

EVALUACIÓN DE LAS DIFERENCIAS DE PRODUCTOS OPERACIONALES FAPAR DERIVADOS A PARTIR DE SENSORES DE ÚLTIMA GENERACIÓN

B. Martínez (*), F. Camacho-de Coca (**), F.J. García-Haro (*), M.A. Gilabert (*) y A. Verger (*).

(*) *Dpto. Física de la Terra i Termodinàmica, Universitat de València, C/ Dr Moliner, 50. 46100 Burjassot. València. beatriz.martinez@uv.es*

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

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en evaluar las diferencias de los principales productos de FAPAR actualmente disponibles: MODIS FAPAR C5 (1 km), MERIS MGVI FAPAR (1 km), MERIS TOAVEG FAPAR (1 km) y MSG FAPAR (3 km). Para ello, se ha llevado a cabo un análisis de consistencia espacial y temporal entre productos a nivel de Europa. Este estudio se ha completado con la validación directa a partir de las medidas de referencia VALERI. Los resultados muestran diferencias típicas entre los productos alrededor de 0.2 (bias) que en algunos casos llegan a 0.4 (RMS). Para la Península Ibérica, las mayores discrepancias se han encontrado entre los productos MODIS y MERIS MGVI, con diferencias relativas de hasta el 100% en el caso de bosques de coníferas y frondosas.

ABSTRACT

This work focuses on the assessment of the differences of the main FAPAR currently available products, such as MODIS FAPAR C5 (1km), MERIS MGVI FAPAR (1 km), MERIS TOAVEG FAPAR (1 km) y MSG FAPAR (3 km). The spatial and temporal consistency between products is evaluated over Europe. The analysis is improved through the direct validation using reference VALERI measurements. Results show differences between products around 0.2 (bias) and 0.4 (RMS). Major discrepancies are observed between MODIS and MERIS MGVI (100%) for broadleaved and needle-leaved forest over the Iberian Peninsula.

Palabras clave: FAPAR, flujos de carbono, incertidumbre.

INTRODUCCIÓN

La fracción de radiación absorbida fotosintéticamente activa (FAPAR) es comúnmente aceptada como un parámetro biofísico fundamental en disciplinas relacionadas con el cambio global, siendo una variable clave en los modelos de ecosistemas. En este contexto, la FAPAR ha sido reconocida como una variable climática esencial dada su incidencia en la estimación de los flujos de carbono (Steering Committee GCOS, 2003).

Actualmente existe una amplia gama de productos FAPAR derivados a partir de diferentes prototipos y datos de satélites de última generación, como MODIS/TERRA, MERIS/ENVISAT, SEVIRI/MSG. Aunque no existe un consenso general a nivel de comunidad científica sobre la idoneidad de un único algoritmo de estimación, sí que existe un esfuerzo común por proporcionar productos con un error absoluto menor de 0.1.

El objetivo de este trabajo es evaluar las diferencias de los principales productos de FAPAR actualmente disponibles: MODIS FAPAR C5 (1 km), MERIS MGVI FAPAR (1 km), MERIS

TOAVEG FAPAR (1 km) y MSG FAPAR (3 km). Se ha llevado a cabo un análisis de consistencia espacial y temporal entre estos productos a nivel de Europa (validación indirecta). Dicho estudio permitirá obtener el rango de variabilidad de cada producto y su consistencia entre ellos. El análisis se ha completado con la comparación de los productos con medidas de referencia *in-situ* (validación directa), y poder asignarles una incertidumbre. Por último, se han evaluado las diferencias entre ellos sobre la Península Ibérica y, en concreto, sobre los ecosistemas forestales, dada su importancia en el cálculo del balance de los flujos de carbono.

DATOS

De entre los productos de FAPAR actualmente disponibles con resolución espacial de 1 a 3 km se han seleccionado los siguientes:

1. MODIS FAPAR C5 (MOD15A2) (1 km) (Knyazikhin, *et al.* 1999). Es un producto oficial de la NASA disponible cada 8 días desde el 2000 y accesible desde <http://modis.gsfc.nasa.gov/>.
2. MSG FAPAR (3 km) (García-Haro *et al.* 2008).

Es un producto diario oficial de EUMETSAT disponible desde 2006 y accesible desde <http://landsaf.meteo.pt>.

3. MERIS TOAVEG FAPAR y MERIS MGVI FAPAR (1.2 km). Son productos oficiales de la ESA disponibles cada tres días desde 2003. Tanto el producto MGVI y TOAVEG se han obtenido a partir del código BEAM basado en los algoritmos de Gobron *et al.* (2004) y Baret *et al.* (2006), utilizando como datos de entrada MERIS nivel L1B RR TOA RR proporcionados por la ESA a partir del proyecto de Cat-1.

Se ha seleccionado el periodo Julio 2006-Junio 2007 de forma que tengamos un ciclo fenológico completo. Los productos se han muestreado a una resolución espacial de 3 x 3 km² y a una resolución temporal de 10 días. Por último, se han reproyectado a la proyección del producto MSG.

RESULTADOS

Estudio a nivel de Europa

Validación indirecta: La figura 1 muestra las distribuciones mensuales de valores FAPAR para Europa y para cada uno de los productos MSG (a), TOAVEG (b), MGVI (c) y MODIS (d) a lo largo de su ciclo fenológico.

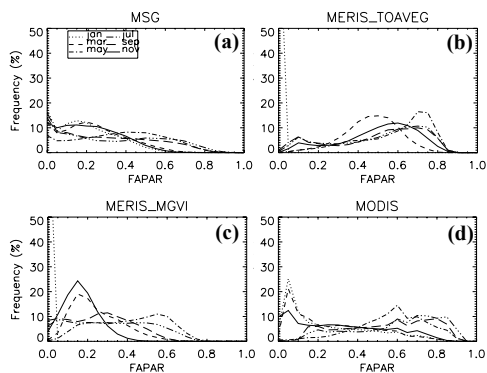


Figura 1. Distribución de frecuencias de los diferentes productos FAPAR a lo largo del periodo Julio 2006-Junio 2007 para Europa.

En general, los cuatro productos presentan distribuciones coherentes, con un desplazamiento en la distribución de frecuencias hacia valores más altos en el periodo de máximo desarrollo (primavera-verano). Se observa una distribución unimodal, más acusada para MGVI, con una larga cola que abarca aproximadamente todo el rango de variación de la

FAPAR. Aunque la distribución de frecuencias presenta un patrón temporal consistente, cabe destacar algunas diferencias entre productos. En el caso de MODIS se observan valores más altos, principalmente, en el periodo de máximo desarrollo y valores más bajos durante los meses de invierno. Para los productos MSG y MGVI, se observa un patrón temporal similar. Destacan las diferencias con el producto TOAVEG, el cual presenta un desplazamiento general de las distribuciones hacia valores más altos. Las diferencias entre productos se han cuantificado para toda la zona de estudio a partir de la evolución temporal del valor medio, la desviación sistemática (bias) y el error cuadrático medio (RMS) (figura 2).

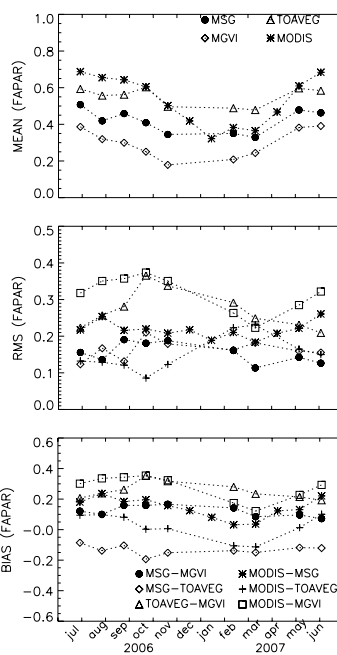


Figura 2. Evolución temporal de valor medio (superior), RMS (centro) y bias (inferior) para Europa.

La figura 2 pone de manifiesto una distribución temporal del valor medio similar para los productos MSG, MGVI y TOAVEG, pero con valores medios más altos en el caso de TOAVEG y valores más bajos para MGVI. El producto MODIS es el que presenta un perfil temporal más diferente al resto de productos, con un descenso más marcado de la FAPAR en los meses de invierno. El mayor desacuerdo entre productos se observa entre MODIS-MGVI con valores de bias y RMS de hasta

0.4. En el caso de los productos MERIS, se observan valores de RMS entre 0.2 y 0.4, lo que indica un error sistemático entre ellos. Se trata de un error importante si se considera que ambos productos se han derivado a partir de los mismos datos de reflectividad. Por último, cabe destacar el mayor acuerdo entre los productos MODIS-TOAVEG y MSG-MGVI, con desviaciones sistemáticas menores de 0.1 y RMS entre 0.1 y 0.2.

Validación directa: La validación directa se ha realizado utilizando las medidas *in-situ* disponibles en el proyecto VALERI, www.avignon.inra.fr/valeri. Este estudio presenta limitaciones por el número reducido de medidas de referencia y por la falta de medidas coincidentes en el tiempo analizado (son anteriores al 2004) con los productos de satélite. Es por ello que se han considerado como medidas de referencia sólo aquellas zonas cuya reflectividad MODIS no presentara una variación inter-anual mayor de 0.1. La tabla 1 muestra las áreas de validación consideradas donde se ha incluido la zona de validación Wankama al norte de África para aumentar la significancia del análisis.

Tabla 1. Áreas de validación consideradas.

Área de validación	Coordenadas	Clase	Etiqueta
Les Alpilles	43.8N, 4.70E	Cultivos	A
Barrax	39.07N, -2.11E	Cultivos	B
Fundulea	44.40N, 26.58E	Cultivos	F
Larzac	43.93N, 3.12E	Herbaceas	L
Nezer	44.56N, -1.03E	Bosque Pinos	N
Puechabon	43.72N, 3.65E	Bosque mediterráneo	P
Sud Ouest	43.50N, 1.23E	Cultivos	O
Sonian Forest	50.76N, 4.41E	Bosque Frondosas	S
Wankama	13.64N, 2.63E	Herbaceas	W

La figura 3 muestra la comparación entre los productos MSG (a), TOAVEG (b), MGVI (c) y MODIS (d) con las medidas de referencia. Los productos TOAVEG y MODIS son los que presentan un menor error sistemático (<0.02) y RMS (~0.1), mientras que el producto MSG muestra una subestimación de las medidas con un alto error sistemático. Este comportamiento puede ser debido tanto a las características del sensor como a los datos de entrada. Un estudio paralelo con datos VEGETATION/SPOT (Verger *et al.* 2009, este volumen) pone de manifiesto un buen acuerdo entre las estimaciones de este mismo algoritmo con medidas *in-situ* simultáneas. Por último, el producto MGVI muestra el mayor error sistemático y la correlación más baja debido a la falta de estimaciones de dicho producto. Cabe destacar, la alta concordancia para la zona de Puechabon (P) caracterizada por bosques mediterráneos.

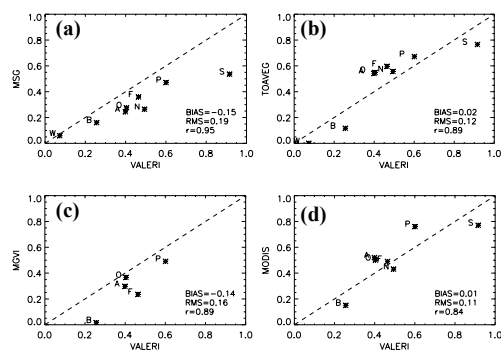


Figura 3. Comparación entre los productos MSG (a), TOAVEG (b), MGVI (c) y MODIS (d) con las medidas de referencia correspondientes a las zonas de validación de la Tabla 1.

Estudio a nivel de la Península Ibérica

Por último, el estudio se ha completado con el análisis de los productos a nivel de la Península Ibérica. En particular, la figura 4 muestra el valor medio de los productos MSG (a), TOAVEG (b), MGVI (c) y MODIS (d) para la segunda decena del mes de Julio de 2006, donde se observa el máximo desarrollo de los bosques.

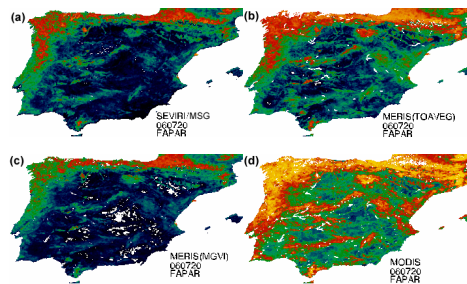


Figura 4. Valor medio de los productos considerados para la 2ª decena de Julio de 2006.

En la figura 4 se muestra la distribución espacial que presentan los diferentes productos de FAPAR y sus diferencias entre ellos. En general, se obtienen valores de hasta 0.75 en el norte y oeste de la Península para los cuatro productos, llegando a alcanzar los valores más altos en el caso de MODIS. Además, cabe destacar los valores altos obtenidos en los parques naturales del delta del Ebro y de la Albufera debido al cultivo de arroz. Los valores medios (0.25-0.5) se registran a lo largo de los ríos en las principales cuencas hidrográficas donde se concentra una mayor proporción de cultivos de regadío, así como también en la costa este de la

Península. Los valores más bajos se obtienen en aquellas zonas con predominio de cultivos de secano y vegetación dispersa (e.g. sureste de la península). Tal como se ha comentado anteriormente, los productos MSG y MGVI presentan rasgos similares, mientras que los productos TOAVEG y MODIS muestran los valores más altos.

La figura 5 muestra dos casos donde las diferencias son mayores en términos relativos. En el caso de TOAVEG y MGVI se obtienen diferencias de hasta el 100% en el este de la Península, mientras que para MODIS y MGVI se alcanzan diferencias del 100% en gran parte de la Península. En general, se han obtenido para todos los productos importantes diferencias de hasta el 70% en las zonas forestales del norte y oeste. Estas diferencias se han cuantificado también a partir de la evolución temporal del valor medio, el bias y el RMS para las clases correspondientes a bosques de frondosas (Broadleaved forest) y bosques de coníferas (Needle-leaved forest) de acuerdo con la clasificación Global Land Cover 2000. Los resultados muestran (figura 6) para el mes de Marzo una alta variabilidad en el valor medio entre productos (desde 0.2 hasta 0.8), con errores medios de hasta 0.45 (e.g. MODIS-MGVI) y desviaciones sistemáticas de hasta 0.4.

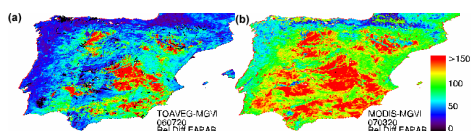


Figura 5. Diferencias relativas entre los productos TOAVEG-MGVI (a) y MODIS-MGVI (b) para la Península Ibérica.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha puesto de manifiesto las diferencias existentes entre productos de FAPAR tanto a nivel de Europa como de la Península Ibérica. Destacan el alto desacuerdo entre los productos MODIS y MERIS MGVI y los productos MERIS de hasta 0.2 (bias) y 0.4 (RMS), llegando a alcanzar diferencias relativas de hasta el 100% en la Península. En el caso de los bosques de la Península, la alta variabilidad entre productos del valor medio y el RMS (hasta 0.45) nos lleva a plantearnos un estudio futuro sobre su influencia en la estimación de flujos de carbono en los ecosistemas forestales.

BIBLIOGRAFÍA

Baret, *et al.* 2006. Algorithm Theoretical Basis Document for MERIS Top of Atmosphere Land

Products (TOAVEG). Report of ESA contract AO/1-4233/02/1-LG.

García-Haro, F. J., Camacho, F., and Meliá. 2008. Product user manual (PUM) vegetation parameters (FVC, LAI, FAPAR). SAF/LAND/UV/PUM-VEGA /2.1. 53 pp. (Document online at <http://landsaf.meteo.pt>).

Gobron, *et al.* 2004. MERIS Level 2 Land Surface Products Algorithm Theoretical Basis Document. JRC Publication No. EUR 21387 EN.

Knyazikhin, Y., *et al.* 1999. MODIS leaf area index (LAI) and fraction of photosynthetically active radiation absorbed by vegetation (FAPAR), Product (MOD15) Algorithm Theoretical Basis Doc.

Steering Committee for GCOS 2003, Summary report of the eleventh session of the WMO-IOC-UNEP-ICSU, WMO/TD 1189, World Meteorol. Org., Melbourne, Australia.

Verger, *et al.* 2009. Evaluación del algoritmo LSA SAF de estimación de FAPAR mediante reflectividades VEGETATION. (En este volumen).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos ARTEMIS (CGL2008-00381/CLI), DULCINEA (CGL2005-04202), DESURVEY (EC-003950) y Land-SAF (EUMETSAT).

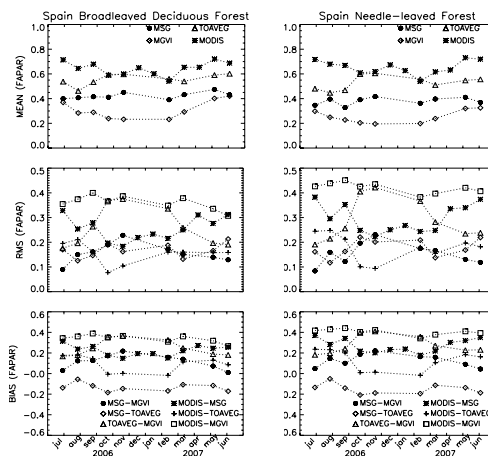


Figura 6. Evolución temporal de valor medio (superior), RMS (centro) y bias (inferior) para los bosques de frondosas y coníferas en la Península.