

## LA DINÁMICA DE LA CUBIERTA VEGETAL A PARTIR DE LOS PRODUCTOS SEVIRI/MSG

F. J. García-Haro (\*), F. Camacho (\*\*), A. Verger (\*), J. Meliá (\*) y B. Martínez (\*).

(\*) *Departament de Física de la Terra i Termodinàmica, Universitat de València  
C/ Dr Moliner, 50. 46100 Burjassot, València (Spain).*

(\*\*) *EOLAB. Parc Científic Universitat de València P.O. Box 22085, E-46071 València (Spain).*

### RESUMEN

En este trabajo se muestra el potencial de los productos biofísicos derivados de datos SEVIRI/MSG para caracterizar la cubierta vegetal en LSA SAF. Estos productos son la fracción de cubierta vegetal (FVC), el índice de superficie foliar (LAI) y la fracción absorbida de radiación fotosintéticamente activa (FAPAR). La alta frecuencia temporal del sensor SEVIRI permite obtener estimaciones filtradas de nubes de dichas variables. Los productos FVC, LAI y FAPAR se generan diariamente y están accesibles libremente en tiempo "casi real" a través de la web de LSA SAF y vía EumetCAST. Estos productos presentan una continuidad y estabilidad temporal significativamente mayor que los principales productos actuales (MERIS, MODIS, VGT), los cuales presentan unas características muy diferentes por ser de órbita polar. La adecuada consistencia entre los productos SEVIRI y dichos productos de órbita polar permite un uso sinérgico de los mismos, mejorando así las posibilidades individuales de cada uno de ellos. Los productos SEVIRI abren nuevas posibilidades en numerosas aplicaciones relacionadas con la observación del clima y del medio ambiente, ya que permiten extraer información valiosa relacionada con la fenología y describir adecuadamente el estado de los ecosistemas naturales.

### ABSTRACT

Observations contaminated by clouds or high aerosol load limit the accuracy and usability of vegetation products derived from polar orbit satellites. The high rate of acquisition provided by the SEVIRI instrument guarantees the availability of spatially consistent cloud-free data for adequately monitoring both the seasonality of vegetation and the long term trends in the state of vegetation. The life cycle of EUMETSAT satellites put the LSA SAF in a privileged position as a product/service provider for monitoring of climate and environment. Currently, the user may access via the LSA SAF web page or via EUMETCast to daily estimates of FVC, LAI and FAPAR daily products in the SEVIRI/MSG resolution over Europe, Africa and South America. The products are spatially and temporally consistent and present practically no missing data except for areas which are usually covered by snow. These products have shown to be temporally more stable regarding polar orbit products (e.g. MODIS, MERIS, VGT), which often present considerable multi-temporal noise and gaps over large areas and long temporal periods. Further insights about the utility of products-derived phenology for understanding the land cover dynamics are also provided.

**Palabras clave:** LSA SAF; SEVIRI; productos de vegetación; parámetros fenológicos.

### INTRODUCCIÓN

Los programas de Observación de la Tierra proporcionan la herramienta fundamental para monitorizar, a escala regional y global, las variables de estado del sistema ambiental terrestre, y realizar el seguimiento temporal de las mismas. La finalidad principal de LSA SAF (*Satellite Application Facility on Land Surface Analysis*) es el desarrollo e implementación de algoritmos para obtener parámetros de la superficie adaptados a las capacidades que ofrecen los nuevos satélites de EUMETSAT, tanto geoestacionarios (MSG, Meteosat 8-10) como de órbita polar (serie MetOp). Se trata de la primera iniciativa europea destinada a producir y distribuir en tiempo real variables de estado del sistema ambiental terrestre. El largo

ciclo de vida de dichos satélites coloca a LSA SAF en una situación privilegiada, ofreciendo productos/servicios con un valor añadido para la observación del clima y del medio ambiente.

Las variables utilizadas en LSA SAF para caracterizar la cubierta vegetal son la fracción de cubierta vegetal (FVC), el índice de superficie foliar (LAI) y la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (FAPAR). Estimaciones diarias de estos productos están accesibles libremente en tiempo "casi-real" sobre Europa, África y Sudamérica con una resolución espacial SEVIRI/Meteosat (3 km en el nadir). Los canales de distribución son la web de LSA SAF (<http://meteo.landsaf.pt>) y vía EumetCAST. Las características generales de estos

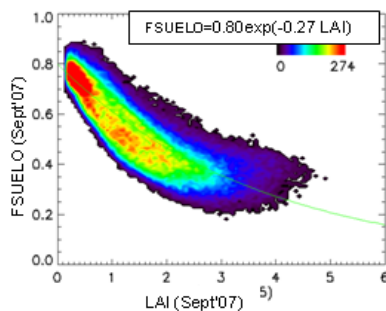
productos se describen en García-Haro et al. (2008b). Cada producto proporciona información adicional a nivel de cada píxel individual: el error teórico de la estimación y un control de calidad ("quality flag", QF) asociado a las condiciones específicas en que fue realizada la estimación (calidad de los *inputs*, información sobre la presencia de trazas de agua o nieve en el píxel, etc.). Las barras de error de cada observación representan una estimación fiable de la incertidumbre, que es similar a las diferencias encontradas respecto al resto de productos actualmente disponibles.

A continuación, se hace una revisión de los aspectos más relevantes de los productos SEVIRI/MSG. La utilidad de los productos en una determinada aplicación dependerá tanto de la resolución espacial y temporal de los mismos como de su precisión y exactitud. Se analizan estos aspectos y se resaltan algunas de sus aplicaciones principales.

## UTILIDAD DE LOS PRODUCTOS SEVIRI/MSG

### Consistencia interna

Un requisito importante a la hora de utilizar información de la cubierta vegetal es la existencia de consistencia interna entre las variables que la describen. La Figura 1 combina la información de tres productos obtenidos de forma independiente en LSA SAF: ALBEDO (reflectividad bi-hemisférica en la región visible), FAPAR y LAI.



**Figura 1.-** Relación entre el área foliar (LAI) y la proporción de flujo absorbido por el suelo (FSUELO) obtenida el 15 de Septiembre de 2007 en una ventana de Europa.

Se observa cómo la componente del flujo incidente que es absorbido por la cubierta vegetal (es decir,  $FSUELO = 1 - FAPAR - ALBEDO$ ) se

relaciona con el índice de superficie foliar (LAI) mediante una relación exponencial característica de la "ley de Beer". Además, los coeficientes de esta relación pueden interpretarse en términos de parámetros radiométricos del suelo y parámetros estructurales tales como la inclinación de las hojas (Diner et al., 2005). Este resultado revela la consistencia interna de los productos LSA SAF, así como el potencial de los mismos para estudiar la interacción de los flujos con la superficie.

### Precisión de los productos

Incluyendo la cobertura espacial de las áreas procesadas con la calidad necesaria. Los productos Land-SAF no presentan prácticamente discontinuidades, excepto en zonas cubiertas por nieve (píxeles no procesados). Las incertidumbres mayores se sitúan en zonas en las que la calidad de la BRDF es pobre (ver detalles en García-Haro et al. 2008c). La Figura 2 muestra la distribución espacial de la incertidumbre media del producto de FVC, promediada a lo largo del año 2007. De acuerdo a los requerimientos de la comunidad de usuarios, cabe distinguir varios niveles de calidad en los productos:

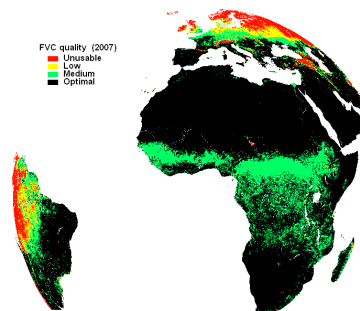
-*Óptima* (tonos oscuros): corresponde a incertidumbres inferiores a 0.10 para FVC y FAPAR, e inferiores a 0.6 para LAI. En esta región, que ocupa aproximadamente el 70% de los píxeles ocupados por superficie terrestre, los productos se consideran consolidados.

-*Media* (tonos verdes): corresponde a niveles de incertidumbre (0.10-0.15 para FVC y FAPAR) que se consideran aceptables para la mayoría de aplicaciones (si bien pudieran presentar pequeños problemas en algún periodo específico del año).

-*Baja* (tonos amarillos): corresponde generalmente a observaciones con incertidumbre elevada (superiores a 0.15 para FVC y FAPAR) y deberían usarse con precaución (haciendo uso del QF asociado). Finalmente, los tonos rojos corresponden a dos posibles casos: (1) zonas con errores excesivamente altos (superiores a 0.20 para FVC y FAPAR), o (2) zonas no procesadas durante periodos prolongados (p.ej. cubiertas por nieve).

Claramente, África es la región que presenta una mayor calidad de los productos. En ella, la fracción de píxeles procesados con calidad baja es prácticamente nula para FVC y LAI. La calidad del producto FAPAR en África es también muy alta, aunque las incertidumbres son algo mayores en el centro y oeste de África, a

consecuencia de la persistencia de nubosidad en esta región. En Europa, la calidad de los productos LSA SAF es óptima durante el periodo Abril-Septiembre, deteriorándose durante el final del otoño y el periodo invernal, principalmente en las regiones situadas en latitudes elevadas (>50°).

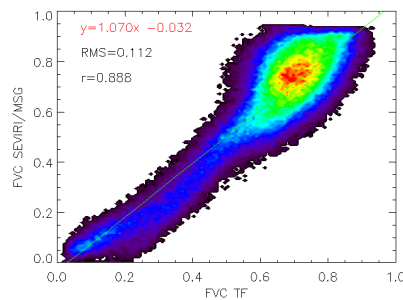


**Figura 2.**— Calidad de las estimaciones de FVC obtenida a partir del error medio durante 2007.

#### Exactitud de los productos

La validación científica ha consistido en determinar la calidad de los diferentes productos mediante su comparación directa con medidas *in-situ* y la intercomparación con productos operacionales (Camacho-de Coca 2007; García-Haro et al. 2008a). Los productos LSA SAF son muy consistentes con medidas *in-situ* obtenidas a través de los proyectos VALERI y SAFARI. En particular, muestran un acuerdo remarcablemente alto en los principales ecosistemas de África (herbáceas, leñosas, mixtas, etc.). La Figura 3 evalúa el producto FVC en una ventana extensa de Europa utilizando como referencia un mapa derivado a partir de información *in-situ* mediante técnicas de *upscaling* multi-resolución (García-Haro et al. 2008a). Se aprecia una correlación muy significativa entre ambas estimaciones y sin apenas diferencias sistemáticas (RMS=0.11).

En general, los productos LSA SAF son consistentes con los productos operacionales (MODIS, VGT, MERIS), con desviaciones típicas del orden 0.10-0.15 para FVC, 0.5-0.8 para LAI y alrededor de 0.1 para FAPAR. Estos valores son similares o inferiores a los obtenidos en la intercomparación de los diferentes productos actualmente disponibles. Por ejemplo, las estimaciones de FAPAR del producto SEVIRI presentan valores intermedios entre las que proporcionan los dos productos MERIS actualmente operacionales, basados en los algoritmos MGVI y TOAVEG (Camacho-de Coca 2007).



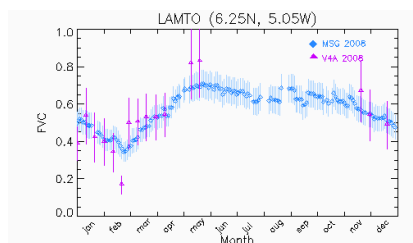
**Figura 3.**— Comparación entre los valores de FVC del producto LSA SAF y el mapa de referencia (TF), para una ventana de Europa.

#### Potencial y valor añadido de los productos

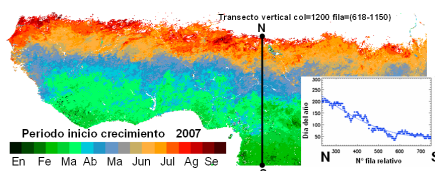
La alta frecuencia temporal del sensor SEVIRI permite obtener estimaciones filtradas de nubes de los parámetros de la cubierta vegetal. Los productos presentan una continuidad y estabilidad temporal significativamente mayor que los principales productos actuales (MERIS, MODIS, VGT), los cuales presentan generalmente considerable ruido temporal y una cobertura escasa (áreas procesadas con muy baja calidad durante largos periodos) durante largos periodos. Estos problemas se acentúan en las estaciones lluviosas, que suelen coincidir con el periodo de desarrollo de las plantas. Ello limita las posibilidades de estos productos para extraer información precisa sobre los ciclos fenológicos (predicción de la productividad, identificación del número de estaciones de crecimiento, etc.). Esta limitación es especialmente crítica en regiones que presentan una nubosidad persistente, como se ilustra en el ejemplo de la Figura 4, donde se muestra un perfil temporal VGT y SEVIRI. Aquí la mayor cobertura espacial y estabilidad temporal de los productos SEVIRI es muy ventajosa. Además, dado que los productos SEVIRI han resultado ser bastante consistentes con otros productos de órbita polar (VGT, MERIS, MODIS) una alternativa al uso de datos mono-sensor es el uso sinérgico de datos SEVIRI (alta resolución temporal con excelente cobertura espacial) y datos de órbita polar (mayor resolución espacial).

Una aplicación directa de los productos LSA SAF consiste en derivar información precisa sobre la fenología (periodos del ciclo fenológico, amplitud del ciclo anual, etc.) o evaluar las diferencias inter-anales (anomalías). Un ejemplo de ello se muestra en la Figura 5, que corresponde a un mapa derivado de una serie temporal del producto FVC. Corresponde a una ventana desde el

Norte del Sahel hasta África Central. A partir de las observaciones diarias de FVC se ha construido la trayectoria temporal durante el periodo (Noviembre'06-Diciembre'07), y a continuación se ha identificado automáticamente la fecha de inicio de crecimiento de la vegetación. Se aprecia el fuerte gradiente Norte-Sur en la fecha del inicio de crecimiento de la vegetación acorde con el clima en esta región. Este ejemplo ilustra el gran potencial de los productos LSA SAF para generar productos avanzados de la fenología con una gran coherencia espacial.



**Figura 4.-** Serie temporal de FVC durante 2008 para los productos SEVIRI y VGT4, en una región de África. Las barras verticales reflejan la incertidumbre de las estimaciones.



**Figura 5.-** Estimación de la fecha de inicio de crecimiento de la vegetación en el año 2007 obtenida a partir de observaciones diarias del producto FVC SEVIRI/MSG.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se han revisado las principales características de los productos SEVIRI/MSG: consistencia interna, precisión, exactitud y valor añadido en relación a los principales productos actuales. La alta frecuencia temporal del sensor SEVIRI/MSG permite muestrear la BRDF a lo largo del ciclo diurno y obtener estimaciones filtradas de nubes con una resolución temporal elevada. Ello garantiza una continuidad espacial y temporal, que puede ser muy útil para complementar la información de los satélites de órbita polar. Además ofrece nuevas posibilidades en numerosas aplicaciones relacionadas con la observación del clima y del medio ambiente. Por ejemplo, las series temporales

de productos SEVIRI permiten actualizar en tiempo casi real los parámetros de la superficie en aplicaciones que requieren automatizar información sobre el estado de la cubierta vegetal en zonas muy extensas, como por ejemplo, agricultura, seguridad en la alimentación o gestión forestal.

En el estado actual de desarrollo en la nueva fase operacional se persigue la interacción con usuarios interesados en desarrollar aplicaciones y servicios mediante el uso de estos productos.

## BIBLIOGRAFÍA

Diner, D. J., Braswell, B. H., Davies, R., Gobron, N., Hu, J., Jin, Y., et al. 2005. The value of multiangle measurements for retrieving structurally and radiatively consistent properties of clouds, aerosols, and surfaces. *Remote Sensing of Environment*, 97, 495-518.

Camacho-de Coca, F. 2007. Evaluation of the Land-SAF FAPAR prototype along one year of MSG BRDF data: Algorithm, Product description, and inter-comparison against equivalent satellite products and ground-truth. SAF Visiting Scientist Report, 60 pp. Available on-line [<http://landsaf.meteo.pt>].

García-Haro, F.J., Camacho-de Coca, F., Meliá, J. 2008a, Inter-comparison of SEVIRI/MSG and MERIS/ENVISAT biophysical products over Europe and Africa, In *Proc. of the '2nd MERIS / (A)ATSR User Workshop'*, ESA SP-666 (CD-ROM), ESA Communication Production Office, European Space Agency, Noordwijk, The Netherlands, ISBN 978-92-9221-230-8, ISSN 1609-042X, 8 pp.

García-Haro, F.J., J. Meliá y F. Camacho-de Coca 2008b, Los parámetros biofísicos de LSA SAF, *Revista de Teledetección*, 29:44-51.

García-Haro, F.J., Camacho-de Coca, F., & Meliá, J. 2008c, Product User Manual (PUM) of Land Surface Analysis Vegetation products (SAF/LAND/UV/PUM\_VEGA/2.1), January 2008, 53 pp. Available on-line [<http://landsaf.meteo.pt>].

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos LSA SAF (EUMETSAT), DULCINEA (CGL2005-04202) y ÁRTEMIS (CGL2008-00381).