

# POTENCIAL DE WORLDVIEW-2 Y 3 PARA DISTINGUIR ESTADOS FITOSANITARIOS DE *PHOENIX DACTYLIFERA* L. EN EL VALLE DEL DRÂA (MARRUECOS)

L. Núñez-Casillas<sup>(1)</sup>, M. Labrador-García<sup>(2)</sup>, M. Arbelo<sup>(1)</sup>, A. Lorenzo<sup>(1)</sup>, A. Alonso-Benito<sup>(1)</sup>, P. Hernández-Leal<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera (GOTA), Departamento de Física F.E.E.S., Universidad de La Laguna, 38206 San Cristóbal de La Laguna (Santa Cruz de Tenerife, España), [lnunez@ull.es](mailto:lnunez@ull.es)

<sup>(2)</sup> Gestión del Medio Rural de Canarias S.A.U. (GMR Canarias), Pol. Ind. El Mayorazgo, 38110 Santa Cruz de Tenerife (España).

## RESUMEN

En el marco del proyecto PALMERA para la protección de los palmerales de la región marroquí Souss Massa-Drâa se estudia la variabilidad espectral de las palmeras datileras (*Phoenix dactylifera* L.) en diferentes estados fitosanitarios para su seguimiento mediante imágenes multiespectrales WorldView-2. El análisis de la separabilidad de medidas espectrales *in situ* en hojas, indica que en la región del visible e infrarrojo cercano es posible distinguir hojas sanas de hojas con síntomas moderados del insecto homóptero *Parlatoria blanchardi* (Targ.) al nivel de resolución espectral del satélite WorldView-2. En cambio, las bandas adicionales del sensor WorldView-3 en la región del infrarrojo medio incrementarían la separabilidad espectral de las hojas en estado crítico o atacadas por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa).

**Palabras clave:** *Phoenix dactylifera*, *Fusarium oxysporum*, *Parlatoria blanchardi*, separabilidad espectral, espectrorradiometría de campo, WorldView-2, WorldView-3

## ABSTRACT

*Studying the spectral variability of the date palms (Phoenix dactylifera L.) with different phytosanitary status is a useful tool for the monitoring of this species by means of multispectral WorldView-2 imagery within the PALMERA Project for the protection of the palm grove in the Souss Massa-Drâa region (Morocco). A separability analysis of field spectral measurements from leaf samples shows that it is possible to discriminate healthy leaves from those moderately attacked by the insect Parlatoria blanchardi (Targ.) in the visible and infrared region, at the WorldView-2 spectral resolution. However, the WorldView-3 additional bands in the mid-infrared region would increase the spectral separability of leaves in critical condition or attacked by fungus Fusarium oxysporum f. sp. albedinis (Foa).*

**Keywords:** *Phoenix dactylifera*, *Fusarium oxysporum*, *Parlatoria blanchardii*, separabilidad espectral, espectrorradiometría de campo, WorldView-2, WorldView-3

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de sensores multiespectrales de alta resolución espacial hace posible la detección de síntomas de algunas fitopatologías en la vegetación. En los palmerales de la región marroquí Souss Massa-Drâa, dos de las enfermedades de mayor interés fitosanitario de la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.) son actualmente *Parlatoria blanchardi* (Targ.) o cochinilla blanca (un insecto homóptero de la familia Diaspididae) y *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) o Bayoud (un hongo patógeno específico de esta palmera a la que infecta desde las raíces). Estos palmerales, han sido objeto de estudio y seguimiento en el marco del

proyecto PALMERA para la protección de este agroecosistema mediante técnicas de teledetección, desde marzo del 2012 (<http://www.palmera-poctefex.com/index.php/proyecto>). Uno de sus objetivos principales es el cartografiado y detección de síntomas de enfermedades de las palmeras por medio de imágenes del sensor multiespectral WorldView-2. Al nivel de la resolución espacial de este sensor (2 m), existe cierta heterogeneidad sub-píxel. Por otro lado, existe una gran variabilidad espectral de las propias palmeras, en las ocho bandas espectrales que ofrece este sensor en el rango entre el visible y el infrarrojo cercano (VNIR), en función de su estado fenológico y fitosanitario.

Un análisis previo de la separabilidad espectral de los tipos de cubierta de interés a partir de medidas obtenidas mediante espectrorradiometría de campo, pueden mejorar los métodos de clasificación de imágenes multispectrales (Herold *et al.*, 2004). Nos permite además estudiar el grado de aportación que en este tipo de estudio proporcionarían las ocho bandas adicionales en la región del infrarrojo medio (SWIR) que ofrecerá a partir del año 2014 la tercera generación de este sensor, el WorldView-3 (<http://www.digitalglobe.com/about-us/content-collection#satellites&worldview-3>). El objetivo de este trabajo es contribuir a la caracterización espectral de la palmera datilera, por medio de la selección de las bandas WorldView-2 y 3 que mejor diferencian las frondes sanas de las afectadas en diferente grado por cochinilla blanca y por Bayoud. Esto permite optimizar el cartografiado y seguimiento fitosanitario del palmeral marroquí por medio de métodos de clasificación de imágenes y análisis de mezclas espectrales.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente estudio se analizan las firmas espectrales obtenidas en hojas de palmera durante una campaña de Espectrorradiometría y validación de imágenes WorldView-2 que tuvo lugar en marzo de 2013 en el palmeral de Mezquita, (región de Sous Massa-Drâa Marruecos). Las frondes fueron cortadas desde su base a la altura media de la copa, ya que es donde ocupan una mayor superficie y donde muestran una disposición más horizontal. Se cortaron dos frondes de cada uno de los nueve ejemplares muestreados (2 sanos, 2 con *Bayoud* y 5 con cochinilla en diferentes grados). Para la toma de medidas espectrales se utilizó un espectrorradiómetro ASD FieldSpec® 3 de rango espectral 350 - 2500 nm, y un ancho de banda de entre 3 nm (región VNIR) y 30 nm (región SWIR). La óptica empleada era de un campo visual o FOV de 10° y se adquirieron las firmas espectrales en modo de reflectancia absoluta desde 1 m de altura – lo que abarca aproximadamente un área de 20 cm de diámetro – y sobre un fondo constante de PVC negro de muy baja reflectancia en el rango espectral del sensor. Las medidas se hicieron en movimiento, a modo de transecto, desplazando el sensor a una velocidad constante sobre el haz de la hoja hasta recorrer la longitud total, y repitiendo el proceso tres veces: una para cada lateral y otra para el raquis de la hoja. En frondes muy heterogéneas se hicieron dos réplicas de cada medida. Siendo cada medida espectral el promedio de 100 muestreos del sensor con un tiempo de barrido de 0.1 s, el tiempo necesario para cubrir esa longitud en cada transecto era de unos 10 s.

La separabilidad espectral de las muestras se estudió al nivel de resolución espectral de los sensores WorldView-2 y WorldView-3. El cambio de resolución de las firmas espectrales se realizó con el programa

Envi 5, a partir de las funciones de respuesta espectral en el primero (Updike & Comp, 2010), y a partir de los valores de FWHM y centros de banda en el segundo (tabla 1). La medida de separabilidad utilizada en este estudio ha sido la distancia Bhattacharyya (B):

$$B_{1,2} = \frac{1}{8} [\mu_1 - \mu_2]^T \left[ \frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right]^{-1} [\mu_1 - \mu_2] + \frac{1}{2} \ln \frac{\left| \frac{1}{2} [\Sigma_1 + \Sigma_2] \right|}{\sqrt{|\Sigma_1| |\Sigma_2|}}, \quad (1)$$

donde  $B_{1,2}$  es la distancia entre las clases 1 y 2 en las bandas espectrales observadas,  $\mu_1$  y  $\mu_2$  son los vectores que contienen las medias para cada banda espectral, y  $\Sigma_1$  y  $\Sigma_2$  son las matrices de covariancia (Langrebe, 2000).

**Tabla 1.** Bandas espectrales de WorldView-2 y WorldView-3.

Bandas comunes a WV-2 y WV-3			Nuevas bandas en WV-3		
Nº	Nombre	Rango espectral (nm)	Nº	Nombre	Rango espectral (nm)
1	Coastal	400 – 450	9	SWIR-1	1195 – 1225
2	Blue	450 – 510	10	SWIR-2	1550 – 1590
3	Green	510 – 580	11	SWIR-3	1640 – 1680
4	Yellow	585 – 625	12	SWIR-4	1710 – 1750
5	Red	630 – 690	13	SWIR-5	2145 – 2185
6	Red edge	705 – 745	14	SWIR-6	2185 – 2225
7	NIR-1	770 – 895	15	SWIR-7	2235 – 2285
8	NIR-2	860 – 1040	16	SWIR-8	2295 – 2365

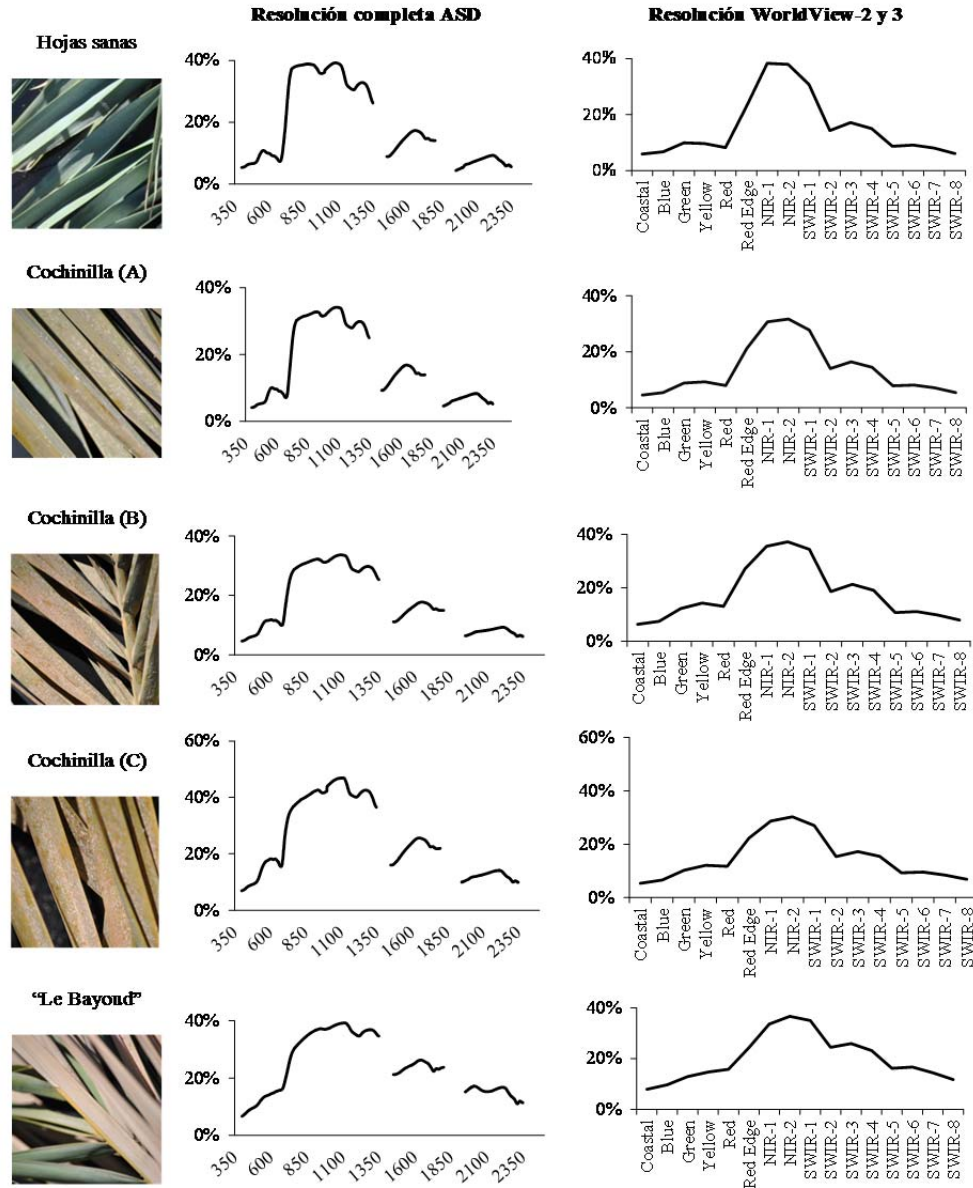
La separabilidad relativa de cada banda espectral para cada hoja se usó como criterio de agrupamiento de muestras según tres niveles de afectación por cochinilla blanca. A continuación, se obtuvo la distancia B, con el software MATLAB, entre las frondes verdes y las frondes con *Bayoud*, los tres grados de afectación por cochinilla y las frondes secas, en todas las combinaciones de 2, 3, 4 y 5 bandas WorldView-2/3.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las firmas espectrales obtenidas en campo muestran un descenso de la reflectancia en el infrarrojo cercano y un aumento en el visible en presencia de cochinilla blanca con respecto a las hojas sanas. Al nivel de resolución de WorldView-2/3, la reflectancia en el amarillo llega a igualarse o superar a la del verde, según aumenta el grado de afectación por cochinilla, mientras los componentes UV/azul y rojo también aumentan. El incremento de reflectancia en la región del SWIR sólo se percibe en grados de afectación altos de cochinilla, mientras que en muestras afectadas por Bayoud este incremento es mucho más significativo. La respuesta

espectral de hojas afectadas por Bayoud presenta un comportamiento a medio camino entre una hoja sana y una hoja muerta. Esta enfermedad se manifiesta por la muerte progresiva de las hojas, empezando por un lateral y descendiendo por el otro una vez llegado al ápice, lo que a menudo provoca la presencia de frondes

con un lateral verde y aparentemente sano y el otro seco (figura 1). La separabilidad en longitudes de onda cortas (bandas Coastal y Blue) es mayor cuando el grado de afectación de cochinilla es bajo. Cuando éste es medio o alto, las bandas más separables son la Yellow, la Red y las NIR.



**Figura 1.** Firmas espectrales obtenidas a partir de promedios de medidas de espectrorradiometría de campo. Las categorías Cochinilla A, B y C se corresponden a hojas afectadas por cochinilla por orden creciente de gravedad.

Por otro lado, las bandas SWIR sólo presentan un nivel de separabilidad significativo en presencia de Bayoud. El papel de las bandas NIR parece mayor en la discriminación de hojas con cochinilla que con Bayoud (figura 2). El papel creciente de las bandas SWIR con respecto a las bandas de la región VNIR según incrementan los síntomas por cochinilla, sequía o Bayoud se puede observar en la figura 3. Asimismo se

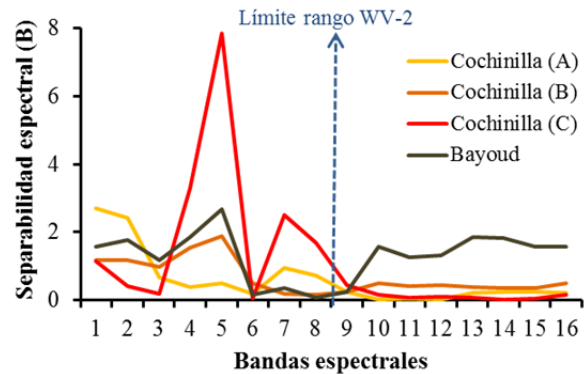
observa el aumento de la separabilidad con el incremento del número de bandas que se consideran simultáneamente, hasta ser mayor de 100 para todas las clases cuando se utilizan cinco bandas. En este caso, los canales del Coastal al Yellow junto con el SWIR-5 de WorldView-3 discriminarían mejor las palmeras con grado A y B de cochinilla, mientras que en el grado C los canales NIR y Red Edge substituirían al visible

excepto en el Coastal, y entre las bandas nuevas se seleccionaría el SWIR-8. Por último, en la discriminación del Bayoud destacaría la combinación de dos bandas del SWIR (3 y 5) junto con el Blue, el Red y el NIR2, estando estas bandas bien distribuidas a lo largo de todo el rango espectral.

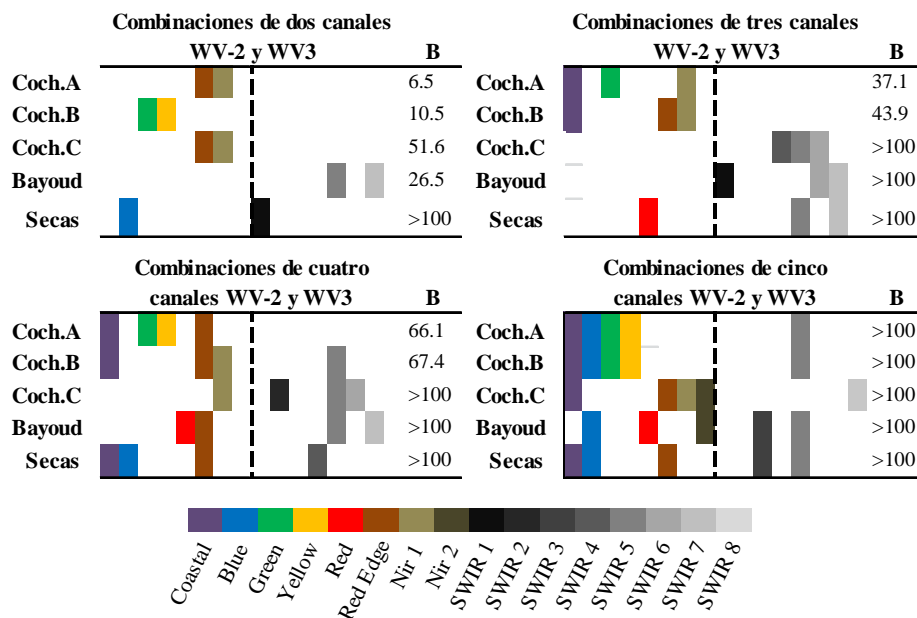
### 3. CONCLUSIONES

El análisis de la separabilidad espectral de las medidas obtenidas en muestras de hojas de palmeras, muestra que en el caso de la cochinilla blanca las bandas WorldView-2 de la región visible son las que muestran mayor peso en la separabilidad espectral entre hojas de palmera afectadas de las sanas. Sin embargo, en el caso de hojas atacadas por Bayoud, las bandas SWIR del WorldView-3 aportarían mayor separabilidad espectral al conjunto de bandas originales VNIR, al igual que ocurre con hojas secas o gravemente afectadas por

cochinilla, lo que produce amarilleo y en última instancia sequía y muerte de la hoja.



**Figura 2.** Separabilidad espectral de las bandas WorldView-2 y WorldView-3 de hojas de palmera con diferentes fitopatologías con respecto a hojas sanas.



**Figura 3.** Combinación de bandas espectrales que presentan mayor separabilidad espectral para cada fitopatología con respecto a hojas sanas, en función del número de bandas,.

### 4. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de la UE y la cofinanciación FEDER y POCTEFEX del Proyecto PALMERA en el que se realiza este trabajo.

### 5. BIBLIOGRAFÍA

HEROLD, M., ROBERTS, D. A., GARDNER, M. E. & DENNISON, P. E. 2004. *Spectrometry of urban area remote sensing - development and analysis of a spectral*

*library from 350 to 2400 nm.* Remote Sensing of Environment, 91, 304-319.

LANDGREBE, D. A. 2000. *Information extraction principles and methods for multispectral and hyperspectral image data.* Information processing for remote sensing, Chap. 1. Editor: Chen, C.H., World Scientific Publishing, River Edge, NJ, USA.

UPDIKE, T. & COMP, C. 2010. *Radiometric use of worldview-2 imagery.* DigitalGlobe®, Inc., Technical Note.