

River Watch Version 3

River Watch 3

MEDICIÓN DE ESCORRENTÍA Y DESCARGA FLUVIAL USANDO INFORMACIÓN SATELITAL

Resumen Técnico

G. Robert Brakenridge, Albert Kettner, James Syvitski, and Irina Overeem,
INSTAAR/CSDMS, University of Colorado, Boulder, CO, Estados Unidos

Tom De Groeve

Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, Italia

Sagy Cohen

Surface Dynamics Modeling Laboratory, Dept. of Geography, University of
Alabama, Tuscaloosa, AL, Estados Unidos

Son V. Nghiem

Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA,
Estados Unidos

Actualización: Enero 12, 2016

**Translation to Spanish kindly provided by Dr. Juan Restrepo and PhD
student Rogger Escobar, Universidad EAFIT, Colombia**

*Citar como: Brakenridge, G.R. y colaboradores, 2015, River Watch 3, Medidas
de Escorrentía y Descarga Fluvial Usando Información Satelital: Resumen
Técnico. Publicación disponible en:*

<http://floodobservatory.colorado.edu/technicalSpanish.html>

Introducción

Los sensores satelitales de ondas cortas generan coberturas globales de la superficie terrestre a escalas temporales diarias y en determinadas longitudes de onda sin mayor interferencia de la cobertura de nubes. Mediante el uso de una estrategia usada por primera vez en sensores ópticos de amplio espectro (ver por ejemplo: [Brakenridge y colaboradores, 2005](#)), estos sensores (e.g. AMSR-E, AMSR-2, TRMM, y GPM) pueden estimar los cambios en el caudal fluvial. A medida que los niveles de los ríos y los caudales ascienden, la variación hídrica dentro de los sitios de medición observada desde el satélite (~10 km x 10 km),

también incrementa ([Brakenridge y colaboradores, 2007](#); [Brakenridge colaboradores, 2012](#)). La imagen de un píxel de ~ 37 GHz centrado sobre un río, está generalmente compuesta de la mezcla de agua (emisiones bajas) y tierra (emisiones mucho más altas). A medida que la proporción de las aguas se incrementa, la radiación neta emitida disminuye (los suelos son mucho más brillantes que las aguas en esta banda espectral). Por lo tanto, la señal es sensible a los cambios de la amplitud de los flujos del río.

Los datos de caudal (m^3/s) pueden ser usados para estimar la escorrentía superficial (expresada como el volumen de descarga de agua / área de drenaje / tiempo, por ejemplo: *mm/semana*). Las anomalías en la escorrentía asociada a la cuenca específica de un sitio en el río, son calculadas y comparadas con la precipitación, infiltración y evapotranspiración sobre la cuenca.

Curvas de Calibración

La transformación de las señales de los sensores remotos a valores de caudal fluvial se obtiene mediante una ecuación de calibración (en el caso de estaciones de medidas de niveles y caudales en el terreno). Para River Watch 3, los valores de calibración se obtienen a través del modelo global de escorrentía ([Global Runoff Model: WBM](#)), el cual genera gran cantidad de datos para la calibración durante cinco años (2003-2007). Este modelo genera valores diarios de caudal en cada estación para este periodo (su resolución espacial también es de 10 km). Como se muestra en la ventana del sitio del Observatorio (presionando "*obtain data*" en cada sitio), se despliega una curva de resultados señal-caudal. La ecuación de calibración es posteriormente transformada al valor de la señal diaria del caudal. La ecuación proviene ya sea de una transformación lineal o de una polinomial de segundo orden.

Dado que es una técnica estándar, las curvas de calibración emplean caudales mensuales máximos y mínimos y caudales diarios tanto en los resultados del modelo como en los datos de sensores remotos ($n = 180$). Investigaciones anteriores han mostrado que este es un método eficiente para extraer los valores diarios mínimos, promedios y máximos del modelo con los pares de datos para el mismo día provenientes del sensor satelital ([Brakenridge y colaboradores, 2012](#)). En los diagramas de dispersión están incluidos los errores del modelo y del sensor satelital. La simulación a escala global puede producir resultados pobres (baja correlación) en determinados sitios, incluso aunque los sensores remotos detecten muy bien los cambios en el caudal. También el sitio puede estar mal localizado en un sitio donde el satélite no tiene la sensibilidad suficiente para medir las variaciones del caudal. Sin embargo, en la mayoría de los casos, en

sitios adecuadamente escogidos, existe una fuerte correlación entre el caudal simulado con WMB y la señal satelital. Ambos midiendo independientemente cambios en la descarga fluvial. Sin embargo, el grado de la correlación no limita las magnitudes en el caudal (podría existir un sesgo en el modelo, haciendo que los valores del caudal simulado se presenten uniformemente altos o bajos). Por lo tanto, después se comparan los resultados de River Watch con los valores de las estaciones de aforo sobre el terreno. Se recomienda consultar los ejemplos en línea de los Estados Unidos en relación con este tipo de calibraciones. Además, cuando las estaciones de aforo sobre el terreno y los sitios del satélite están bien localizados y superpuestos, el sensor remoto puede ser calibrado directamente a las medidas de caudal por medio de la información sobre el terreno. En sitios seleccionados en EE.UU, se comparan las curvas de calibración del modelo con las obtenidas de las estaciones de aforo del caudal sobre el terreno, generando una evaluación del sesgo del modelo y del desempeño y precisión del método.

River Watch 3 - Detalles del Procesamiento

River Watch 3 utiliza el Radiómetro Avanzado de Onda Corta (AMSR-E) de la NASA y la Agencia Espacial Japonesa en la banda de 36.5 GHz, incluye también la banda espectral de 37 GHz del sensor TRMM de la NASA y la Agencia Espacial Japonesa y la información de los nuevos sensores AMSR-2 y GPM. El estimador de caudal (señal del sensor remoto) es la relación entre el valor diario de calibración (“C”), que representa el percentil 95% de la emisividad de los días más secos (brillantes) dentro de un área de pixel de 9x9 alrededor del sitio, y “M” que es la emisividad desde la medida de un pixel centrado entre el canal del río y su plano de inundación. Se escoge el percentil 95% y no el valor máximo, para excluir posibles datos atípicos debidos a errores de medición. La relación C/M es muy sensible a los cambios en el área de la superficie hídrica dentro del pixel M y remueve otras fuentes de variación que afectan los demás pixeles (como cambios en la temperatura de la superficie terrestre). Los sitios dentro del rango del TRMM (entre 50 deg N y S) comenzaron en enero de 1998, adicionados a los datos AMSR-E que vinieron a estar disponibles a mediados de 2002. Después, se ha continuado usando el sensor TRMM, solo durante el paréntesis de inactividad del AMSR entre 2012 e inicios de 2013 (tiempo entre la terminación del AMSR-E e inicio del AMSR-2) y actualmente se emplean juntos AMSR-2 y GPM. Los registros de sitios en latitudes más altas comienzan en enero 1 de 2003 (después del lanzamiento de AMSR-E a mediados de 2002), existiendo un vacío de información entre 2012 y 2013 que corresponde a la terminación del AMSR-E e inicio del AMSR-2. En estos sitios no hay disponibilidad de datos del sensor TRMM. El algoritmo de malla para producir las imágenes globales diarias es ejecutado por el *Joint Research Centre* (JRC); los datos originales están cercanos

al tiempo real de cada sensor. [Ver este documento del JRC para más información.](#)

El *Joint Research Centre* (JRC) produce una malla global diaria de resolución de pixel de 10 km (cerca del Ecuador) y genera valores diarios para pixeles específicos dentro de la malla de 4000 x 2000 pixeles. En latitudes bajas, la cobertura es menor a la diaria a partir del AMSR-E y del AMSR-2, tal que River Watch versión 3 usa una media móvil de siete días produce la información más actualizada dentro de los vacíos de cobertura temporal. Esta resolución temporal se considera apropiada dado que el caudal fluvial presenta una fuerte correlación en escalas de tiempo diarias. En el JRC, el cálculo de la señales satelitales y de escorrentía se basan productos satelitales casi en tiempo real. Cuando existen múltiples datos para un pixel en un día, se utiliza el último valor estimado. Aun así, la media móvil de 7 días añade una fuente de error, al atenuar los picos en inundaciones que se presentan en un periodo menor a los 7 días.

En el Observatorio de Inundaciones, el cociente de datos del JRC es incorporado una vez cada día y el despliegue de cada sitio en la página web es actualizado e incluido en la web del Observatorio a las 14:30 hora estándar de la región montañosa central de EE.UU. Cada sitio comprende de dos páginas html, la primera con la gráfica de las series de los resultados y una segunda página de datos que presenta las curvas de calibración y da acceso a la serie completa de los caudales estimados a partir del satélite. Para propósitos de comparación se anexa el percentil 20 de caudales medidos para cada día del año y también se presenta la serie 2000-2010 para cada día como información útil para el umbral del flujo bajo.

El método de River Watch es novedoso en cuanto a que usa sensores de onda corta diseñados para monitorear la atmósfera y la precipitación como sensores para medir directamente los cambios en el caudal fluvial y la escorrentía superficial. Por lo tanto, para examinar las condiciones atmosféricas tales como precipitación, los canales o bandas sensibles al terreno fueron incluidos en TRMM y actualmente en GPM con el fin de adicionar el componente de emisión de la radiación de surgencia de onda corta. River Watch emplea estos canales sensibles al terreno para monitorear los cambios en la superficie del agua.

River Watch versión 2 reemplaza la versión anterior que solo usaba AMSR-E, con un algoritmo de señal y métodos de calibración un poco diferentes. Actualmente, River Watch 3 incorpora muchas mejoras en el procesamiento de la señal y las gráficas resultado, utilizando una media móvil centrada de 7 días y proveyendo medidas de calidad de la medición tal como “Excelente”, “Muy buena”, “Buena”, “Aceptable” y “Pobre”. Estas mediciones están basadas en una

medición cuantitativa de: a) la relación observada de señal/ruido en el sitio, y b) el grado de correlación de la señal con la escorrentía generada en el modelo WMB (Modelo que depende de variables hidroclimáticas). Un ejemplo de la versión 3 se encuentra online en el siguiente enlace: <http://floodobservatory.colorado.edu/SiteDisplays/256.htm>. A finales de 2015 y principios de 2016, la Versión 3 está reemplazando gradualmente la Versión 2, en la medida en que cada satélite es revisado individualmente. Los nuevos sitios también incluyen enlaces a mapas de predicciones de áreas inundables (*Predicted Flooded Areas*).

Medidas en el Sitio Seleccionado

Es importante resaltar que el pixel M debe ser lo suficientemente grande para evitar la saturación (llenado completo por agua del pixel de medida) durante eventos de inundación. También es relevante considerar que el pixel incluya una superficie homogénea del río sin conexiones con sistemas tributarios o con zonas cercanas a otras corrientes o cuerpos de agua variables. En este método, las [características locales del sitio](#) afectan en gran medida la sensibilidad del cociente señal/ruido (como en el caso de estaciones terrestres de medición de caudal). Por lo tanto, la visualización de cada sitio presenta la conexión para observar la medida del pixel usado para monitorear el lugar. En la actualidad, el Observatorio trabaja en la evaluación de los factores locales que afectan los resultados en cada lugar de calibración. De todas formas, un control cualitativo cuidadoso debe ser tomado en cuenta en cada sitio, comenzando con la evaluación visual de las características del lugar de cada estación. El Observatorio todavía está haciendo este análisis, y posiblemente, en un futuro, algunos sitios podrán ser eliminados del sistema. Sin embargo, existen miles de potenciales estaciones para ser incluidas.

Detección de la Cobertura de Hielo

La iniciación y congelamiento de la cobertura de hielo en el río también puede ser estimada: el rompimiento del hielo afecta inmediatamente el cociente C/M dado que la emisión baja del agua reemplaza la del hielo dentro de cada pixel (ver [Brakenridge y colaboradores \(2007\)](#) sobre la investigación inicial de este método, [Brakenridge y colaboradores \(2012\)](#), para los detalles más actualizados y otro reporte técnico de [Kugler y De Groeve \(2007\)](#)). Debido a que River Watch 3 emplea datos procesados del *Joint Research Centre* y provee una señal del cociente C/M, se necesita un filtro especial para detectar los periodos de

cobertura de hielo y filtrar tales coberturas de los datos de salida. Tanto C como M presentan grandes valores de variación anual a medida que los suelos se calientan en la primavera y se enfrían en el otoño. En el filtrado de la cobertura de hielo para los periodos de primavera, los valores de C y M son prácticamente iguales y el cociente de aproxima a 1. Posteriormente, el cociente se vuelve más pequeño, a medida que la superficie del agua aparece en el sitio e incrementa su extensión. Este mismo proceso se invierte en otoño. River Watch estima el punto de transición en cada estación por medio de la localización del valor máximo del cociente entre primavera y otoño, y solo calcula los valores de caudal fluvial a partir de los datos máximos de la señal en el lapso de tiempo entre las dos estaciones climáticas. Tanto la información no filtrada como la filtrada se presentan en cada visualización mediante el uso del este filtro. Ver un ejemplo en <http://floodobservatory.colorado.edu/SiteDisplays/320.htm>.

Evaluación de Precisión

Comparación con Datos del Terreno

Dentro de los Estados Unidos, en donde existe una red extensa de estaciones de aforo de caudal, la precisión de las medidas de River Watch se puede evaluar directamente. Las estadísticas [Nash-Sutcliffe \(N-S\)](#) se utilizan generalmente para evaluar las series de tiempo desde los resultados de salida del modelo hidrológico. También se pueden comparar la información de los sensores remotos con la observada sobre el terreno en estaciones locales de aforo de caudal. En los sitios de River Watch existe al menos 10 años de datos diarios para establecer estas comparaciones. Con base en esta disponibilidad de información, la clasificación de precisión de River Watch en los datos de salida de cada sitio se implementa por medio de las mencionadas estadísticas. A partir de la dirección web de Wikipedia presentada anteriormente, las eficiencias de "Nash-Sutcliffe" pueden presentar un rango entre $-\infty$ to 1. Una eficiencia de 1 ($E=1$) corresponde con un ajuste perfecto entre los datos simulados y los observados. En general, mientras la eficiencia del modelo esté más cercana a 1 más preciso es el mismo.

Los valores N-S de 1 indican un ajuste perfecto del modelo; y los valores bajos del orden de .75 son referenciados en la literatura para mostrar que el modelo, en este caso, de sensores remotos, tiene muy buen desempeño para predecir las series reales de tiempo. Por lo tanto, las estadísticas N-S son calculadas para todos los sitios donde existen datos mensuales o diarios de estaciones de aforo en campo de caudal (m^3/s) o escorrentía total (mm) para los años 2003-2005 (5

años, 180 datos mensuales). La gran mayoría de los sitios de River Watch no existe información disponible de estaciones de aforo, por lo tanto las estadísticas N-S son estimadas usando la señal satelital como predictor de los resultados del modelo WBM. Tal como se explicó, valores altos de N-S indican que ambos, tanto el sensor remoto, como el modelo WBM son precisos en la predicción del caudal, en cambio, valores bajos, indican que o el modelo WBM o el sensor remoto, o ambos, no logran estimar adecuadamente el caudal del río. En el caso de sitios localizados en climas templados, con inviernos marcados, se excluyen de las estadísticas los meses en los cuales el río permanece cubierto de hielo.

Cómo se ha señalado, se presenta entonces un diagrama de dispersión para los 180 datos. El coeficiente de correlación r^2 también es una medida consistente de la precisión de la medición modelo/satélite. Esta es incluida en el promedio de la precisión ("Accuracy") en la parte superior de la pantalla de resultados de River Watch 3 y luego se transforma de la siguiente manera:

>.8, Excellent, "5": Excelente

>.7, Very Good, "4": Muy Buena

>.6, Good, "3": Buena

>.44, Fair, "2": Aceptable

<.44, Poor, "1": Pobre

En la ventana de River Watch, también se presentan las gráficas de las series de tiempo mensuales de los resultados modelo/satélite en el periodo de 5 años, permitiendo la comparación visual y la determinación de la correspondencia temporal entre las mismas. En grandes ríos se pueden visualizar fácilmente la correspondencia temporal de por ejemplo: picos estacionales en los máximos, mínimos y medios diarios, determinando si existen o no rezagos entre la señal satelital y el modelo. Pocas veces el no reajustar el resago causa valores bajos en el r^2 y las estadísticas N-S, pero al resagar o adelantar la serie del modelo (el modelo estima el caudal muy rápido o muy lento) se producen cambios importantes en la correlación del modelo (por ejemplo, r^2 pasa de .2 a .7). Cuando este es el caso, se deja el modelo luego de ser reajustado.

Evaluación de la sensibilidad y el ruido

Una simple relación de señal/ruido es estimada de la siguiente manera: 1) El rango total observado durante los 5 años de la señal, varía entre .3 (valores altos) y .01 (valores muy bajos). Valores altos indican que en el sitio el satélite es sensible a las variaciones de área mojada en el río y estas son significativas. 2) el promedio observado día a día durante los 5 años es el indicador de ruido usado. La mayoría de los ríos monitoreados en River Watch exhiben largos periodos de flujo estable (incluso durante inundaciones que causan fuertes variaciones diarias de caudal). Por lo tanto la variación diaria es adecuada para indicar el nivel de ruido en el sitio. 3) La división de ambos provee una medida de la relación de la señal (S) respecto al ruido (N). La relación S/N compara los cambios debidos a la variación natural diaria estacional del caudal con otras fuentes diarias de variación, incluyendo el sensor.

Esta relación, que se refiere únicamente a los datos satelitales, fue establecida estimando S/N para todos los sitios y se evalúa de acuerdo a la siguiente escala:

>20, Excellent, "5": Excelente

>15, Very Good, "4": Muy buena

>10, Good, "3": Buena

>5, Fair, "2": Aceptable

<5, Poor, "1": Pobre

El promedio aritmético de las relaciones S/N y el r^2 del modelo/satélite determina la precisión general del modelo para cada sitio de medición de River Watch 3. Por lo tanto, una precisión "Excelente" requiere de una muy buena relación señal/ruido (S/N) y también de una alta correlación entre el modelo y la señal satelital. Una precisión "Buena" puede indicar que existe una buena relación S/N y modelo/satélite o potencialmente una buena relación S/N y una baja correlación modelo/satélite, o viceversa. Los últimos casos pueden indicar que el sitio tiene mucho ruido día a día aunque el modelo haga una buena medición en escalas de tiempo mayores, o que el satélite mide bien el caudal, pero el modelo no produce buenos resultados. *Se recomienda a los usuarios examinar ambos componentes antes de emitir un juicio general de la precisión en el sitio.*

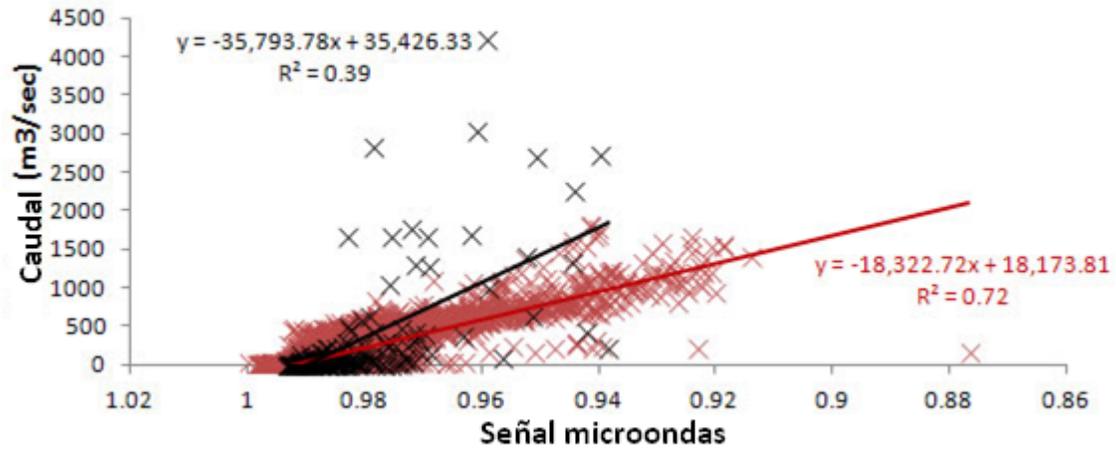
Comparación con Estaciones de Aforo

La comparación de resultados satelitales con estaciones de aforo en tierra localizadas en el mismo sitio es un proyecto en desarrollo descrito en varias publicaciones (Ver enlaces abajo). Estas comparaciones remarcan la importancia de los factores locales que afectan los resultados del River Watch para un sitio en específico. Algunos sitios muestran muy buenos resultados, mientras que otros se dan resultados poco precisos. También existe evidencia de un sesgo consistente en el modelo WBM: hacia los valores altos de caudal, la diferencia se incrementa en altos flujos (ver el siguiente ejemplo). Por lo tanto, se espera que aun cuando el modelo y las series de tiempo del sensor remoto estén fuertemente correlacionadas, las curvas de calibración del modelo sobreestiman los volúmenes de escorrentía y los caudales diarios (especialmente durante inundaciones). Sin embargo, el sesgo en las curvas de calibración del modelo afecta poco la magnitud estimada de los caudales pico, el cálculo de los intervalos de recurrencia de inundación o los umbrales de bajos flujos.

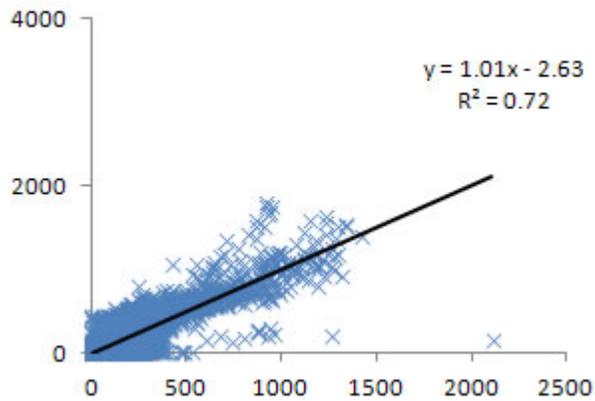
Ejemplo: [Sitio 446](#) de River Watch, Río Trinity, Texas, Estados Unidos. En la **izquierda** se observan dos diagramas de dispersión y las curvas de calibración asociadas con sus respectivos valores de R-cuadrado. En el **centro** se muestra el resultado independiente del caudal diario generado por el sensor remoto de River Watch en el sitio y su comparación con los datos de la estación de aforo sobre el terreno. En la **derecha** se observa el resultado de la escorrentía mensual, de nuevo, comparado con los datos de la estación sobre el terreno.

La curva de calibración basada en la estación de aforo en campo (línea roja, gráfica izquierda), fue usada para estimar los datos de las figuras del centro y de la derecha. Es claro en este sitio que el indicador del sensor remoto (tasa C/M) mide adecuadamente el caudal del río independientemente. Sin embargo es claro también que confiar los resultados del modelo WBM daría lugar a una ligera sobre estimación del caudal y de la escorrentía en el sitio (Ver gráfica izquierda): es decir, en este caso el modelo WBM no está funcionando muy bien para predecir el caudal.

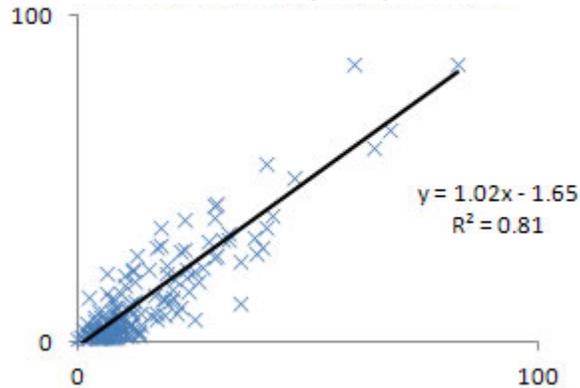
Curvas de calibración Modelo - Estación de aforo*



Caudal satelital vs. Estación de aforo (m3/sec) 1998-2012



Escorrentía satelital mensual vs. Estación de aforo (mm) 1998-2012



Errores Conocidos

1) En áreas agrícolas, las zonas de irrigación y su comparación con los valores de reflectancia del pixel pueden afectar la señal. 2) El ruido instrumental intermitente (generalmente marcado en los datos del sensor remoto como valores ocasionales negativos o muy bajos) puede producir esporádicos picos positivos de caudal. River Watch está trabajando en la forma de filtrar este ruido. 3) Para ríos en altas latitudes se requiere trabajo posterior en la forma de validar y mejorar el algoritmo de detección de cobertura de hielo. 4) Debido a que la media móvil de 7 días es usada para todos los sitios de River Watch 3, la estimación de la descarga para el día actual usa únicamente los valores de tres días anteriores (es decir, un promedio de 4 días). El valor del día anterior incluye el valor de 3 días atrás, y el del día actual, es decir, un promedio de 5 días en total, y así sucesivamente. Así pues, los valores del día de hoy son temporales y son permanentes hasta pasados tres días.

Usando los Datos

Los datos de salida de caudal y escorrentía del procesador de River Watch son productos experimentales de libre acceso al público, sin ninguna garantía o derecho de reclamo sobre su precisión. El procesador emplea como su extremo final el “dato de señal” del Sistema de Detección Global de Inundaciones (GFDS), por sus siglas en inglés, adscrito a la Comisión Europea del *Joint Research Centre* (proyecto GDACS). Cada visualización o despliegue de River Watch presenta un link con la página de salida del GFDS y quien esté interesado puede obtener para cada sitio los datos originales de la señal. Existen más sitios de medición del GFDS (~10,000) y muchas probabilidades de adicionar más estaciones. Sin embargo, gran parte de los sitios actuales de GFDS están mal localizados, lo cual puede ser comprobado por cada usuario en la visualización de cada estación con GoogleMaps. Por ejemplo, algunos de los sitios de GFDS no están localizados en ríos.

Por medio de la colaboración con el equipo de JRC/GFDS, el Observatorio está tratando de presentar la información del GFDS de la forma más transparente y entendible para que otros usuarios de la comunidad científica puedan replicar los resultados. Los interesados en más información pueden contactar (en inglés) a Robert.Brakenridge@Colorado.edu.

Varios usos potenciales existen para la información de River Watch (alarmas de inundación, evaluaciones de riesgo de inundación, validación de modelos de predicción de flujos-caudales, proyectos de localización de sistemas hidroeléctricos, estudios de calidad de aguas, etc), sin embargo, los usuarios deben considerar las limitaciones del método de estimación del caudal. A continuación se presentan algunas sugerencias para aquellos que han trabajado cercanamente en el desarrollo y aplicación de esta herramienta:

1) El despliegue de cada sitio incluye evaluaciones de precisión y los usuarios deben considerar que aquellos lugares con falta de información y con calibraciones de baja calidad no son del todo confiables. No obstante esta limitación, en algunos casos estos sitios han sido incluidos en el set de datos globales sobre la base de que una evaluación de baja calidad se refiere solo a la dispersión de los datos en la curva de calibración entre el modelo y el sensor remoto. Esta situación puede reflejar problemas con el modelo de escorrentía pero no con el sensor remoto en particular. En este caso, el sitio se mantiene en el sistema debido a que el problema radica en la curva de calibración, lo cual puede ser solucionado en el futuro. Igualmente, el sitio puede ser aun confiable en estimaciones de “desfase” de flujos o condiciones de flujos bajos.

2) Las magnitudes de flujos relativos y sus duraciones son en cada sitio consistentes y confiables, aun cuando la curva de calibración presente un ajuste bajo. Por lo tanto, esta capacidad del método tiene gran valor en cuanto a que es en gran parte independiente de la calidad de la curva de calibración.

3) La página html de cada sitio incluye el diagrama de las series de escorrentía anual y mensual para el periodo de registro y la evaluación de determinada tendencia del intervalo de recurrencia de inundación de 10 años. Todos los sitios están acumulando automáticamente el registro de la escorrentía estacional y sus cambios temporales, como también los cambios visibles en riesgo de inundación (con base en registros recientes de inundación).

Agradecimientos

Este es un proyecto de cooperación entre la Universidad de Colorado, Boulder, Colorado, Estados Unidos, y el GDACS-GFDS (Global Disaster Alert Coordination System, Global Flood Detection System), European Commission Joint Research Centre, Ispra, Italia, la Univesidad de Alabama y el Jet Propulsion Laboratory. El Observatorio de Inundaciones Dartmouth de la Universidad de Colorado está en parte financiado por la NASA. Deseamos agradecerle al Dr. Bob Adler de la Universidad de Maryland por sus valiosas sugerencias en cuanto

a que los datos del sensor TRMM podrían ser usados adicionalmente a la información del AMSR-E.

[Página principal del Observatorio de Inundaciones](#)