

## Tesis doctoral

# Sinergia entre datos ópticos y de microondas pasivas para el estudio de variables biofísicas sobre coberturas naturales

**Autor:** Cristian Mattar

**Directores:** J. A. Sobrino y J. C. Jiménez-Muñoz

**Lugar:** Unidad de Cambio Global. Laboratorio de Procesamiento de Imágenes. Parc-Científic. Universitat de València

**Fecha:** Diciembre de 2011

**Calificación:** Excelente *Cum Laude*

El uso de datos de observación de la tierra provenientes de sensores remotos ha tenido innumerables aplicaciones en diferentes áreas científicas, ya sean estas sociales, industriales o comerciales. La importancia que presenta este tipo de datos ha generado un significativo avance a la humanidad debido al rol fundamental que juega esta información en la toma de decisiones. Con el tiempo, esta información remota no solo se ha perfeccionando sino que además, ha profundizado el grado de obtención de información para ser utilizada en una variada gama de aplicaciones, como por ejemplo, en el análisis de los fenómenos meteorológicos en tiempo real.

En la actualidad, el análisis y predicción de los fenómenos meteorológicos ha cobrado una significativa importancia. En este contexto, el mundo científico ha desarrollado novedosas tecnologías satelitales con el fin de estudiar los fenómenos meteorológicos en tiempo real y las posibles consecuencias que estos podrían generar en la humanidad. Una de estas tecnologías se ha conceptualizado en la misión espacial *Soil Moisture and Ocean Salinity* (SMOS), la cual presenta una interesante instancia para obtener la humedad del suelo y la salinidad del mar a escala global. El satélite SMOS permite la estimación de la humedad de la superficie utilizando información espectral de las micro-

ondas pasivas (banda L-1,4 GHz), generando imágenes a una resolución espacial mejor a 40 km y una resolución temporal de 2 a 3 días. La misión SMOS fue lanzada en Noviembre del año 2009 y en la actualidad, la información relacionada con la humedad del suelo entregada por este sensor, puede tener un sin número de aplicaciones. Sin embargo, las posibles interacciones que se puedan generar entre la información entregada por SMOS con información proveniente de otros sensores es una tarea pendiente.

El objetivo fundamental de esta tesis doctoral tiene relación con la generación de algoritmos sinérgicos que permitan una mejor estimación de la humedad del suelo incorporando diferentes fuentes de información espectral. En base a esto, se generaron dos algoritmos sinérgicos, basado en la interacción empírica entre datos visibles e infrarrojos térmicos y otro algoritmo semi-empírico desarrollado a partir de datos óptico- microondas pasivas. Lo anterior se fundamenta en el principio de sinergia en que la suma de diferentes fuentes de información espectral pueden contribuir a disminuir el error en la estimación de la humedad del suelo.

El algoritmo empírico fue desarrollado en base a la relación intrínseca temperatura de la superficie-índice de vegetación. Esta relación empírica fue modificada al incluir un variable capaz

de caracterizar de mejor manera la superficie como el caso de la emisividad. Esto se llevó a cabo utilizando datos in-situ y provenientes de sensores aerotransportados, generando mapas de humedad del suelo con una alta resolución espacial y errores de estimación concordantes con las medidas realizadas. Este algoritmo fue desarrollado y validado utilizando la datos provenientes de la campaña de medida SENTinel-3 Experiment (SEN3EXP), realizado en el área de calibración de Barrax, España.

El otro algoritmo desarrollado fue uno de los temas centrales de esta tesis doctoral, ya que tiene relación con el desarrollo de un algoritmo semi-empírico que permite la estimación de la humedad del suelo, incluyendo información proveniente de las microondas pasivas e información óptica. Esta última se ve reflejada en la estimación de la influencia de la vegetación a través de la parametrización del espesor óptico de esta en función del *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) y del *Leaf Area Index* (LAI). El desarrollo de este algoritmo semi-empírico no solo permite realizar la estimación de la humedad del suelo de manera más precisa, sino que además, permite estimar la humedad del suelo sobre superficies desprovistas de vegetación como los suelos desnudos o superficies con un alto espesor óptico como los cultivos. Para este algoritmo, se utilizaron datos recopilados en el sitio de experimentación de SMOSREX, localizado al sur de Toulouse, Francia.

Finalmente, esta tesis establece las aplicaciones de los métodos sinérgicos desarrollados. Esta sinergia se entiende como la acción conjunta correspondiente a la suma de dos causas que generarán un efecto mayor a la suma proporcional de estas. Los resultados de esta tesis doctoral se encuentran focalizados para analizar las bondades de cada uno de estos algoritmos, uno empírico y otro semi-empírico, los cuales constituyen un aporte significativo para la estimación de la humedad del suelo. El método empírico incorpora la emisividad de la superficie lo cual permite una mejor estimación de la humedad del suelo. Este algoritmo profundiza la relación empírica de variables como el NDVI, la temperatura de la superficie y la emisividad, lo cual presenta un resultado novedoso al compilar estas variables en la estimación de la humedad del suelo. Por otra parte, el método semi-empírico se desarrolló en base a una parametrización simple en función de variables ópticas y de microondas pasivas para estimar la humedad del suelo. Esta combinación de información óptica a través de índices de vegetación con la temperatura de brillo obtenida a través de sensores de microondas pasivos, permitió generar un resultado mejor que con la sola información procedente del rango de las microondas pasivas. Esto se evidenció al utilizar indicadores de vegetación como el LAI y el NDVI, los cuales presenta mejoras sustanciales en relación a la no utilización de estos parámetros.