

CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS ESPECTRORADIOMETRICOS DE LA REFLECTANCIA DE CULTIVOS DE SECANO

V. CACHORRO, A. J. BERJÓN, R. VERGAZ y A. M. DE FRUTOS

chiqui@baraja.opt.cie.uva.es

Grupo de Óptica Atmosférica. Departamento de Óptica y Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Valladolid

RESUMEN. Desde la campaña agrícola pasada (año 2000), se viene recogiendo información espectrorradiométrica de forma sistemática, con el fin de crear una base de datos sobre la evolución de cereales tales como la cebada y el trigo, en la comarca de Tierra de Campos de Valladolid. La toma de datos se realiza mediante el espectrorradiómetro de campo Li-Cor Li-1800. La base de datos se complementa con medidas de espesor óptico de la atmósfera, que nos permiten realizar la corrección atmosférica, de manera que la información sea comparable con la obtenida por satélite. Así mismo, se ha puesto a punto una metodología basada en medidas en laboratorio, y en el modelo PROSPECT, destinada a determinar parámetros bioquímicos de la vegetación. Todo ello con la finalidad de conseguir una estimación de la producción mediante la obtención de los parámetros adecuados.

ABSTRACT. Since the last agricultural campaign (year 2000), we have systematically collected spectroradiometric information, with the purpose of creating a database to monitoring the evolution of cereals, like barley and wheat, in the region of Tierra de Campos, Valladolid. The data is being taken with the portable spectroradiometer Li-Cor Li-1800. The data base is complemented with atmospheric optical depth measurements, that allow us to make the atmospheric correction, so that the information is comparable with the obtained by satellite. Also, a methodology based on measures in laboratory, and the PROSPECT model has been set up, for determine biochemical parameters of the vegetation, in order to obtain an estimation of production.

Palabras claves: base de datos, cereal, corrección atmosférica, PROSPECT, producción.

INTRODUCCIÓN

En este artículo pretendemos dar a conocer el trabajo realizado hasta el momento, de un proyecto comenzado el año pasado. Nuestro trabajo está enfocado a la monitorización del crecimiento de cereales, y a la estimación de su producción, por medio de medidas ópticas en campo y mediante satélite. Para conseguir resultados de este tipo de manera realista, es necesario seguir el comportamiento de los cultivos, que en la mayoría de los casos vendrá determinado por las características propias de una zona determinada. Por este motivo, se plantea la toma e interpretación de información espectrorradiométrica referida a los cultivos de secano predominantes en nuestra zona de interés: cebada y trigo. Así mismo, se han tomado medidas que nos permiten determinar parámetros para caracterizar los aerosoles presentes en la atmósfera, con el fin de realizar una posible corrección atmosférica sobre imágenes tomadas por satélites, de manera que los datos de éstas sean comparables entre sí, y con los datos de campo tomados.

Para terminar, se ha puesto a punto un sistema en laboratorio para la medida de reflectancia y transmitancia de las hojas, permitiendo mediante inversión del modelo PROSPECT por look-up-tables, la obtención de parámetros bioquímicos tales como la concentración de agua o de clorofila, a fin de correlacionar estos parámetros con la producción.

ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se está desarrollando en torno al municipio de Medina de Rioseco (Valladolid), situado en la comarca de Tierra de Campos. Esta zona está sometida a un clima continental típico de la Meseta Superior de la Península Ibérica, y en ella predominan de forma absoluta, superior al 80%, los cultivos de secano, y en concreto la cebada, y el trigo.

MEDIDAS EXPERIMENTALES

Las medidas realizadas para esta base de datos, se están llevando a cabo con el espectrorradiómetro portá-

til modelo Li-1800 de la casa Li-Cor. Este aparato permite obtener medidas radiométricas entre 300 y 1100 nm, con una resolución espectral de 6.3 nm. La entrada de luz al sistema se produce a través de un receptor coseno, acoplado al espectrorradiómetro mediante fibra óptica.

En nuestro caso, la magnitud que nos interesa medir es el albedo r_s o reflectancia hemisférica del cultivo, ya que su valor no depende de la posición del sol (Cachorro *et alii.*, 2000), y por lo tanto nos da información del modo en que el cultivo refleja la luz independientemente de la hora en que lo observemos. Para su obtención, medimos la irradiancia global reflejada y la incidente, siendo el albedo el cociente de ambos valores (Gandía y Meliá, 1990; Cachorro, 1995). El equipo está montado sobre una estructura que nos permite situar el receptor coseno paralelo al suelo, permitiendo además su orientación hacia el cielo o hacia el suelo, según se mida la irradiancia global incidente o reflejada.

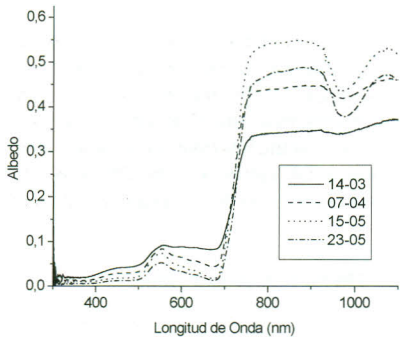


Figura 1. Evolución en el crecimiento del cultivo.

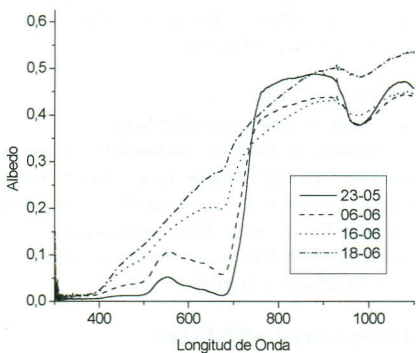


Figura 2. Evolución en la senectud del cultivo.

El proceso consta de dos medidas de irradiancia global incidente, entre las que se realiza la medida de irradiancia global reflejada. Cada una de ellas tiene aproximadamente una duración de 40 segundos, tardando todo el proceso alrededor de 3 minutos. Debido a la duración de la medida se ha de llevar control de los posibles cambios en la atmósfera. Este control se efectúa mediante la primera y la segunda medida de irradiancia global incidente. En éstas se obtienen dos valores del albedo que nos permiten evaluar el error de la medida. Hay que hacer notar que para obtener medidas validas solo se podrán realizar en días de nubosidad mínima.

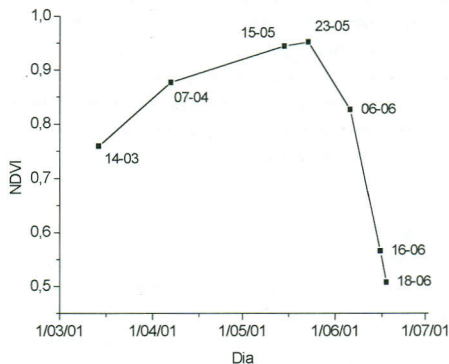


Figura 3. Evolución del NDVI a lo largo de la temporada.

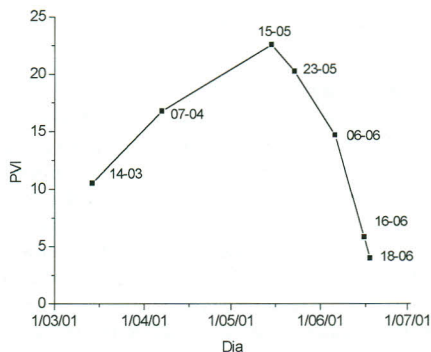


Figura 4. Evolución del PVI a lo largo de la temporada.

En total se hizo el seguimiento a dos parcelas de trigo y cuatro de cebada. Presentamos una serie de medidas tomadas sobre una de las parcelas de cebada. En ella podemos distinguir bien la fase de crecimiento y senectud (Figuras 1 y 2). La primera fase se caracteriza por un aumento en la señal en el infrarrojo cercano (de

750 a 900nm), así como de una disminución de la misma en la zona del visible (de 400 a 650nm), debido a la absorción por la clorofila. Este comportamiento se aprecia claramente en los albedos tomado el 14 de marzo, 7 de abril y 15 de mayo. Sin embargo esta tendencia se rompe en el albedo del 23 de mayo. En él se aprecia una disminución tanto en el visible como en el infrarrojo. Es en este momento en el que visualmente se empezó a observar un “amarilleamiento” del cultivo. En la etapa de senectud principalmente se observa un aumento de la señal en el visible.

Mostramos también la evolución de algunos índices de vegetación. Presentamos primero los índices NDVI y el PVI (Figuras 3 y 4), calculados a partir de los filtros de transmitancia del sensor TM del Satélite LANDSAT 5, aplicados directamente a las medidas de albedo. Se utilizaron además los espectros medidos en una parcela cercana en barbecho a fin de calcular la línea del suelo en el PVI.

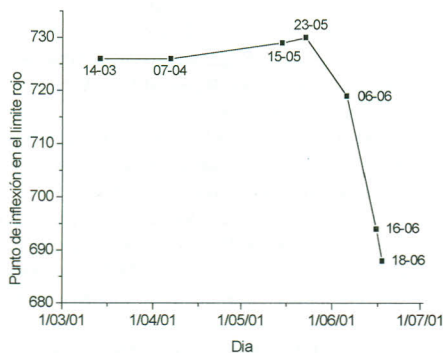


Figura 5. Evolución de la posición del punto de inflexión en el límite rojo a lo largo de la temporada.

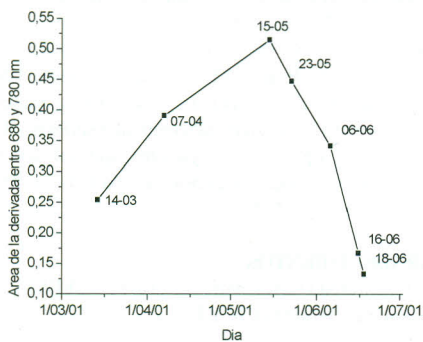


Figura 6. Evolución del área encerrada bajo la derivada del albedo entre 680 y 780 nm a lo largo de la temporada.

Mostramos también la evolución de índices espectrales, como son la posición espectral del punto de inflexión de la curva en el denominado límite rojo o “red edge” (Zarco y Miller, 1999), así como el área encerrada bajo la derivada del albedo entre 680 y 780 nm (Figuras 5 y 6). Es destacable la similitud entre este último índice y el PVI, existiendo entre ellos una correlación de $r^2=0.997$. Por tanto, de ambos índices podremos obtener información equivalente, que en este caso nos servirá para realizar una estimación del LAI (Gilbert *et alii.*, 1997).

CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

La obtención del NDVI mediante imágenes del sensor AVHRR del satélite NOAA, puede presentar una subestimación del 20-30% respecto al NDVI medido en el campo, solo debido al efecto de aerosoles (Cachorro *et alii.*, 2000). Para el sensor TM del satélite LANDSAT, la influencia del ozono puede representar entre un 20-50% (Vermote *et alii.*, 1997). Este hecho nos muestra la necesidad de realizar correcciones atmosféricas en todos los datos tomados por satélite que contrastemos con nuestra base de datos. Esta corrección se realiza a partir de medidas de la irradiancia directa y de la global, así como de la radiancia cenital a fin de obtener la caracterización de los aerosoles atmosféricos (Cachorro y Durán 1997; Cachorro *et al.*, 1998). La medida de la irradiancia directa se realiza acoplado al receptor coseno un tubo, limitando el campo de iluminación medio (FOV) a 4.3 grados, y midiendo con el receptor coseno perpendicular a la dirección solar.

APLICACIÓN DEL MODELO PROSPECT

La inversión del modelo PROSPECT (Jacquemoud, 1996) nos permite determinar características bioquímicas de las hojas de las plantas, por medio de medidas ópticas, en concreto de la transmitancia y de la reflectancia hemisférica. La metodología se ha desarrollado a partir de la versión 2.01 del modelo, desarrollado por el Laboratoire Environnement et Développement de la Universidad de París. Utilizando este modelo como base, y mediante inversión por “Look up tables”, se puede llegar a una estimación del contenido de agua y de clorofila (a+b). Estos dos elementos son los responsables de la mayor parte de la luz absorbida. El modelo está basado también en valores del contenido de proteínas, celulosa y lignina, sin embargo estos sólo juegan un papel marginal en la absorción de luz, y por lo tanto el error cometido en su determinación es mucho mayor. Es por este motivo que sólo consideraremos el contenido de agua y clorofila como parámetros válidos. Este último junto con el LAI y LAD, son los parámetros fundamentales para el cálculo de la radiación foto-

sintéticamente activa absorbida (APAR), ligada estrechamente con la producción.

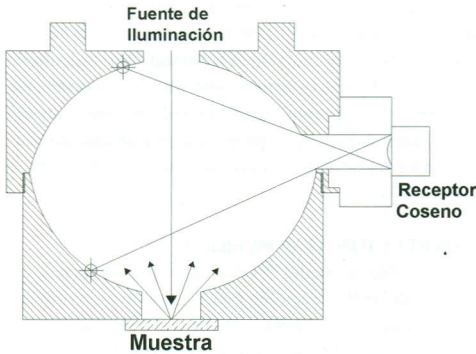


Figura 7. Esquema de la medida de reflectancia mediante la esfera integradora en laboratorio

La medida de la transmitancia y reflectancia hemisférica se realiza en laboratorio mediante el uso de una esfera integradora diseñada y construida en nuestro propio taller (Figura 7), acoplada al espectrorradiómetro Li-1800. Gracias a la disposición de la muestra, el receptor, y de la fuente de iluminación, se obtiene una medida independiente de la direccionalidad.

CONCLUSIONES

Se ha realizado durante la campaña 1999-2000 una base de datos espectrorradiométricos sobre la reflectancia o albedo de cultivos de secano. Así mismo se han tomado medidas que nos permiten simular los efectos de la atmósfera, de manera que nuestros datos sean comparables con los obtenidos mediante satélite. Para finalizar, se ha desarrollado una metodología a nivel de laboratorio para obtener parámetros bioquímicos tales como concentración de agua y de clorofila, mediante medidas ópticas, aplicando el modelo PROSPECT.

Pretendemos en la campaña del 2000-2001, llevar a cabo medidas similares de campo acompañadas de las de laboratorio y unificando ambas mediante el modelo SAIL-PROSPECT desplegar toda una metodología desde el nivel de hoja a nivel de cubierta vegetal. A su vez la puesta a punto del programa de corrección atmosférica nos permitirá contrastar y comparar la reflectancia dada por el sensor Landsat con la medida a nivel de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

CACHORRO V.E. 1995: Apuntes de la asignatura "Interacción Radiación Vegetación". Curso de Doc-

torado. E.T.S.I. Agrarias de Palencia. Universidad de Valladolid.

CACHORRO, V.E., P. DURÁN, A.M DE FRUTOS, R. VERGAZ Y S. HERNÁNDEZ, 1997: "A study of the atmospheric effect on the satellite signal based on ground solar radiation measurements of high spectral resolution". Physical measurements of Signatures in Remote Sensing, G. Guyot y T. Phulpin (Ed.). Vol 1. A. A. Balkema.

CACHORRO, V.E., P. DURÁN, R. VERGAZ, y A.M. DE FRUTOS, 1998: "Vertical radiative properties of atmospheric aerosols in a representative continental area of the north-center of Spain during 1995". Satellite Remote Sensing of Clouds and Atmosphere III. (Ed. J.E. Russell). SPIE Vol. 3495, pag. 198-209.

CACHORRO, V.E., P. DURÁN, R. VERGAZ y A.M. DE FRUTOS, 2000: "Estudio de la influencia de los aerosoles sobre la reflectancia de los canales 1 y 2 del sensor AVHRR-NOAA y el NDVI". Revista de Teledetección, no. 13: pp. 13-26.

GANDÍA, S.A. y J. MELIÁ (Editores), 1990: "La Teledetección en el Seguimiento de los Fenómenos Naturales". Recursos Renovables: Agricultura. Universitat de Valencia.

GILBERT, M.A., J. GONZÁLEZ-PIQUERAS, J. GARCÍA-HARO, 1997: "Acercas de los índices de Vegetación". Revista de Teledetección, no. 8, pp. 35-45.

JACQUEMOUND, S., S.L. USTIN, J. VERDEBOUT, G. SCHMUCK, G. ANDRÉOLI, and B. HOSGOOD, 1996: "Estimating leaf biochemistry using the PROSPECT leaf optical properties model". Remote Sens. Environ. 56:194-202

ZARCO TEJADA, P.J., J.R. MILLER, 1999: "Land cover mapping at Boreas using red edge spectral parameters from CASI imagery". Journal of Geophysical Research, Vol. 104, no. D22, pag. 27,921-27,993.

VERMOTE, E.F., N. EL SALEOUS, C.O. KAUFMAN, J.L. PRIVETTE, L. REMER, J.C. ROGER y D.TANRÉ, 1997: "Atmospheric correction of visible to middle-infrared EOS-MODIS data over land surfaces: Background, operational algorithm and validation". Journal of Geophysical research, Vol 102,no D14, pag17,131-17,141.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto 1FD97-2006 subvencionado por la CICYT.