

EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE DEFICIT/EXCESO HIDRICO EN AMBIENTES DE VEGETACIÓN DE LA CUENCA DEL PLATA: ANALISIS DE DATOS AMSR-E, SMOS y AQUARIUS

Haydee Karszenbaum¹; Francisco Grings¹; Federico Carballo¹; Diego de Abelleira² ; Marcela Piscitelli³; Rachid Rahmoune⁴; Paolo Ferrazzoli⁴

¹Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), Ciudad Universitaria Pabellón IAFE, Buenos Aires, Argentina. haydeek@iafe.uba.ar; ²Instituto de Clima y Agua, INTA, Castelar, Pcia de Buenos Aires; Argentina; ³Universidad Nacional del Centro, Facultad de Agronomía, Pcia. de Buenos Aires, Argentina; ⁴Tor Vergata University, DISP, Roma, Italia.

RESUMEN

En el marco del proyecto en curso "La Plata Basin floods and droughts: Contribution of microwave remote sensing in monitoring and prediction", AO de la convocatoria NASA-CONAE de la misión SACD/Aquarius se analizaron datos de los sistemas en microondas pasivas AMSR-E a bordo del satélite AQUA, SMOS (ESA) y Aquarius (NASA-CONAE) sobre ambientes de vegetación, en particular sobre zonas agrícolas de Pampa húmeda y en zonas de bosque de Parque Chaquero.

El trabajo tiene dos objetivos principales, por un lado evaluar si es posible monitorear la condición de déficit/exceso hídrico utilizando los productos humedad del suelo obtenidos por los sistemas AMSR-E y SMOS y en segundo lugar analizar la sensibilidad de los sistemas en banda L, SMOS y Aquarius a eventos de precipitación en zonas de bosque.

En ambientes de vegetación, la temperatura de brillo se modela como función del tipo de vegetación, del contenido de agua de la vegetación, de la rugosidad y humedad del suelo y de la temperatura real. Los sistemas mencionados tienen características tecnológicas muy diferentes y si bien todos ellos miden temperatura de brillo en microondas pasivas, las bandas utilizadas, los datos auxiliares y las estrategias para obtener humedad del suelo son muy distintas. En este trabajo se analizan los algoritmos y se discuten estos temas.

Se analizan además datos de temperatura de brillo de los sistemas SMOS y Aquarius, mostrándose que banda L tiene suficiente sensibilidad para mostrar variaciones significativas de los valores de la variable física frente a eventos de precipitación aún en zonas de cobertura boscosa.

Palabras claves: AMSR-E, SMOS, AQUARIUS, humedad de suelo, temperaturas de brillo.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas satelitales en microondas tanto pasivas como activas han mostrado la capacidad de proveer información robusta sobre la condición de inundación. En los últimos años, ha habido un esfuerzo sostenido por generar un producto humedad del suelo a escala regional y global a partir de datos AMSR-E. Actualmente, se están desarrollando productos similares para SMOS y Aquarius a fin de contar con información que pueda dar cuenta de las condiciones hídricas de superficies vegetadas (entre ellas, suelos agrícolas).

Dentro de las opciones de sistemas pasivos, existen por lo menos tres productos humedad del suelo derivados del Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System (AMSR-E) (bandas X y C) a bordo del satélite Aqua, que si bien tienen las mismas bases teóricas, muestran en su configuración operacional global resultados muy diferentes (Jackson y otros, 2010). Más recientemente se lanzó el sistema Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS) con un sensor en banda L proporcionando también el producto humedad del suelo (Kerr et al., 2001).

En este trabajo se analizan el producto humedad del suelo de NASA (Njoku et al, 2003), el producto del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (Jackson et al, 2010) obtenidos a partir de datos AMSR-E y el producto derivado de datos SMOS (Kerr et al 2001) en distintas regiones de Pampa Húmeda en Pcia. de Buenos Aires. Estos datos se discuten junto con datos NDVI de MODIS, datos de precipitación y el calendario de cultivos.

Como parte del proyecto mencionado, se está trabajando en la cuenca del Río Bermejo, analizando la respuesta de las microondas pasivas en zonas de bosque frente a eventos de precipitación (Grings, 2012). En este trabajo en particular se muestran resultados muy recientes de los sistemas SMOS y Aquarius sobre áreas de bosque de distinta densidad. En este caso, no se analiza el producto humedad el suelo (para Aquarius todavía no está disponible) sino que se analizan las temperaturas de brillo para polarización H y V junto con datos de precipitación.

ALGORITMOS DE HUMEDAD DEL SUELO

Las temperaturas de brillo en áreas de vegetación se modelan en función de los componentes de la vegetación y el suelo basados en modelos de transferencia radiativa de primer orden, referidos como modelos ω - τ ,

$$TB_p = T_s(1 - r_p) \exp(-\tau / \cos \theta) + T_c(1 - \omega)[1 - \exp(-\tau / \cos \theta)][1 + r_p \exp(-\tau / \cos \theta)]$$

donde p se refiere a la polarización, T_s a la temperatura física del suelo, T_c a la de la vegetación, r_p a la reflectividad del suelo en la polarización p , θ es el ángulo de mirada, τ es la opacidad de la vegetación en nadir, y ω es el albedo de scattering simple de la vegetación. La opacidad de la vegetación se asume no dependiente de la polarización y se define como $\tau = bW$, donde b es un coeficiente de opacidad que depende del tipo de cobertura y W es el contenido de agua de la vegetación (kg/m²). Existen diferentes enfoques (todos basados en la misma expresión) para estimar la humedad del suelo a partir de los datos de temperatura de brillos.

Los modelos existentes que se presentan son los siguientes:

- USDA (AMSR-E): se trata de un algoritmo que utiliza una sola polarización (Single Channel Algorithm (SCA) (Jackson et al, 2010), obtiene humedad del suelo, tiene como entradas el contenido de agua de la vegetación (W) y otros datos auxiliares.
- NASA (AMSR-E): obtiene tres variables simultáneamente (humedad del suelo, contenido de agua de la vegetación y temperatura de superficie) a partir de un esquema multifrecuencia/multipolarización (Njoku et al., 2003).
- Producto L2 de SMOS: utiliza un procedimiento iterativo basado en el modelo climático ECMWF, del cual toma el valor inicial (Kerr et al., 2001). Obtiene humedad del suelo y espesor óptico.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra un ejemplo del comportamiento de los productos humedad del suelo estudiados en la zona de San Andrés de Giles durante el año 2010. Se muestran también las precipitaciones y el calendario de cultivos. Se pueden ver inmediatamente las grandes diferencias en rango dinámico y variabilidad del valor estimado, las cuales son remarcables debido al hecho de que todos los algoritmos toman el mismo dato de entrada (temperaturas de brillo medidas por AMSR-E). El producto de NASA está caracterizado por valores medios más bajos (del orden del 10% y con máximos ~20%) y un rango dinámico menor, que reporta aumentos de humedad del suelo únicamente ante grandes eventos de precipitación en periodos de baja cobertura vegetal. Estos valores extremos no parecen realistas para el área de estudio. El producto de USDA presenta un rango dinámico de valores más cercano al esperado, y una dinámica a eventos de lluvia interesante. Sin embargo, para extraer conclusiones de este producto con seguridad, es necesario validarlo con datos de precipitación, sensores de humedad del suelo y buscando consistencia con otras variables ambientales (NDVI, EVI y temperaturas de brillo en otras frecuencias). Por último, es

importante notar que todos estos algoritmos toman como entrada datos auxiliares, desde el algoritmo de NASA, que requiere el valor de b y W para la vegetación dominante de cada pixel, hasta el de USDA, que requiere capas de temperatura del suelo y la canopia, composición del suelo, W , b y ω . Debido a que estos productos son globales, estos parámetros no necesariamente son la mejor elección para las características de la Pampa Húmeda. Por lo tanto, uno de los problemas clave de todos los modelos es la parametrización, en la mayoría de los casos el parámetro b no representa la cobertura vegetal existente en Pampa Húmeda. Mas aún, los algoritmos asumen un sólo parámetro para todos los cultivos, para todas las situaciones del cultivo y para ambas polarizaciones. En el caso del algoritmo de USDA, que es el que se va a implementar para Aquarius, presenta una consistencia mayor, pero aún así se requiere de un ajuste de los parámetros en función del tipo de vegetación. El producto de SMOS (banda L), tiene un rango dinámico adecuado, pero resulta difícil de interpretar, está en evaluación por parte del grupo responsable de su generación.



Figura 1. Valores de productos humedad del suelo durante el año 2010 en San Andrés de Giles. Se muestran también los valores de precipitación y el calendario de cultivos

La figura 2 muestra temperatura de brillo para dos polarizaciones distintas en una zona del Parque Chaqueño para SMOS y Aquarius en el modo de observación correspondiente al beam 2. Se muestra también las pisadas de Aquarius utilizadas, un mapa de la zona provisto por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF), y un mapa de biomasa (Gasparri et al., 2010). Es esperable que en los momentos de precipitación significativa la temperatura de brillo baje dando cuenta de la condición saturada del suelo (Grings et al, 2012). Esto se observa en las dos polarizaciones y para los dos sistemas SMOS y Aquarius.

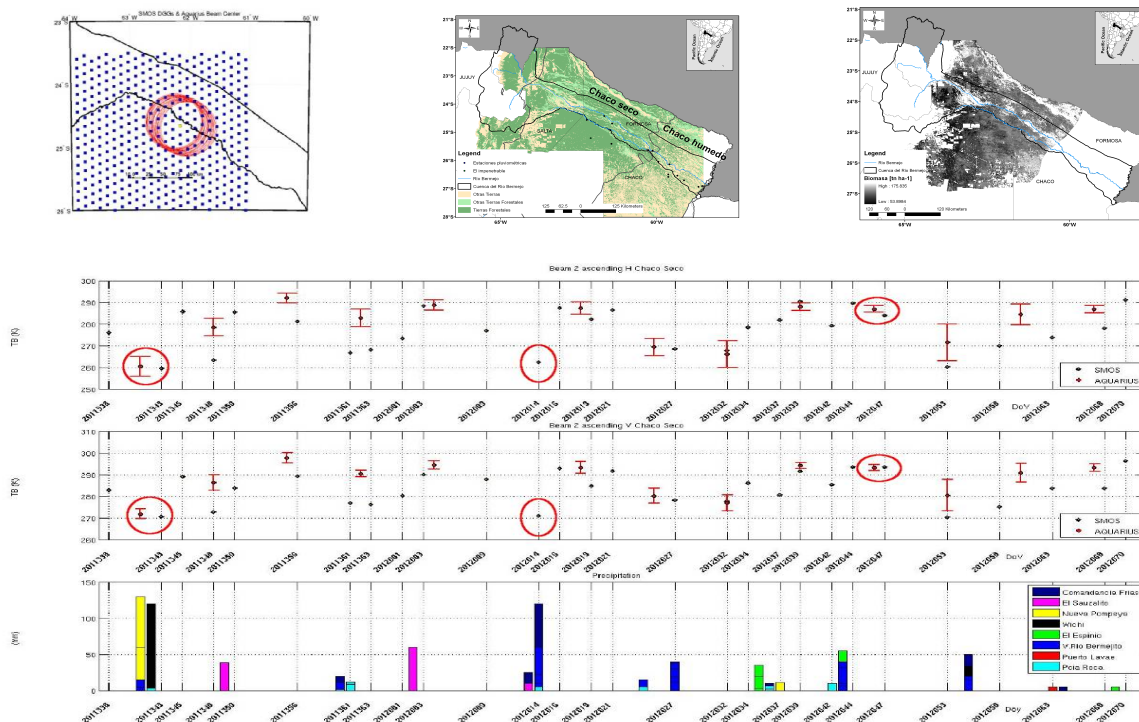


Figura 2. Valores de temperatura de brillo para SMOS y Aquarius para el modo de observación del *beam 2* (Aquarius) y valores de precipitación. Se acompaña de mapa de coberturas y biomasa como referencia de la zona analizada.

CONCLUSIONES

Los sistemas en microondas pasivas, tanto la variable física (temperatura de brillo) como el producto humedad del suelo ofrecen interesantes posibilidades para el monitoreo y mapeo de condición hídrica del suelo tanto en áreas de cultivo como de bosque. Sin embargo, se requiere un ajuste importante de los modelos de obtención de humedad del suelo para que resulten representativos de las regiones de interés y confiables. Las series de tiempo existentes constituyen información muy valiosa y la base para el mejoramiento de los algoritmos.

REFERENCIAS

- Gasparri, N. I., M. G. Parmuchi, J. Bono, H. Karszenbaum, C. L. Montenegro, 2010, Assessing multi-temporal Landsat 7 ETM+ images for estimating above-ground biomass in subtropical dry forests of Argentina, *Journal of Arid Environments*, vol 74, pp 1262-1270.
- Grings, F., V. Douna, V. Barraza, M. Salvia, H. Karszenbaum, N. I. Gasparri, P. Ferrazzoli, and R. Rahmoune, 2012, C-Band Radiometric Response to Rainfall Events in the Subtropical Chaco Forest, *IEEE T. Geosci. Remote*, vol 9, pp 209-213.
- Jackson T. J., M.H. Cosh, R. Bindlish, P.J. Starks, D.D. Bosh, M. Seyfried, D.C. Goodrich, M.S. Moran and J. Du, 2010, Validation of advanced microwave scanning radiometer soil moisture products, *IEEE T. Geosci. Remote*, vol 48, pp. 4256-4272.
- Kerr Y.H, P. Waldteufel, J.P. Wigneron, J. Martinuzzi, J. Font, M. Berger, 2001, Soil moisture retrieval from space: The Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS) mission, *IEEE T. Geosci. Remote*, vol 39, pp. 1729-1735.
- Njoku E.G., T.J. Jackson, V. Lakshmi, T.K. Chan and S.V. Nghiem, 2003, Soil moisture retrieval from AMSR-E, *IEEE T. Geosci. Remote*, vol 41, pp. 215-229.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Dr. Bindlish de USDA quién facilitó el producto humedad del suelo, a la UMSEF por el material brindado sobre Parque Chaqueño y a Ignacio Gasparri (CONICET) por el mapa de biomasa facilitado. Este trabajo se llevó a cabo con fondos del proyecto 12, subsidio CONAE-MINCYT.