

Proyecto para Mapear Inundaciones en Tiempo Real y para Establecer una Red de Estimación Remota de Caudales en América Latina y el Caribe

Descripción del Proyecto

Introducción al Observatorio de Inundaciones

El Observatorio de Inundaciones Dartmouth (*DFO por sus siglas en inglés*) es una entidad sin fines de lucro. Forma parte de la Universidad de Colorado, Estados Unidos de América, y opera desde 1995. Por su alcance global genera datos, productos y servicios que pueden ser de gran utilidad en América Latina y el Caribe y para las instituciones que participan en el Programa GeoSUR (www.geosur.info). DFO realiza su trabajo gracias a diversas donaciones destinadas a la investigación (provenientes de NASA, de la Comisión Europea y otras organizaciones). El DFO se beneficia de la extensa infraestructura de computación/Tecnología de Información que le aporta su principal base de investigación universitaria. La misión del DFO consiste en:

- 1) Adquirir y conservar para un público internacional un registro cartográfico digital de las aguas superficiales de la Tierra con los cambios captados por sensores remotos, incluyendo los cambios relacionados con crecidas y sequías;
- 2) Hacer mediciones y mapeo en base a sensores remotos de los cambios hidrológicos, cuando sea el caso, en “tiempo casi real”, y al mismo tiempo poner a disposición los archivos de GIS que respaldan los mapas resultantes para que puedan ser incorporados en los sistemas de usuarios-finales y soporte de decisiones; y
- 3) Dar soporte y fomentar el uso operativo y científico de la información hidrológica basada en sensores remotos, incluyendo datos cartográficos y numéricos.

El DFO está asociado a organizaciones hidrológicas operativas tales como US Geological Survey para mayor desarrollo de las capacidades técnicas. El Observatorio también colabora activamente con las agencias de socorro internacional, con los gestores de emergencias y la industria global de reaseguros durante y después de eventos, con el fin de suministrar información independiente y objetiva acerca de la severidad y extensión de las inundaciones.

Dos Actividades de Productos de Data/Sensores Remotos de la DFO

1) *Mapeo de Inundaciones en Tiempo Casi Real y el “Registro de Aguas Superficiales”*

El DFO actualmente ingiere varios productos de data relacionados con aguas superficiales generados automáticamente en tiempo casi real que su personal ha ayudado a desarrollar y diseñar. El primero de éstos es el *NASA MODIS NRT Surface Water product*, que el DFO utiliza para hacer mapas de inundaciones de cobertura global. El producto de data inicial es generado en el Centro Espacial Goddard de NASA (GSFC) de forma totalmente automatizada y con un retraso de tiempo en la data de apenas unas horas; el producto resultante es transmitido al DFO a medida que se va produciendo. Sin embargo, por ahora, esta data de “extensión de la inundación” en GIS requiere ser procesada manualmente, según las diferentes regiones y en la medida que ocurren las inundaciones. Así, pues, aunque la data cruda presenta cobertura global completa diariamente, la producción de mapas regionales de alto nivel para el Registro de Aguas Superficiales (Fig.1) en el DFO, pese a lo rutinario, todavía no está automatizada, pero los detalles del sistema actual completo, incluyendo la producción en el GSFC y la naturaleza especial de los despliegues del Registro ya están disponibles.

Los dos instrumentos NASA MODIS ofrecen dos veces al día cobertura global a resolución espacial de 250 m en dos bandas ópticas (se mapean las crecientes mayores de ~5 km de ancho). El sistema de procesamiento LANCE-MODIS en el GSFC de NASA, iniciado a principios del 2010, produce diariamente productos de reflectancia proyectada y geocodificada, corregidos en banda 1 y banda 2 dentro de las pocas horas siguientes al paso del satélite. El paso ecuatorial del Terra-MODIS es a las ~10:30 am hora solar local, y el de Aqua-MODIS es a la 1:30 pm. Pese a que otros instrumentos orbitales presentan datos a mayor resolución, ninguno ofrece la cobertura global diaria a esta resolución espacial tan alta.

February 26-March 5, 2012

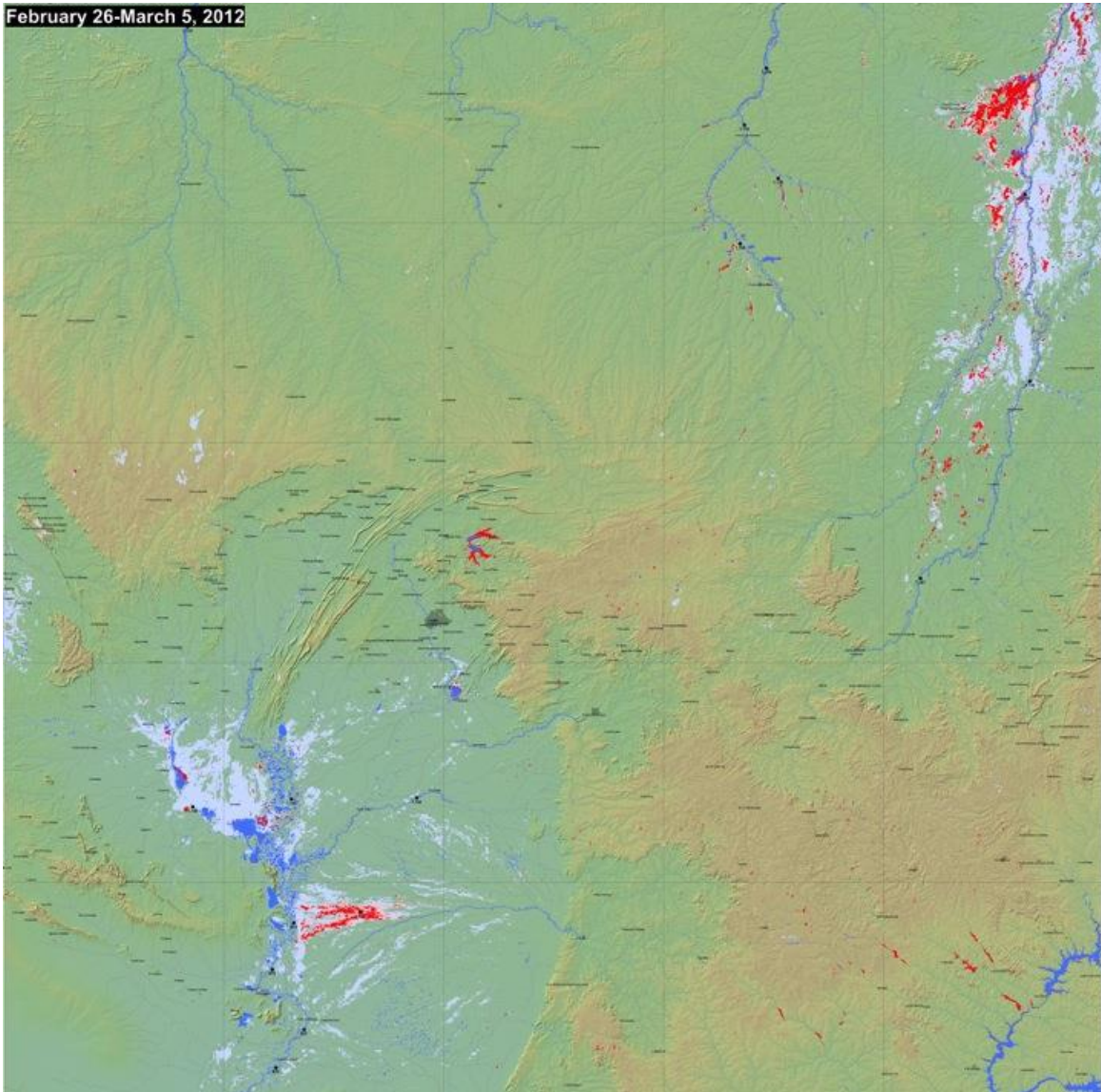


Figura 1. Muestra a escala reducida el “Registro de Aguas Superficiales” del DFO desplegado en la red (folio 060W010S, las coordenadas se refieren a la esquina Nor-Oeste, la escena incluye partes de Bolivia, izquierda inferior y Mato Grosso, Brasil). Rojo: inundación actual durante la fase de acumulación de 10 días; rojo claro: inundación anterior, mismo año; azul claro: inundación anterior; 200?-2011 azul oscuro, referencia “agua superficial” normal. Cada despliegue está acompañado de data que incluye los formatos geotif, kmz, y .shp.

Ver también: <http://floodobservatory.colorado.edu/Version2/060W010SSWR.html>.

La resolución espacial es suficiente para mapear muchos eventos de inundación e incluir los cambios de aguas superficiales propios de la estación (Fig.1). Eventualmente se podrá incorporar la data del sensor VIIRS (recientemente lanzado).

De la data de MODIS, se detecta el agua utilizando una proporción de data de reflectancia superficial de la Banda 1 y de la Banda 2 en cada 10 grados de latitud x 10 grados de longitud del área terrestre del producto de reflectancia LANCE. LANCE (acrónimo que significa “Capacidad en Tiempo Casi Real de la Atmósfera Terrestre” para EOS) es una distribución de datos expedita (<3 horas) para los satélites “Aqua” y “Terra” de NASA. La clasificación del agua se consigue así: $(\text{banda1}+A)/(\text{banda2}+B)$, donde las constantes A y B se determinan empíricamente. Por debajo de un umbral numérico, todos los píxeles se clasifican como agua y por encima, como tierra. Los valores de umbral han ido variando al tener más experiencia con este algoritmo de 0,6 a 0,9. Los umbrales numéricos en la data de banda 1 y banda 7 se utilizan para eliminar las nubes o sombras parciales de nubes.

El producto del procesador automatizado de GSFC que ingiere la data LANCE incluye una trama actualizada (archivo nuevo) de agua contra píxeles de tierra, y también una capa GIS (archivo .shp), con poligonales dispuestas en torno a todas las áreas clasificadas como agua, incluyendo píxeles individuales. Ver [Brakenridge et al., 2012a; Westerhoff et al., 2012] para más información.

Desafortunadamente, cuando hay cobertura de nubes esta data óptica no da información, pese a que lo que más necesita el usuario final es acceso inmediato a la *información más actualizada que se conozca* acerca de una inundación en progreso. Para tratar esta necesidad, el DFO ingiere manualmente el producto del archivo .shp automatizado, y los incorpora a un mapa con datos acumulados de 10 días y al “Registro de Aguas Superficiales”. (Fig.1). Estos despliegues, publicados en línea a la resolución de MODIS (como archivos .jpeg dentro de archivos .html de mapas individuales), y también como archivos geotif y kmz acordes con los protocolos de OCG, suministran información que es relativamente independiente de la cobertura de nubes para el momento. No obstante, insistimos en que, a la fecha, este no es un producto automatizado ni tiene soporte de otros organismos. Los despliegues sólo se refrescan intermitentemente, por ahora, y sólo en respuesta a grandes eventos de inundación y actualizaciones de valor percibido.

Como parte de su misión general, el DFO se especializa en la capacidad de adquirir y actualizar con la frecuencia que brindan los sensores MODIS de NASA y también, de modo exclusivo, en almacenar los resultados de las imágenes de inundaciones en el transcurso de los años. El objetivo es producir un “Registro de Aguas Superficiales” como mapa digital de calidad, para investigación, de los sitios donde han ocurrido las inundaciones y de dónde se han mapeado (Fig.1), mientras que el dato también ilustra dónde ocurren cambios a la fecha actual. Esta capacidad permite que las inundaciones continuas puedan ser puestas de inmediato dentro de un contexto útil que compara lo extenso del evento presente a los eventos anteriores.

Aunque MODIS es una fuente de datos consistente, durante los eventos de inundación mayores, otras fuentes de data de sensores remotos, de mayor resolución espacial, suelen estar disponibles (por ejemplo, a través de mecanismos tales como el *International*

Charter for Space and Major Disasters o Carta Internacional del Espacio y Grandes Desastres). Durante dichos eventos, el DFO suele utilizar esta data, incorpora el resultado del mapeo en el Registro de Aguas Superficiales correspondiente, así como cualquier otro despliegue o mapa especial enfocado en el área inundada, y pone a la disposición los archivos fuente de GIS - si las restricciones de data lo permiten.

De este modo el DFO colabora con otras agencias que trabajan el tema de de inundaciones tales como la “Carta Internacional” (<http://www.disastercharter.org/home>), compartiendo los productos de data generados. Donde la data de GIS esté disponible al público, el Registro incorpora productos de inundaciones con mayor resolución espacial de organismos de Naciones Unidas tales como UNOSAT. Sin embargo, la experiencia del DFO en el curso de los años indica que la capacidad de “siempre accesible” que ofrecen los dos sensores MODIS y sistemas de data relacionados (gratuitos, en tiempo casi real) son de un valor único. Están disponibles continuamente para todas las áreas terrestres y no requieren que se active la Carta ni que se planifique adquisición satelital de alta resolución para producir datos cartográficos sobre la extensión de una inundación. Por ejemplo, tras el paso catastrófico del Huracán Katrina por la Costa del Golfo, Estados Unidos, MODIS proporcionó la primera cobertura de la gran inundación causada por dicho evento y a muy pocas horas después de que el huracán tocara tierra [Brakenridge *et al.*, 2012a]. Más recientemente, la inundación de Mozambique fue adquirida por MODIS y mapeada por DFO: (<http://floodobservatory.colorado.edu/Version2/030E020SSWR.html>).

Mediante este enfoque, el Registro de Aguas Superficiales va produciendo, a medida que se observa y se incorpora cada evento de inundación, mapas cuadrangulares de 10 x 10 grados de futuros riesgos de inundación simplemente conservando el registro a largo plazo del lugar donde realmente ocurrió la inundación. Nosotros consideramos indispensable que este registro cartográfico de eventos pasados se conserve para acceso fácil tanto en forma de mapa y de datos GIS, para uso futuro de organismos de desarrollo, compañías de reaseguro, gobiernos locales, industria privada y sociedad en general.

El presente proyecto es sobre el trabajo que se necesita para la producción y automatización de los despliegues del Registro de Aguas Superficiales para toda América Latina y el Caribe. Una vez logrados, los usuarios finales podrán tener acceso cotidianamente a la información geoespacial no solamente acerca de la extensión de una inundación actual (las áreas rojas en la Fig.1), sino también al actual registro completo de inundaciones desde el 2000 al presente en el área de interés. Así mismo, muchas represas hechas por el hombre muestran una importante variación hidrográfica a esta escala, y los datos con base histórica del MODIS se pueden utilizar para caracterizar las operaciones de embalse y, posiblemente, monitorear los cambios de embalse de las aguas [Birkett y Brakenridge, 2013].

2) Mediciones Satelitales de Descarga Fluvial y Escorrentía de Cuencas (Divisoria de Aguas)

En colaboración con el Centro de la Comisión Europea de Investigación Conjunta (Joint Reserch Centre, JRC por sus siglas en inglés), el DFO está brindando al público un segundo resultado operativo que, a diferencia del mapeo de inundaciones, ya está completamente automatizado por el DFO. Las mediciones de descarga fluvial de “River Watch” GDACS/DFO abarcan un período de registro desde 1998 al presente.

(<http://floodobservatory.colorado.edu/CriticalAreas/DischargeAccess.html>). La Fig.2 muestra un subconjunto del despliegue actual de River Watch, que también ofrece un enlace a la data de descarga obtenida de los sitios marcados. River Watch nos brinda dos cosas: 1) un despliegue geográfico de áreas extensas, indicando qué cuencas están sufriendo actualmente un gasto fluvial inusualmente bajo (sequía hidrológica) o una creciente, y 2) los valores de descarga basados en sensores remotos así como la serie de tiempo remontada a 1998 en cada sitio de medición (Fig.3). Con cálculos adicionales utilizando la data de descarga y la de las áreas de cuencas tributarias el analista puede producir, por ejemplo, despliegues de escorrentías anómalas en las cuencas (Fig.4).

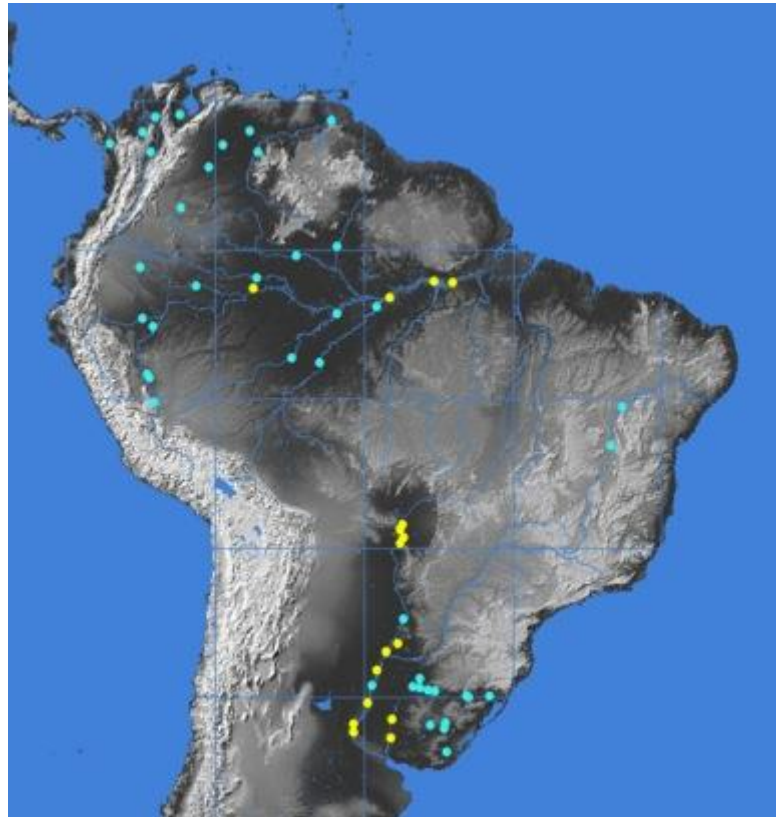


Fig 2 Sub-escena del despliegue global actual de “Mediciones Satelitales de Descarga Fluvial” con enlaces pinchables en los sitios de medición fluvial individual. Ver la versión en línea en: <http://floodobservatory.colorado.edu/CriticalAreas/DischargeAccess.html>.

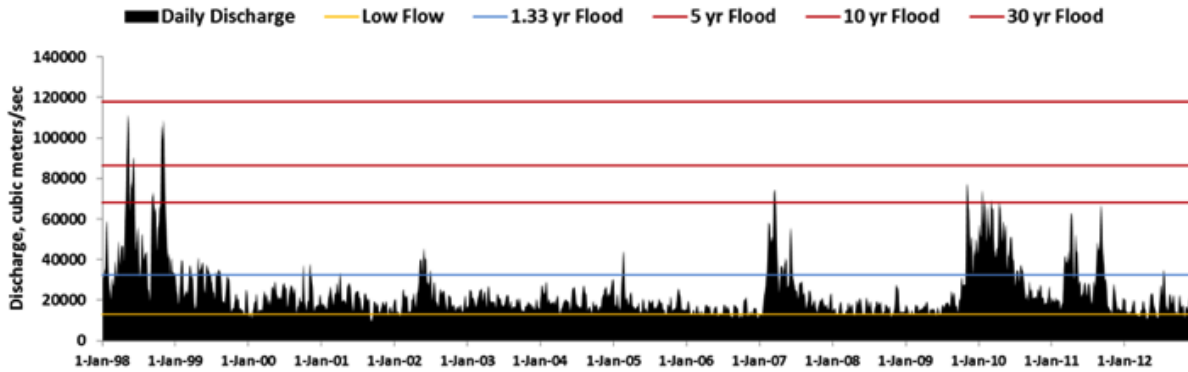


Fig.3. El registro de gasto de 1998 a la fecha presente del Sitio 822 a lo largo del Río Paraná, Argentina presenta una muestra de resultados del River Watch de América del Sur (ver ubicaciones de sitios en la Fig.2). El estado actual es un gasto bajo (punto amarillo en el despliegue de la Fig.2); inundaciones anteriores a intervalos indicados en lo anterior desencadenaron cambio en el símbolo desplegado a rojo. La serie de tiempo diaria de las descargas numéricas también está disponible en el sitio de esta página: <http://floodobservatory.colorado.edu/SiteDisplays/822.htm>.

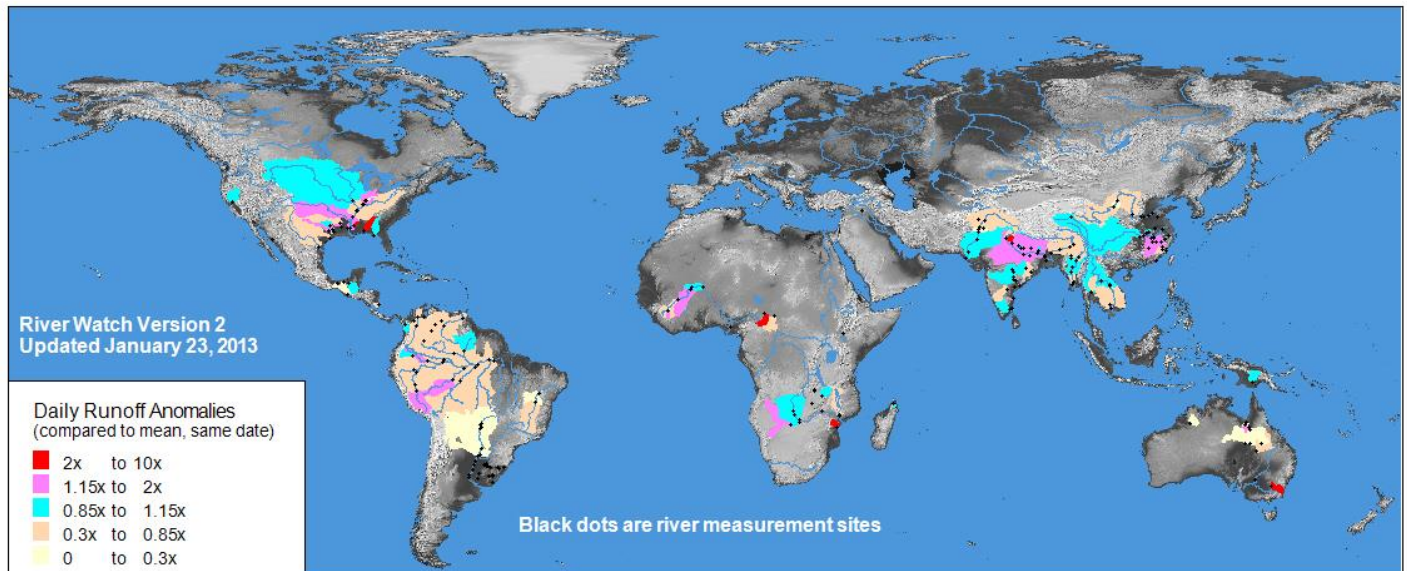


Fig.4 Mapa Global de escorrentías anómalas en las cuencas observadas por River Watch en una fecha reciente. Este despliegue actualmente está automatizado y operativo; un despliegue mejorado de escorrentías anómalas calcularía las escorrentías totales de siete días en comparación a la media, misma fecha (1998-2011). Por otra parte, quedan muchos sitios de América Latina por instalar en línea y equiparar con las cuencas tributarias asociadas. El proyecto contempla crear más despliegues más detallados y a gran escala

para el Caribe y para toda América del Sur. Ver también:
<http://floodobservatory.colorado.edu/RunoffAnomalies.html>

Esta data, así como los despliegues asociados, son productos novedosos de investigación pero ya han demostrado su potencial para aplicaciones operativas. Por ejemplo, los colegas del GDACS (el Sistema Global de la Comisión Europea para Alerta y Coordinación en Caso de Desastres) están usando actualmente la misma data para dar alertas de inundación globalmente en tiempo casi real: <http://old.gdacs.org//flooddetection/> [Kugler y De Groeve, 2007]. En el GDACS se monitorean más de 10.000 puntos de medición fluvial diariamente; de éstas el DFO calibra progresivamente sitios individuales para obtener unidades de descarga fluvial reales (~200 a nivel mundial; Figs. 2-4). Los análisis de sitio del DFO, que también se procesan diariamente, calculan la estadística hidrológica y las series de tiempo que permiten una medición más rigurosa de la magnitud, duración, etc. de las inundaciones. Más adelante detallaremos mejor esta tecnología.

River Watch 2 utiliza dos sensores de microondas que ofrecen cobertura global de la superficie terrestre de la tierra casi diariamente. A ciertas longitudes de onda de las microondas hay muy poca interferencia de la capa de nubes (Las inundaciones se pueden observar y medir incluso cuando la superficie terrestre está obscurecida para sensores ópticos tales como MODIS). Mediante una estrategia inicialmente desarrollada para sensores ópticos de gran área [Brakenridge *et al.*, 2005] dicha data puede ser utilizada para medir cambios en la descarga fluvial [Brakenridge *et al.*, 2007]. A medida que crecen los ríos y aumenta la descarga también aumenta el área de las aguas superficiales de las planicies inundables. La emisión de microondas en los sitios de medición fluvial, observados desde el espacio, puede monitorear dichos cambios.

La transformación de la señal del sensor remoto a valores reales de descarga se logra mediante una ecuación de calibración (como en el caso de las estaciones meteorológicas en tierra). Para River Watch 2, los valores de descarga para la calibración se obtienen procesando el modelo de escorrentía global (WBM). Cinco años (2003-2007) proporcionan información abundante para la calibración. El modelo se procesa para producir valores de descarga diarios en estos años, en cada sitio de medición (la resolución de la cuadrícula del modelo global es 10 km). Así como se demuestra en los despliegues de sitios, el resultado es una señal de una curva de calibración de descarga. Luego, la ecuación de la curva de calibración transforma toda la data diaria de la señal, incluyendo la data nueva, a descarga. Un trabajo reciente describe el proceso de calibración más detalladamente [Brakenridge *et al.*, 2012b]; y también hay un resumen técnico: <http://floodobservatory.colorado.edu/SatelliteGaugingSites/technical.html>.

Debido a que un tramo fluvial de más o menos 10 km de longitud (un píxel en la imagen de microondas) es lo que se utiliza para capturar los cambios de descarga, es importante que el píxel incluya un tramo de río relativamente uniforme sin confluencia de afluentes, ni riachuelos cercanos, ni otros cuerpos acuáticos variables. Las características locales del

sitio afectan la sensibilidad y la razón señal/ruido de este método. En cada despliegue de sitio se presenta un enlace para visualizar el píxel de medición (tramo de río y planicie de inundación) que se esté utilizando como sitio de monitoreo (ej.: <http://old.gdacs.org/flooddetection/area.aspx?id=822>). Se pueden agregar muchos otros sitios en América Latina y el Caribe a través de este proyecto, para obtener la información de descarga. No obstante, se debe controlar la calidad en cada sitio individualmente, de manera de tomar en cuenta todos los factores citados anteriormente.

El enfoque es novedoso ya que los sensores de microondas (TRMM, AMSR-E) que antes se utilizaban principalmente para monitorear la atmósfera y la precipitación, aquí se emplean para medir directamente los cambios en descarga fluvial y escorrentía de cuencas. Este hecho se presentó porque, para medir las condiciones atmosféricas tales como la precipitación, se incluyeron canales de sensores terrenos en las misiones satelitales para tener un componente comparativo (de fondo) de radiación de microondas surgiente. River Watch solamente utiliza estos dos canales para monitorear los cambios de las aguas superficiales. River Watch 2 reemplaza una versión anterior que sólo utilizaba AMSR-E y un método de calibración-a-descarga diferente; ahora está adelantado en el tiempo utilizando información TRMM solamente (AMSR-E ha dejado de operar), y la información del sensor AMSR-2 se agregará tan pronto esté disponible a comienzos del 2013.

La data de descarga es fundamental para observación de la *escorrentía superficial* (comúnmente expresada como volumen de agua descargada/área de la cuenca, en mm). Los mapas de escorrentía diarios que presentan valores de escorrentía y de escorrentías anómalas para cada cuenca asociada a un sitio de medición de descarga, están actualmente disponibles en línea. También se puede acceder a despliegues de escorrentía acumulada de 7 días y de escorrentías anómalas. Se está preparando un trabajo de investigación que cuantifica aún más los errores estadísticos de este enfoque. [Cohen et al., en preparación]. La data de River Watch ya ha demostrado su utilidad para mejorar los pronósticos de crecientes fluviales a largo plazo [Hirpa et al., 2013].

El componente del proyecto sobre el tema describe el trabajo necesario para:

- a) aumentar el número de sitios de medición fluvial en América Latina y el Caribe de 55 a entre 1,000 y 2,000 sitios;**
- b) ubicar e instalar nuevos sitios de monitoreo de caudal, y de otros sitios adicionales, por parte de especialistas de cada país de la región; y**
- c) hacer más pruebas de la exactitud y precisión de estos resultados de sensores remotos mediante comparaciones con datos de estaciones local en el terreno de manera que los estimados de errores puedan ser agregados a la información de descarga y escorrentía. Todos los sitios se agregarían durante el primer año del proyecto; se necesitan dos años de operación para la interacción y comparación**

necesarias de control de calidad/usuario final de la data de la estación terrenal (donde éstas estén disponibles).

MADUREZ Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE DATA

Como ya se indicó, el mapeo hidrológico basado en MODIS ofrece beneficios únicos por sus productos entregables: cobertura de gran área, que se repite frecuentemente (dos veces diarias desde 2002) en forma sostenida - en vez de imágenes ad hoc, después del evento, en escalas de tiempo determinadas por disponibilidad de sensores y parámetros orbitales. Ambos tipos de imágenes son útiles durante los eventos de inundación, muchos de los cuales ocurren en áreas extensas y por largos períodos de tiempo, y que son los que más daños causan.

El procesador global de crecientes de GSFC ya está en operación y está siendo mejorado, y se combina (ahora manualmente) con procesamiento adicional en el DFO y su archivo histórico. Actualmente se genera una gran cantidad de data hidrológica, en formato shapefile (entre otros): el reto es la integración, síntesis y difusión de resultados finales útiles. El producto del sistema de mapeo del DFO ya está siendo utilizado en ambientes operativos de respuesta a desastres, incluyendo el Programa de Alimentación Mundial y la Cruz Roja Internacional. Su nivel de madurez es alto y está listo para usuarios operativos - a pesar de algunos problemas que se describen más adelante. Sin embargo, sólo un sistema automatizado puede ser sostenido a un bajo costo de personal. El proyecto actual es para cumplir esta tarea para una importante y extensa región: América Latina y el Caribe, en colaboración con el Programa GeoSUR (www.geosur.info) de la CAF – banco de desarrollo de América Latina. A diferencia de los proveedores comerciales de información para desastres que, en algunos casos, utilizan imágenes satelitales del sector comercial, tanto nuestros datos fuente así como los despliegues del DFO y los resultados de los análisis son públicos y están autorizado para su uso bajo licencia de *Creative Commons* (una modalidad que permite el uso gratuito de la información a condición que se cite la fuente).

A diferencia de los productos de mapeo de inundaciones recién descritos, *River Watch* está más automatizado, pero la capacidad es relativamente nueva y los errores asociados tienen que ser cuantificados con más detalle. La investigación recientemente publicada ha incorporado las mediciones de descarga fluvial a los modelos de predicción de inundaciones, de manera que este uso práctico ha quedado demostrado. También está siendo utilizado, como indicamos, para emitir alertas y amenazas de inundaciones. El DFO, trabajando en cooperación con instituciones que participan en el Programa GeoSUR y otras instituciones especializadas, busca demostrar aún más su utilidad en la medida en que vamos trabajando para mejorar, validar y publicar este producto. Además, debido a que la calidad de la data depende de la selección de sitios de medición en ríos, es necesario aumentar considerablemente los esfuerzos para examinar la sensibilidad y calidad de los datos de cada sitio, posiblemente suprimiendo algunos sitios existentes en

River Watch y agregando un gran número de sitios adicionales necesarios para suplir la falta de mediciones hidrológicas en muchos países de la región.

El DFO puede asistir a las instituciones participantes a entender el proceso de análisis, modelaje y generación de información para que esta data sea de máxima utilidad y tenga una amplia difusión en la región.

A continuación se listan algunos detalles técnicos y limitaciones del sistema de mapeo de inundaciones que están bajo consideración y que deben ser tomadas en cuenta mientras se realizan mejoras al sistema:

- 1) Bajo condiciones de un ángulo solar relativamente bajo y abundante cobertura de cúmulos dispersos, el procedimiento de composición a 4-imágenes no elimina toda la sombra de nubes y resulta en errores intermitentes (píxeles del suelo clasificados erróneamente como agua). Este problema se está tratando mediante la extensión del período de composición a 3 días/6 imágenes, de modo que se requieren más de 2 resultados de clase “agua” para la identificación definitiva del agua. Por otra parte, el equipo de GSFC también está buscando un enfoque basado en el ángulo solar para “enmascarar” las sombras de nubes. Con el apoyo financiero de NASA estamos examinando conjuntamente qué producto da resultados de mayor calidad. A la fecha (enero, 2013) parece que el método de procesamiento de 3días/6 imágenes sí minimiza los errores por sombra de nubes y es una solución aceptable, pero que en otras regiones el producto de 2días/4 imágenes es más sensible. Por lo cual anticipamos hacer recomendaciones acerca de la mejor opción en cada mapa.
- 2) La sombra del terreno continúa siendo fuente de errores persistentes en las áreas de tierras altas. Dichas sombras siempre se clasifican equivocadamente como agua. Una solución podría ser la de aplicar un algoritmo de “altura por encima del drenaje más cercano”, crear una máscara y utilizar esta máscara para eliminar tales errores. Este enfoque está siendo comprobado actualmente en el GSFC.
- 3) Anteriormente observamos errores menores de geo-ubicación en áreas de latitudes más elevadas (que posiblemente incluyen áreas en el sur de América del Sur). El DFO y miembros del equipo GSFC están trabajando actualmente con las instalaciones de NASA MODIS-LANCE para determinar cómo y cuándo se introducen localmente esos errores en los compuestos de reflectancia superficial a 10 grados generados en LANCE. Generalmente, la información del MODIS 250 m se geo-localiza dentro de los +/- 50 m, con un nivel de exactitud aceptable.

TAREAS PARA EL PROYECTO Y ENTREGABLES

Las tareas asociadas a este proyecto van a ser realizadas por dos investigadores: El Prof. Robert Brakenridge y el Dr. Albert Kettner, ambos investigadores *senior* de la Universidad de Colorado. El primero es el líder de este trabajo y será responsable de la culminación del proyecto en general, y el segundo aporta destrezas importantes en GIS y en su automatización.

Se contempla un período de trabajo de dos años con el fin de:

- 1) Completar y actualizar los mapas del Registro de Aguas Superficiales para cubrir toda América Latina y el Caribe;
- 2) Automatizar estos despliegues para que se actualicen diariamente a medida que llegue al sistema GIS la data nueva desde GSFC;
- 3) Con el aporte de especialistas de cada país de la región y del Programa GeoSUR, crear e instalar en *River Watch* entre 1,000 y 2,000 sitios nuevos de medición fluvial y despliegues asociados para América Latina y el Caribe, incluyendo el acceso a los resultados de la data de descarga y escorrentía; |
- 4) Probar y automatizar los despliegues nuevos;
- 5) Realizar un taller de capacitación regional para especialistas de la región.
- 6) Continuar operando todos los sistemas de procesamiento durante el segundo año del proyecto, corregir errores, hacer mantenimiento de rutina y cooperar con el Programa GeoSUR para asegurar el funcionamiento ininterrumpido, de alta calidad y útil del sistema.
- 7) Prepararse para la producción totalmente automatizada y la difusión a largo plazo, post 2015, de los productos generados por el proyecto a un costo de mantenimiento muy sostenible. Vinculación de estos productos con el Portal GeoSUR.

Los entregables son los siguientes:

- 1) Cinco despliegues de acceso a *River Watch* preparados a la medida de la región, mantenidos y actualizados en línea en la página web del Observatorio de Inundaciones - y reflejados en la plataforma GeoSUR si así se desea.

Estos despliegues y data (actualizados diariamente) incluyen:

- a) *Mapa de los sitios de medición fluvial*, expresados como símbolos a color: puntos amarillos: caudal bajo (<50% escorrentía diaria media para la fecha); puntos azules: gasto normal; puntos morados: creciente moderada (<1,33 años de recurrencia); puntos rojos: creciente mayor (<5 años de recurrencia). El período de registro de los sitios comienza el 1 de enero de 1998. La distribución Log Pearson III se utiliza para calcular el intervalo de recurrencia.

- b) *Escorrentía diaria y semanal* expresada en mm, ilustrada como sombra a color de cinco intervalos (ej.: Fig.4).
- c) *Escorrentías anómalas de cuencas diaria y semanal*, porcentual, con valores de escorrentía comparados al promedio de las mismas fechas durante el período anterior registrado. Los despliegues deberían mostrar mucho más detalle que el ejemplo global de la Fig.4, pero de todos modos seguiría siendo fácilmente visible en línea. GeoSUR puede proporcionar información acerca del mejor formato geoespacial para vincular los mapas a su portal. Es deseable una acumulación de escorrentías de 7 días para poder comparar varios productos de precipitación para la región, así como también modelaje de escorrentía.
- 2) Aumento en el número de sitios en *River Watch*, automatizados y en línea, en esta región de 55 a entre 1,000 y 2,000 sitios; la ubicación de los nuevos sitios deberá ser seleccionada con el aporte de especialistas de la región.
- 3) Producción manual y actualización de todos los despliegues del Registro de Aguas Superficiales que cubre la región de América Latina y el Caribe. Luego, automatización total de cada uno, de forma tal que: la data vigente del agua superficial se actualice diariamente (así como cualquier creciente) y sea mapeada en el mismo proceso, si la cobertura de nubes lo permite, en tiempo casi real, y en el contexto de la creciente anterior y variabilidad hidrológica estacionaria normal. Los archivos relacionados de GIS y acordes con protocolos OGC deberán ser accesibles desde las páginas web del DFO y GeoSUR, para que las organizaciones de la región puedan importar esa data sobre la extensión de las aguas superficiales a sus propios sistemas y puedan también visualizar los despliegues de mapas actualizados.
- 4) Se contará con la colaboración continua del equipo de NASA GSFC para respaldar el perfeccionamiento del producto diario MODIS NRT GIS (el papel del DFO es validación y comprobación). Si se da el financiamiento que se espera de NASA, el producto será procesado por lo menos 4 años retrospectivamente. Esta data histórica sobre extensión de aguas superficiales también se pondrá a la disposición de GeoSUR, se incorporará a los despliegues del Registro para aportar un conocimiento más preciso de los límites de creciente máximos alcanzados durante el período medido.
- 5) En colaboración con GeoSUR, implementar de ambos productos de data en el Servicio Regional de Mapas de GeoSUR.

- 6) Realizar dos visitas a la región para sostener 2 reuniones (una con los especialistas para mostrarles el sistema y otra con los gerentes para promover su uso). CAF cubrirá todos los gastos de viaje y de reunión.
- 7) Preparar el estimado de costo total de operación continua y totalmente automatizada del sistema después del año 2 del proyecto. Explorar también la posible implantación de un servicio de usuarios por suscripción para sufragar los costos.

PROGRAMA DE TRABAJO

El plan de tareas para este proyecto y los entregables cubre un periodo de dos años: 1 de marzo de 2013 - 28 de febrero de 2015. A continuación se detalla la secuencia anticipada de los trabajos así como las fechas límite de finalización de tareas:

- a) Trabajo relacionado con *River Watch*, incluyendo despliegues nuevos y automatización total, deberán estar concluídos el 15 de julio de 2013.
- b) Producción manual y actualización de toda la cobertura del Registro de Aguas Superficiales, el 15 de septiembre de 2013.
- c) Dos visitas de trabajo a la región realizables al 15 de junio de 2014. La primera visita se debe hacer al principio del período de proyecto de manera de lograr el aporte máximo de GeoSUR y de CAF en las primeras etapas del trabajo.
- d) Acoger la visita al DFO/Universidad de Colorado del personal de GeoSUR/CAF (flexible).
- e) Prueba de automatización de los despliegues del Registro de Aguas Superficiales el 1 de marzo de 2014.
- f) Operación exitosa de ambos productos de data en tiempo casi real, 1 de marzo de 2014 – 28 de febrero de 2015.
- g) El DFO presentará un Informe Final al finalizar el período del proyecto, describiendo todo el trabajo logrado.

BIBLIOGRAFIA

- Birkett, C., and G. R. Brakenridge (2013), Lake volume monitoring for water resources: combining altimetry and surface area measurements, *ASPRS Annual Conference, March 24-28, 2013, Baltimore, MD USA*.
- Brakenridge, G. R., E. Anderson, S. V. Nghiem, and S. Chien (2005), Space-based measurement of river runoff, *EOS, Transactions of the American Geophysical Union*, 86.
- Brakenridge, G. R., S. V. Nghiem, E. Anderson, and R. Mic (2007), Orbital microwave measurement of river discharge and ice status, *Water Resources Research*, 43(W04405, doi:10.1029/2006WR005238).
- Brakenridge, G. R., J. P. M. Syvitski, I. Overeem, J. A. Stewart-Moore, and A. J. Kettner (2012a), Global mapping of storm surges, 2002-present and the assessment of coastal vulnerability, *Natural Hazards*, DOI 10.1007/s11069-012-0317-z.
- Brakenridge, G. R., S. Cohen, A. J. Kettner, T. De Groeve, S. V. Nghiem, J. P. M. Syvitski, and B. M. Fekete (2012b), Calibration of orbital microwave measurements of river discharge using a global hydrology model., *Journal of Hydrology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.09.035>.
- Cohen, S., G. R. Brakenridge, M. Dettinger, and S. V. Nghiem (in preparation, 2013), Comparative error statistics of space-based and ground-based river discharge measurements, *Proceedings, American Geophysical Union Chapman Conference on Remote Sensing of the Terrestrial Water Cycle*.
- Hirpa, F. A., T. Hopson, T. De Groeve, G. R. Brakenridge, M. Gebremichael, and R. P.J. (2013), Upstream Satellite Remote Sensing for River Discharge Prediction: Application to Major Rivers in South Asia., *Remote Sensing of the Environment*, in press.
- Kugler, Z., and T. De Groeve (2007), The Global Flood Detection System, *EUR 23303 EN, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities*, 45.
- Westerhoff, R. S., M. P. H. Kleuskens, H. C. Winsemius, J. H. Huizinga, and G. R. Brakenridge (2012), Automated and Systematic Water mapping in a Near-real-time Global Flood Observatory based on SAR data., *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 9, 7801-7834.