

Mejora de la disponibilidad, el acceso y la utilización de la información climática

por Tufa Dinku¹, Kidane Asefa², Kinfe Hilemariam², David Grimes³ y Stephen Connor⁴



© T. DINKU

La variabilidad del clima y el cambio climático representan un importante desafío para el desarrollo sostenible en África. La actual crisis de hambruna en el Cuerno de África es solo otro recordatorio de cómo las fluctuaciones en el clima pueden destruir vidas y sustentos. Etiopía, uno de los países afectados por la actual sequía, ha sufrido las fluctuaciones del clima durante décadas. La variabilidad climática es uno de los principales obstáculos para el desarrollo en Etiopía. Las sequías y las crecidas han reducido el potencial anual de crecimiento del país en más de un tercio (Grey y otros, 2006).

La sequía de 1984-1985 redujo la producción agrícola de Etiopía en alrededor de un 21 por ciento, con una caída del 9,7 por ciento en el producto interior bruto (PIB) (Banco Mundial, 2006). Obviamente, el efecto de la variabilidad climática es más acusado en los hogares más pobres (Stern, 2007). El coste para cada familia de las regiones nororientales del país como consecuencia de la sequía que tuvo lugar durante el período 1998-2000 fue de más del 75 por ciento de su renta anual media en términos de pérdidas de cultivos y ganado (Carter y otros, 2004).

1. Instituto internacional de investigación sobre el clima y la sociedad (IRI), Instituto de la Tierra de la Universidad de Columbia (Estados Unidos). tufa@iri.columbia.edu
2. Agencia Nacional de Meteorología, Addis Abeba (Etiopía).
3. Departamento de Meteorología, Universidad de Reading (Reino Unido).
4. Miembro honorario de la Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad de Liverpool (Reino Unido).

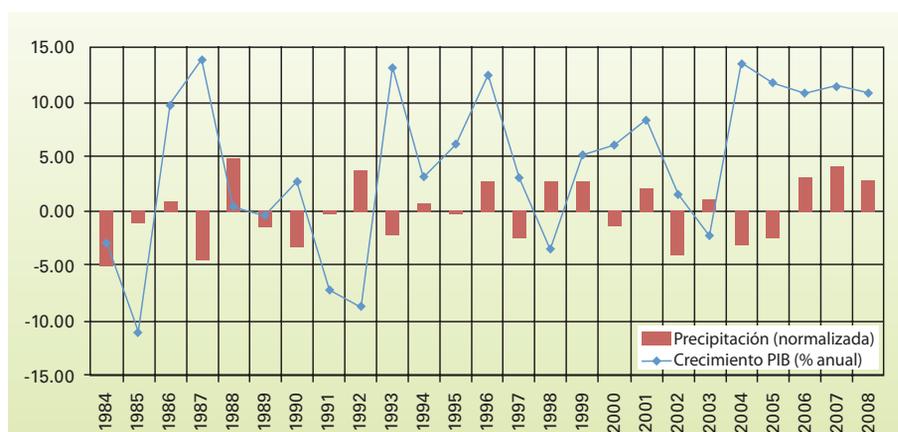
Información creíble

Con objeto de crear resistencia frente a los impactos negativos del clima y a fin de optimizar los beneficios derivados de las condiciones favorables será preciso diseñar y aplicar de manera eficaz estrategias de gestión de riesgos climáticos, algo que no puede lograrse sin disponer de la información climática apropiada para la adopción de decisiones. Para gestionar los riesgos climáticos resulta muy importante contar con una información creíble acerca del clima del pasado, las tendencias y oscilaciones recientes, las posibles trayectorias futuras y los impactos asociados. Las series temporales climáticas de larga duración son fundamentales en muchas aplicaciones, incluidas las siguientes:

- situar en contexto tanto el clima observado como el previsto;
- evaluar los riesgos climáticos bajo las condiciones actuales;

- comprender y modelizar los impactos climáticos sobre las diferentes actividades socioeconómicas; y
- mejorar las predicciones en distintas escalas temporales y espaciales.

La información climática lleva utilizándose en Etiopía durante décadas, especialmente para el control de las sequías y la alerta temprana (Hellmut y otros, 2007). Sin embargo, la situación en cuanto a disponibilidad, acceso y uso de los datos climáticos está muy lejos de ser la ideal. La principal fuente de datos climáticos es la red de estaciones meteorológicas gestionadas por la Agencia Nacional de Meteorología de Etiopía (NMA). A pesar de que el número de estaciones es razonablemente bueno y ha ido en aumento (Figura 2), su distribución es muy desigual. En las tierras bajas hay muy pocas estaciones. La mayor parte de ellas se sitúan en las ciudades



FUENTE: BANCO MUNDIAL

Figura 1 — Comparación de la tasa de crecimiento del PIB y de la media normalizada de precipitación en el país en el trimestre de junio a agosto. La mayor parte de las sequías graves dieron lugar a una caída significativa del PIB. Existe una demora de un año entre la sequía y la caída en el crecimiento del PIB. La relación no es siempre tan sencilla, puesto que entran en juego muchos factores.

y en los pueblos que se encuentran a lo largo de las principales carreteras, lo que limita la disponibilidad de información y de servicios climáticos para las comunidades rurales. En los casos en los que existen registros, estos suelen adolecer de lagunas de datos y de una mala calidad y, con frecuencia, no son fácilmente accesibles. Esto, a su vez, ha limitado el uso de los datos climáticos disponibles.

Si pudieran superarse los problemas de disponibilidad, acceso y uso de datos, sería posible llevar a cabo una utilización eficaz y eficiente de la información climática en Etiopía. El problema de la disponibilidad de datos podría mejorarse de forma significativa a través de la combinación de las observaciones de estaciones con los productos disponibles a nivel mundial tales como la información proveniente de satélites y los datos de reanálisis de modelos. La principal ventaja de los productos mundiales es la excelente convergencia espacial. Estos datos están disponibles en la mayoría de lugares del mundo, con una resolución espacial y temporal cada vez mejor. Las estimaciones satelitales sobre la precipitación se remontan en la actualidad a fechas de hace 30 años. Por tanto, la combinación de observaciones terrestres con la información procedente de satélites y/o de modelos debería ayudar a rellenar las lagunas espaciales y temporales existentes en los datos de las estaciones, además de mejorar la precisión de los productos mundiales contribuyendo así a contrarrestar la deficiencia de datos climáticos, especialmente en las áreas rurales de Etiopía.

La disponibilidad de datos puede no desembocar necesariamente en el acceso a los mismos, por lo que debería ofrecerse un acceso mejorado a la información y a los servicios climáticos. Un enfoque en este sentido sería que los datos, las herramientas de análisis y los productos de interés estuvieran disponibles a través de internet. Sin embargo, ni siquiera unas buenas herramientas de acceso y unos datos de buena calidad pueden garantizar el uso eficaz de la información climática.

La utilización apropiada requiere el conocimiento, dentro de la comunidad de usuarios, de qué información está disponible y de cómo puede utilizarse. Un diálogo sin obstáculos entre los meteorólogos y la comunidad de usuarios sería de gran ayuda. En este proceso se debería incluir la formación de la comunidad de usuarios



Figura 2 — Tendencias en el número de estaciones pluviométricas durante el periodo 1981-2008. Aquí solo se representan las estaciones con datos de 10 años o más. La reducción en el número de estaciones entre 1991 y 1992 se debe a que las observaciones se interrumpieron durante el cambio de gobierno. El descenso durante los años siguientes es consecuencia de la demora de los informes procedentes de las oficinas meteorológicas regionales.

para que pueda comprender, solicitar y utilizar la información climática, así como la formación de los científicos para que entiendan las necesidades de los usuarios.

Este triple enfoque de mejora simultánea en los ámbitos de la disponibilidad, el acceso y el uso de los datos se está desarrollando en Etiopía en colaboración entre la NMA y el Instituto internacional de investigación sobre el clima y la sociedad (IRI) en la Universidad de Columbia, en los Estados Unidos de América. Este proyecto, financiado en parte por Google.org, consta de tres componentes principales:

- Mejora de la disponibilidad de los datos mediante el control de calidad de los datos de las estaciones por parte de la red nacional de observación, así como la integración de los datos de las estaciones con los mejores productos satelitales.
- Mejora del acceso a través de una instalación en línea en la NMA que permita cuestionar, consultar y descargar datos y productos de información.
- Mejora del uso de la información climática mediante el fortalecimiento de la capacidad de la comunidad de usuarios para comprender y utilizar los productos de información nuevos y los que ya existían.

Mejora de la disponibilidad de datos

La disponibilidad de datos se mejora rellenando las lagunas existentes en las observaciones climáticas tanto espacial como temporalmente. Las lagunas espaciales son consecuencia de una pobre densidad en la red de estaciones, mientras que las lagunas temporales se deben a observaciones interrumpidas o a pérdidas de datos debido, por ejemplo, a problemas de comunicación. La depuración de las observaciones climáticas nacionales y la combinación de las mismas con la información de los satélites podría ayudar a llenar estos vacíos.

Este enfoque se ha desarrollado en Etiopía para generar una serie temporal de 30 años de datos de precipitación y temperatura en 10 escalas temporales diarias para cada retícula de 10 km en el país. El conjunto combinado de datos de precipitación aprovecha más de 600 estaciones pluviométricas fusionadas con 30 años de estimaciones de lluvia a partir del satélite. En el caso de la temperatura, los datos procedentes de más de 300 estaciones se combinan con estimaciones del espectrorradiómetro de formación de imágenes de resolución moderada (MODIS) y de la temperatura de la superficie terrestre (LST).

El proyecto ha colaborado con el Grupo de aplicación tropical de la meteorología utilizando el satélite (TAMSAT), de la Universidad de

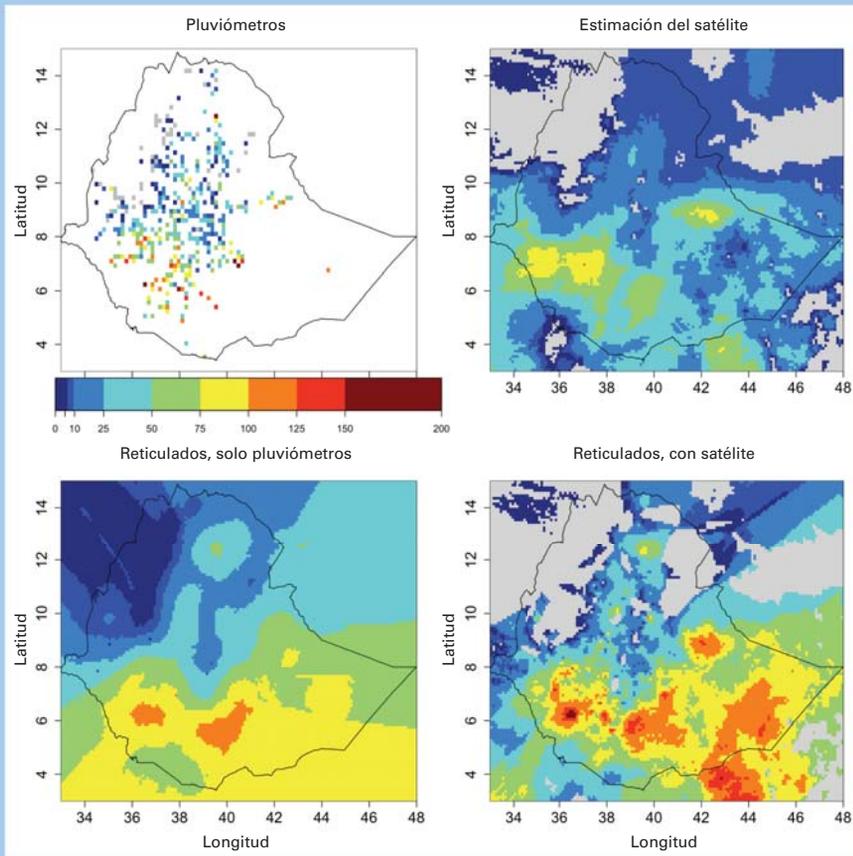


Figura 3 — Productos de precipitación correspondientes al segundo período de 10 días en abril de 1996. El panel superior izquierdo recoge los datos pluviométricos de ese período de 10 días, mientras que el superior derecho muestra las estimaciones satelitales. El panel inferior izquierdo corresponde a pluviómetros interpolados, mientras que el inferior derecho combina datos pluviométricos con satelitales. Los datos de pluviómetros interpolados se ajustan a la estructura espacial general de la precipitación, tal y como representan los datos de los medidores, aunque con un importante suavizado.

El problema fundamental con los datos reticulados es que los valores sobre las tierras bajas del noreste y el noroeste, donde hay pocos o ningún pluviómetro, están claramente sobrestimados o subestimados. La estimación del satélite representa muy bien la estructura espacial de la precipitación, pero subestima sobremanera los valores de las precipitaciones más elevadas. El producto combinado es capaz de superar, hasta cierto punto, las deficiencias de las estimaciones interpoladas de los pluviómetros y el satélite.

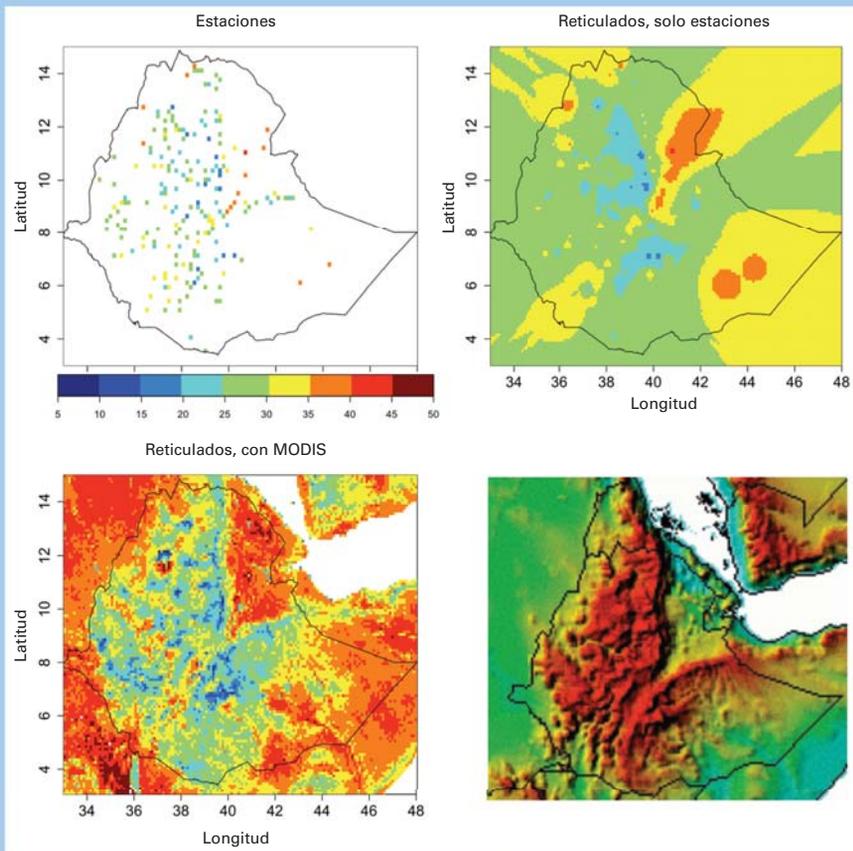


Figura 4 — Temperatura máxima para el segundo período de 10 días en abril de 2000. El panel superior izquierdo corresponde a datos de estaciones, mientras que el superior derecho se asocia a datos interpolados de estaciones. El panel inferior izquierdo recoge datos de estaciones combinados con medias del período de 10 días relativas a MODIS, LST y elevación. El panel inferior derecho ha incluido la topografía a modo de referencia.

El producto que únicamente contiene datos de estaciones subestima notablemente la temperatura sobre las tierras bajas con escasez de datos como consecuencia de la influencia de los datos procedentes de las regiones montañosas colindantes, mientras que el producto combinado no presenta este problema.

Si pudieran superarse los problemas de disponibilidad, acceso y uso de datos, sería posible llevar a cabo una utilización eficaz y eficiente de la información climática en Etiopía

Reading (Reino Unido), que está generando una serie temporal de 30 años de estimaciones de la precipitación en África basada íntegramente en datos procedentes del satélite Meteosat, calibrados con arreglo a los medidores locales. Estas estimaciones se combinan con las observaciones procedentes de más de 600 pluviómetros. El resultado es un conjunto de datos único y de alta calidad, que ha resultado ser más preciso que cualquier otra serie temporal de largo plazo basada en datos de satélite (Dinku y otros, 2011). Entre los aspectos destacados de este conjunto de datos se incluyen los siguientes:

- Las estimaciones por satélite de la precipitación se calibran de forma específica sobre Etiopía. La alta densidad relativa de medidores facilitó una calibración muy detallada, que tiene en cuenta las variaciones topográficas y estacionales.
- Las estimaciones del satélite se generan utilizando un sencillo algoritmo satelital y la información del mismo satélite remontándose 30 años atrás. Este proceso hace que la serie temporal guarde una gran coherencia, lo que es fundamental para, por ejemplo, detectar tendencias climáticas.
- Las estimaciones satelitales se combinan con datos actuales procedentes del mismo conjunto de 600 estaciones, lo que mejora notablemente la calidad de las estimaciones de la precipitación. Esto pone de manifiesto la importancia del enfoque local con respecto a la estimación de la precipitación. Otros productos satelitales que utilizan observaciones pluviométricas de Etiopía tienen acceso, como máximo, a 20 estaciones.
- Los datos combinados abarcan la totalidad del país mejorando así la disponibilidad de los mismos, especialmente en las comunidades rurales, donde no hay estaciones meteorológicas.
- Los datos combinados están en un formato que puede importarse fácilmente al software del navegador SIG (sistema de información geográfica) para su combinación con otros datos de interés.
- Los miembros del personal de la NMA que habían sido formados en control de calidad de los

datos, recuperación de información satelital sobre precipitación y temperatura, y combinación de datos procedentes de estaciones y de satélites realizaron la mayor parte del trabajo en la NMA, lo que garantizó la continuidad del proyecto.

Mejora del acceso

Una forma de mejorar el acceso a la información climática es hacer que los datos, las herramientas y los productos de interés estén disponibles a través de internet. Puede que esto no sea suficiente para llegar a todos los usuarios potenciales, pero sería un buen punto de partida. El objetivo principal es llegar a aquellos que, posteriormente, puedan llegar a otros a través de medios diferentes.

El proyecto actual ha rediseñado la página web de la NMA para presentar mejor sus productos y servicios existentes, así como para difundir el producto obtenido a partir del nuevo conjunto de datos. La nueva página web (Figura 5) está diseñada de tal forma que los usuarios pueden localizar fácilmente los diferentes productos y servicios que ofrece la NMA. Incluye una sala de mapas sobre análisis climático y aplicaciones.

Esta sala de mapas tiene cinco partes: análisis climático, control del clima, clima y agricultura, clima y agua y, finalmente, clima y salud (Figura 5). Estas salas de mapas han sido creadas por el IRI, utilizando las herramientas de la biblioteca de datos del IRI (IDL) y, posteriormente, transfiriéndolas a la NMA. Las salas de mapas sobre análisis climático y control del clima ya se han completado, mientras que las demás aún están en construcción y se completarán una vez que se consulte con la comunidad de usuarios de cada sector.

La sala de mapas de análisis climático ofrece información sobre el clima medio (en términos de precipitación y temperaturas) en cualquier punto o en relación con cualquier frontera administrativa (Figura 6). También muestra el comportamiento de las estaciones de lluvias con el paso de los años en comparación con la media. Este tipo de servicio informativo no tiene precedentes en ningún lugar de África. Los autores no tienen conocimiento de ningún servicio meteorológico nacional que suministre este tipo de información. Sin embargo, la NMA de Etiopía ofrece algo más que un vistazo al clima del pasado: su sala de mapas sobre control climático

permite el control de la estación actual. Diferentes mapas y gráficos comparan la estación actual con la media registrada o con los últimos años (Figura 6).

Esta información podría extraerse en cualquier punto o para cualquier frontera administrativa. Los datos se actualizan cada 10 días, lo que permite controlar de cerca el desarrollo estacional. La extracción y presentación de información a cualquier nivel administrativo permite centrarse en un área de interés específica. Los servicios ofrecidos por la NMA mejorarán aún más cuando se completen las otras tres salas de mapas. Estas salas de mapas permitirán que los usuarios puedan fijar su objetivo en productos individuales.

La combinación de productos climáticos de mayor resolución y calidad controlada procedentes de las observaciones de las estaciones y de las imágenes de satélite ayudará a superar el punto muerto al que se enfrentan las políticas actuales de difusión de datos. La NMA suele proteger con gran celo sus bases de datos.

El enfoque presentado anteriormente mantiene el control de las observaciones nacionales por parte de la NMA, a la par que permite la difusión de un amplio abanico de productos de información climática de valor añadido y dirigidos a las necesidades de un usuario específico.

La NMA también está inmersa en el proceso de formular una política de datos para lograr que la serie temporal combinada esté plenamente disponible para la investigación y otros propósitos no comerciales. Una vez disponible, se prevé que pueda crearse una colección ampliada de nuevos productos para responder a las necesidades específicas de una mayor gama de participantes.

Los productos antes descritos ofrecerán información básica para ayudar en la gestión del riesgo climático en varios sectores sensibles ante el clima. Entre ellos se incluyen sectores fundamentales, como el agrícola, el de seguridad alimentaria, el de recursos hídricos y el sanitario. Se espera que el proyecto culmine con un atlas climático dinámico y digital de Etiopía en línea, que ofrecerá un mayor acceso a la información climática generada.

Sin embargo, es posible que todo esto no sea suficiente para garantizar el uso adecuado y eficaz de estos



Figura 5 — La página web mejorada de la NMA, diseñada por el IRI y desarrollada por una empresa local, está elaborada de tal forma que el usuario puede encontrar la información fácilmente. Presenta los productos existentes y los nuevos, desde los datos históricos de una estación hasta los mapas más sofisticados. También hace que la localización y la ordenación de conjuntos de datos sean operaciones más sencillas. Las salas de datos específicas de cada sector, situadas a la derecha, facilitan el uso de la información climática.

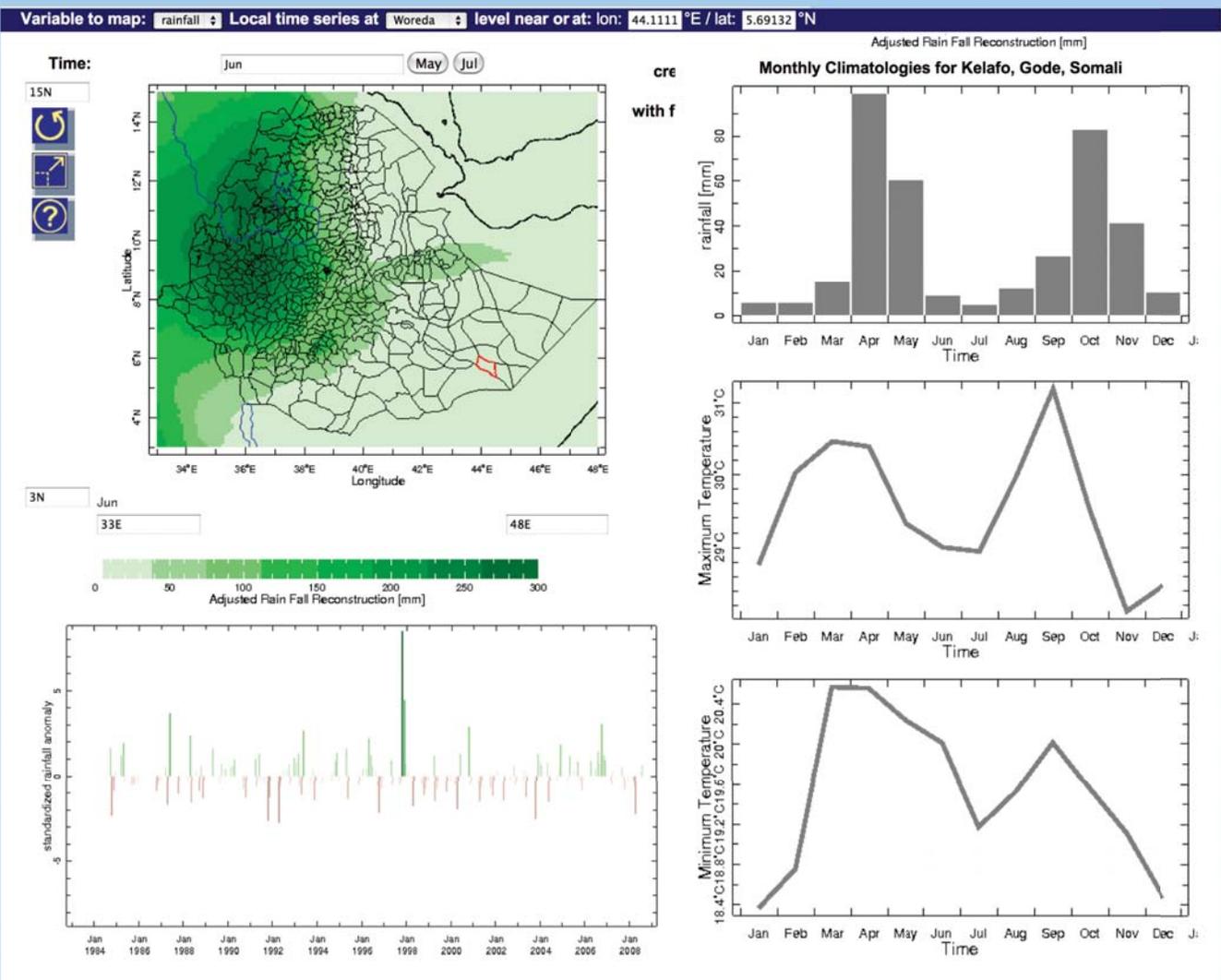


Figura 6 — Muestra de la sala de mapas del análisis climático. El mapa superior izquierdo muestra la climatología mensual de junio; el gráfico de barras corresponde a la climatología de la precipitación de la región administrativa señalada en rojo, mientras que los gráficos de líneas representan las temperaturas máximas y mínimas. El gráfico de barras de la parte inferior izquierda muestra el comportamiento de las estaciones de lluvias durante los años en comparación con la media.

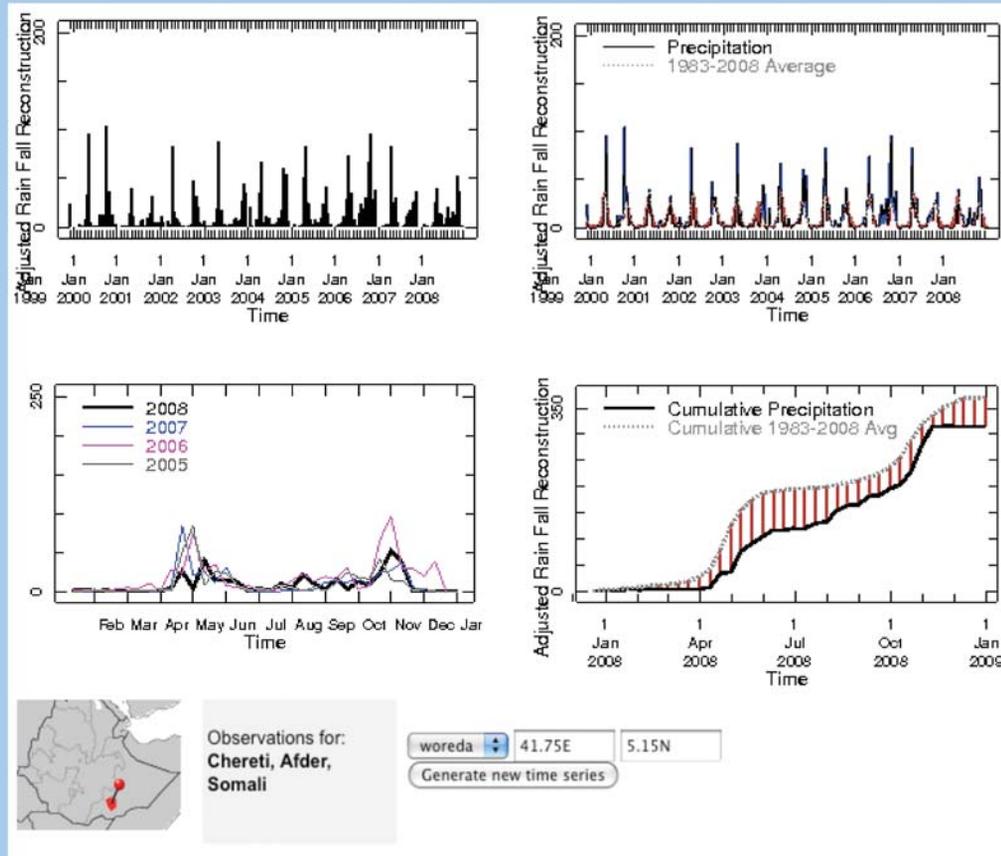


Figura 7 — Muestra de la sala de mapas de control climático. Las cuatro representaciones gráficas comparan el comportamiento de la estación actual en relación con la media y con los años recientes. La información se extrae de la localidad que se muestra en el mapa.

productos. La comunidad de usuarios debería recibir una formación basada en objetivos y a todos los niveles, para así comprender y utilizar los productos de información. El proyecto ya ha formado a varios expertos del sector sanitario en el uso de la información climática. Esta formación incluyó un curso intensivo de verano de dos semanas de duración en el IRI para siete profesionales de la sanidad y del clima, así como un par de cursos de formación en el país. Los científicos del IRI y los etíopes que asistieron a los cursos de verano del IRI fueron los responsables de llevar a cabo la formación a nivel local. La NMA también está planeando formar a usuarios a diferentes niveles y con diferentes conocimientos en relación con el uso de sus nuevos productos y servicios.

Lecciones aprendidas

- Este es el primer proyecto de esta naturaleza, y solo era una idea cuando se presentó ante la dirección de la NMA. El proyecto es un éxito solo porque la NMA se embarcó en él con la mente abierta.
- El personal de la NMA hizo la mayor parte del trabajo. En primer lugar, recibió formación acerca de

diferentes aspectos del trabajo del proyecto. Todos los cursos de formación fueron llevados a cabo en la NMA, lo que permitió participar a muchas más personas. El otro beneficio de la formación fue que esta se enfocó hacia tareas específicas.

- Obtener y procesar 30 años de datos brutos de satélite, que incluyen información de toda África, supuso una tarea muy importante en la que se invirtió una gran cantidad de tiempo.
- La calibración del algoritmo de recuperación de la información por satélite de la precipitación utilizando todos los datos locales disponibles de los pluviómetros mejoró notablemente la calidad de las estimaciones. En este proyecto se empleó un algoritmo muy sencillo que solo hizo uso de datos infrarrojos térmicos, aunque registró un mejor rendimiento que otros algoritmos más sofisticados que incorporan datos de sensores pasivos de microondas.
- La combinación de observaciones de las estaciones con productos mundiales como las imágenes de satélite puede aliviar notable-

mente el problema de las lagunas espaciales y temporales en las observaciones de las estaciones.

- Una mayor disponibilidad de datos no garantizará por sí misma el uso de la información climática en prácticas de desarrollo; es necesario llevar a cabo esfuerzos adicionales para que la información sea accesible y útil.
- Las salas de mapas se construyeron empleando herramientas IDL, que luego fueron transferidas a la NMA. La IDL permite a los usuarios acceder y analizar cientos de conjuntos de datos y descargar resultados en diferentes formatos. El logro principal fue la transferencia de las herramientas IDL a la NMA sin los datos, de tal forma que pudiesen utilizarse con los datos propios de la NMA. Esto permitirá a la propia NMA crear más productos a partir de sus propios conjuntos de datos y de otros diferentes.

Un modelo esperanzador

La experiencia etíope representa un modelo alentador para mejorar los servicios climáticos en África. Este modelo debería mejorarse y exportarse a todos los países del continente,

Reuniones de formación profesional en la NMA



Bradfield Lyon y Tufa Dinku, del IRI, impartiendo formación acerca del control de la calidad de los datos en la NMA.



Girmaw Gezahegn, de la NMA, presentando el efecto del ENOA (El Niño/La Niña-Oscilación Austral) sobre el clima de Etiopía.

adaptándolo a las necesidades y circunstancias nacionales. Ahora, llevar a cabo proyectos similares en otros países debería ser más barato y más rápido como consecuencia de tres factores principales:

- Los datos brutos de satélite que se han obtenido y se han procesado para Etiopía abarcan la totalidad de África.
- Las metodologías y los códigos informáticos desarrollados para Etiopía pueden adaptarse fácilmente para otro emplazamiento.
- Las herramientas IDL portátiles sobre las que se crearon las salas de mapas etíopes pueden adaptarse fácilmente a cualquier otro país.

La tarea que puede requerir tiempo y recursos es la organización y el control de calidad de los datos. Esta varía de un país a otro, en función del nivel de organización de los datos. Algunos países pueden necesitar digi-

talizar sus datos o incluso rescatar algunos de ellos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Google.org y por un convenio de subvención y colaboración de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA), NA050AR4311004. Las opiniones expresadas en este documento pertenecen a los autores, y no tienen por qué reflejar necesariamente la opinión de la NOAA ni de ninguno de sus organismos subordinados.

Referencias

CARTER, M. R. ET AL., 2004: *Shocks, Sensitivity and Resilience: Tracking the economic impacts of environmental disasters on assets in Ethiopia and Honduras. BASICS Collaborative Research Support Program, University of Wisconsin, 38 pp.*

DINKU, T. ET AL., 2011: *"Combined Use of Satellite Rainfall Estimates and Raingauge Observations to Produce Rainfall Time Series over Data-Sparse Regions of Africa"*. En revisión, Meteorological Applications.

GREY, D. y C. W. SADOFF, 2006: *"Water for Growth and Development"*. En: Thematic Documents of the World Water Forum. Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México.

HELLMUTH, M. E. ET AL. (eds.), 2007: *Climate Risk Management in Africa: Learning from Practice*. International Research Institute for Climate and Society, Nueva York.

STERN, N., 2007: *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

BANCO MUNDIAL, 2006: *Ethiopia: Managing Water Resources to Maximize Sustainable Growth*. (Report No. 36000-ET). The World Bank, Washington, DC.