2006). La información desarrollada de forma conjunta en estas reuniones por los expertos en el clima y en la salud, junto con información sobre vulnerabilidad de la población, seguridad alimentaria, inmunosupresión y adecuación de la cobertura de control, ofrece

a la comunidad que se ocupa del sector sanitario un plazo de tiempo mayor para optimizar la asignación de los recursos disponibles para combatir la malaria.

## Difusión y comunicación

Hoy en día, la formación y la sensibilización son aspectos fundamentales de los RCOF en determinadas regiones. Algunas de ellas también han reconocido el papel desempeñado por los medios a la hora de desmitificar la jerga técnica relacionada con el tiempo y el clima. En estrecha colaboración con los RCOF, se han realizado cursillos interactivos nacionales y regionales entre los medios y los científicos climáticos. Así por ejemplo, en el Cuerno de África, expertos climáticos y de los medios de comunicación se han organizado en una red regional denominada Red de periodistas climáticos del Cuerno de África.

## Conclusiones

Durante los últimos 10 años, los RCOF han desempeñado un papel importante en la creación de capacidad de cara a la predicción climática estacional en muchas partes del mundo. Los Foros también han ayudado a potenciar los vínculos existentes entre meteorólogos, usuarios, gobiernos, ONG, universidades e instituciones climáticas internacionales. Los RCOF han estimulado el interés por los impactos de la variabilidad del clima y el cambio climático, y algunos de estos foros se han dirigido a usuarios determinados, con los que se

podrían desarrollar productos específicos y reunir datos concretos acerca de los beneficios de los servicios y productos. Han puesto claramente de manifiesto que los productos climáticos, si se utilizan de forma satisfactoria en los procesos de toma de decisiones, pueden mejorar los resultados del usuario. Aún quedan muchos desafíos, no solo en lo que respecta al suministro de los productos necesarios de los RCOF a tiempo y en formatos fáciles de utilizar, sino también en lo relacionado con los procesos regionales para la mejora de productos de predicción a nivel local. Los beneficios de los productos de los RCOF tampoco se están valorando adecuadamente.

Los SMHN, las regiones y los usuarios de los productos deben colaborar a la sostenibilidad de los RCOF (por ejemplo, poniendo de manifiesto la utilidad de los foros y el valor de los productos para quienes necesitan la información). Además, las capacidades de investigación a nivel regional tienen que mejorarse con el fin de evaluar las técnicas de predicción, así como de cara a trabajar en su evolución. Los medios de comunicación desempeñan un importante papel en el sistema de los RCOF, que necesita ser apoyado y promocionado de forma activa.

Aunque en un primer momento los RCOF se concibieron con el objetivo principal de la predicción estacional, los mismos mecanismos de estos foros pueden ampliarse de forma eficaz, a fin de atender las necesidades de los productos regionales de información relativa al cambio climático que se están desarrollando y difundiendo. Estas iniciativas ya están siendo adoptadas por algunos de los foros RCOF (por ejemplo, el del Cuerno de África). Las evaluaciones regionales del cambio climático observado y previsto, incluyendo el desarrollo de productos relacionados con escenarios de cambio climático a escala reducida y destinados a la evaluación de impactos, pueden incluirse en la cartera de productos de los RCOF. Estos aspectos ya han sido contemplados por el Órgano subsidiario de asesoramiento científico y tecnológico de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y son elementos fundamentales de la aportación de la OMM al Programa de trabajo de Nairobi sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático.

Los RCOF, con su demostrada capacidad para suministrar información climática regional coherente y dirigida al usuario, en su mayor parte relativa a la variabilidad climática actual, aunque también están progresando en lo que se refiere a aspectos del cambio climático, cuentan con una situación privilegiada para contribuir a la toma de decisiones a nivel regional, nacional y sectorial de cara a la adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático. El perfeccionamiento de la investigación, de las capacidades técnicas y humanas especializadas y de los vínculos con los usuarios es necesario para contar con un apoyo regional de cara a aumentar la comprensión de los procesos climáticos regionales, de los vínculos climáticos existentes con los impactos socioeconómicos concretos a escala regional, de la vulnerabilidad y del desarrollo de estrategias de adaptación. El apoyo coordinado a nivel local, nacional, regional y mundial se antoja fundamental para estas actividades, a fin de reforzar y sostener los sistemas de los RCOF y de allanar el camino a la adaptación climática.

## Referencias

BERRI, G.J., P.L. ANTICO and L. GODDARD, 2005: Evaluation of the Climate Outlook Forums' seasonal precipitation forecasts of southeast South America during 1998-2002. *International Journal of Climate*, 25, 365-377.

GUOFA ZHOU, NOBORU MINAKAWA, ANDREW K. GITHEKO and GUIYUN YAN, 2004: *Association between climate variability and malaria epidemics in the East African highlands*.

IPCC, 2007: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JULIE, A. and J-P. CÉRON, 2007: Seasonal forecasting in West Africa: a strategic partnership for a sustainable development of a cross boundary river catchment, *Elements for Life*, Tudor Rose and WMO, 70-71.

HELLMUTH M., A. MOORHEAD, M.C. THOMSON and J. WILLIAMS (Eds), 2007: *Climate Risk Management in Africa: Learning from Practice*. International Research Institute for Climate and Society, Columbia University, New York, USA.

PALMER, T.N., 1999: *Predicting uncertainty in forecasts of weather and climate* (también publicado como ECMWF Technical Memorandum No. 294). [http://www.ecmwf.int/newsevents/training/rcourse\\_notes/pdf\\_files/Predicting\\_uncertainty.pdf](http://www.ecmwf.int/newsevents/training/rcourse_notes/pdf_files/Predicting_uncertainty.pdf)

PALMER, T.N., F.J. DOBLAS-REYES, A. WEISHEIMER and M. RODWELL, 2008: Towards seamless prediction: calibration of climate-change projections using seasonal forecasts. *Bulletin of the American Meteorological Society* (en imprenta).

PATT, A.G., L. OGALLO and M. HELLMUTH, 2007: Learning from 10 years of climate outlook forums in Africa, *Science*, Vol. 318, No. 5847, 49-50.

PASCUAL, M., J.A. AHUMADA, L.F. CHAVES, X. RODO and M. BOUMA, 2006: Malaria resurgence in the East African highlands: temperature trends revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 11, April 2006; 103(15): 5829-5834.

THOMSON, M.C., S.J. MASON, T. PHINDELA and S.J. CONNOR, 2005: Use of rainfall and sea surface temperature monitoring for malaria early warning in Botswana, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 1 July 2005; 73(1): 214-221.

WCRP [PMIC] 2007: The First WCRP Seasonal Prediction Workshop. *CLIVAR Exchanges*, Vol. 12, No. 4 (October 2007), 2-5.

WMO [OMM], 2007: WMO Conference on Living with Climate Variability and Change: Understanding the uncertainties and managing the risks, 17-21 July 2006, Espoo, Finland. Final report. [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/meetings/documents/LWCVCFinalReportDraft\\_may07.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/meetings/documents/LWCVCFinalReportDraft_may07.pdf)

WMO [OMM], 2007: *Manual on the Global Data-Processing and Forecasting System*. WMO-No. 485, Vol. 1—Global aspects (revised edition).