

## APLICACIÓN DE SENSORES REMOTOS EN LA DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LA VEGETACIÓN

SÁ. I.B.<sup>(\*)</sup>, ANTONIO, R.<sup>(\*\*)</sup> y ALMOROX, J.A.<sup>(\*\*)</sup>  
[edaf@eda.etsia.upm.es](mailto:edaf@eda.etsia.upm.es)

(\*) Investigador EMBRAPA Semi-árido/ Brasil. BR 428 km 152. C.P. 16. CEP 56.300-000 Petrolina-PE. Brasil.

(\*\*) Profesor Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Univ. Polit. de Madrid. Av. Complutense s/n. 28040 Madrid.

### RESUMEN

Mediante la utilización de sensores remotos, la detección, registro y análisis de las alteraciones ocurridas en el comportamiento espectral de la cobertura vegetal, permiten caracterizar y evaluar el estado nutricional y fitosanitario de las plantas, detectando incidencias de plagas y enfermedades e inferir posibles carencias nutricionales. En el trabajo se comprueba que el estudio de la reflectancia en la región del infrarrojo cercano permite detectar eficazmente el inicio de daños al producirse cambios en el comportamiento espectral de las plantas. Esta aplicación permite una detección más temprana de los daños, pues el ataque de enfermedades o plagas puede ser detectado incluso antes de que la planta presente síntomas visuales de deterioro.

**Palabras clave:** infrarrojo, enfermedades, plagas, reflectancia, sensores remotos.

### ABSTRACT

The utilization of remote sensing, the detection, registration and analysis of the alterations occurring in the spectral behavior of the vegetable cover allows to characterize and evaluate the nutritional and phytosanitary state of the plants, detecting occurrence of plagues and diseases and infer to possible nutritional absences. In the work it is proved that the study of the reflection in the region of the near infrared allows the beginning of damages to be detected efficiently as some changes are produced in the spectral behavior of the plants. This application permits an earlier detection of the damages, since the attack of diseases or plagues can be detected even before the plant shows visual symptoms of deterioration.

**Key words:** near infrared, diseases, plague, reflectance, remote sensing.

### INTRODUCCIÓN

El objeto de estudio en este trabajo es la cobertura vegetal, siendo las hojas el elemento más importante en el comportamiento espectral de la vegetación. En el comportamiento espectral de la cobertura vegetal intervienen diversos factores como son la fisiología, morfología y fenología de la planta, así como, factores ambientales y estacionales.

Diversos de estos factores pueden influir en la reflectancia de la cobertura vegetal: transmitancia, reflectancia, área, y orientación de las hojas; y la transmisión y reflectancia hemisférica de las estructuras de sustentación de las hojas; reflectancia efectiva del terreno (suelo, roca, restos vegetales); altura solar, ángulo de visada del aparato.

Los sensores remotos permiten cualificar y cuantificar el flujo de energía radiante que proviene de los elementos naturales que son observados, proporcionando, así, medios para la caracterización de las funciones o propiedades de estos materiales. Los cuatro procesos (emisión, absorción, reflexión y transmisión) ocurren simultáneamente, y sus intensidades relativas, en las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético, caracterizan el objeto en cuestión, obteniendo un patrón de respuesta espectral. Estos factores pueden ser modificados en el caso de que ocurran fenómenos meteorológicos adversos o incidencias de plagas o enfermedades.

El patrón de respuesta espectral o comportamiento espectral puede ser definido como la medida de la reflectancia del objeto a lo largo del espectro electromagnético.

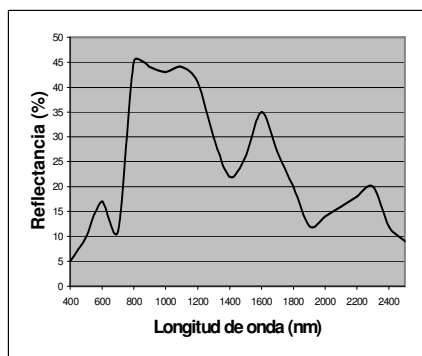
A través de técnicas de teledetección, la detección, registro y análisis de las alteraciones ocurridas en el comportamiento espectral de la cobertura vegetal, permiten caracterizar y evaluar el estado nutricional y fitosanitario de las plantas, detectando incidencias de plagas y enfermedades e inferir posibles carencias nutricionales.

## COMPORTAMIENTO ESPECTRAL DE LA VEGETACIÓN

La radiación solar reflejada ha sido la forma de energía más estudiada en teledetección de la vegetación, mientras que la región del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo termal y a las microondas pueden ser también utilizadas.

La radiación electromagnética al tener contacto con el blanco, puede ser absorbida, transmitida y reflejada. En el caso específico de la vegetación, la interacción con la radiación ocurre distintamente para cada longitud de onda del espectro. La **Figura 1** presenta una curva patrón de la respuesta espectral de una hoja vegetal, donde se observa un pico de absorción en la región del azul (450 nm) y otro en la región del rojo (650 nm), ambos debidos a la presencia de pigmentos en el interior del cloroplasto, tales como: clorofila, xantofila, carotenos y otros. La absorción de la energía solar que ocurre en estas longitudes de onda depende principalmente de la concentración de la clorofila (**HOFFER, 1982**).

En la región denominada infrarrojo cercano (700 a 1300 nm), la vegetación verde y sana se caracteriza por la alta reflectancia (45 a 50%), causada por la difusión resultante de los índices de refracción del líquido intracelular y de los espacios intercelulares del mesófilo (**GAUSMAN, 1984**). El mismo autor, después de investigar las causas biofísicas de la reflectancia foliar, ha concluido que al incidir la radiación en una capa de hojas se refleja un 50% y transmite el restante. Si esa porción transmitida se encuentra con otra capa de hojas, el proceso anterior se repetirá, y así sucesivamente.



**Figura 1.** Comportamiento espectral patrón de la vegetación verde y sana.

**KNIPLING et al. (1980)**, afirman que en la región del infrarrojo cercano ocurren variaciones en la cantidad de la energía reflejada por las plantas cuando esta está sujeta al ataque de plagas o enfermedades, al estrés por falta de agua o a la senescencia, y que los factores predominantes de estas variaciones son: disminución del índice de área foliar, alteración de la estructura y morfología de las hojas.

La absorción de la radiación electromagnética por el agua es también un factor condicionante en la reflectancia de las hojas en la región del infrarrojo cercano, ocurriendo en 970 nm y en 1200 nm (ver **Figura 1**) los puntos donde ocurren pequeñas absorciones (**GATES, 1990**).

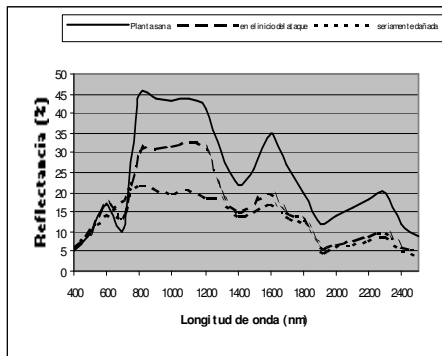
**SWAIN y DAVIS, (1988)** evidencian que cuando se comparan la reflectancia de una hoja con la de una capa de hojas, en esta última se puede ampliar en un 85% la reflectancia de una única hoja, para la región del infrarrojo cercano. Estos hechos se explican por la reflectancia aditiva, esto es, la radiación electromagnética transmitida a través de la primera hoja, situada en la parte superior de la capa de hojas, hacia la segunda, es parcialmente reflejada por ésta de vuelta hacia la primera, y así sucesivamente, hasta la última hoja de la capa.

En las longitudes de onda del infrarrojo medio (1300 a 2600 nm), **GAUSMAN (1984)** y **GATES (1990)** exponen que la respuesta espectral de la vegetación está influida por la presencia del agua. Por este motivo en la **Figura 1** se verifican dos puntos de máxima absorción en 1400 nm y 1900 nm.

## CARACTERÍSTICAS DE LA REFLECTANCIA ESPECTRAL DE LAS PLANTAS ENFERMAS

En el lugar donde la cobertura vegetal está sufriendo estrés debido al ataque de plagas, o enfermedades los cambios en la estructura foliar y color dan un indicativo para detectar las áreas más afectadas dentro de un área.

Los cambios en la reflectancia como síntomas de enfermedades en plantas son más patentes en la porción del espectro correspondiente al infrarrojo cercano, como ilustra la **Figura 2**. Por esta razón, el uso de imágenes infrarrojas para la detección de enfermedades en la vegetación cada vez han sido más empleada (**BARRET y CURTIS, 1982**).



**Figura 2.** - Curvas características de la vegetación sana y dañadas.

Leyenda:

- (1): planta sana;
- (2): en el inicio del ataque y
- (3): seriamente dañada.
- 

**PURITCH (1981)**, define tensión biológica como: "cualquier factor del ambiente capaz de producir una alteración, física o química, que pueda provocar daños en cualquier organismo vivo". Mientras que daño forestal es definido por **MURTHA (1987)**, como "cualquiera tipo e intensidad de un efecto, en uno o más árboles, producido por un agente externo, que de forma temporal o permanente reduzca su valor comercial, disminuya o elimine la capacidad biológica de la planta para crecer y reproducirse.

La gran mayoría de los trabajos de detección de plagas y enfermedades, está centrada

en la aplicación de técnicas de teledetección aérea, o sea, a los procesos metodológicos que utilizan fotografías aéreas.

En la **Figura 2**, se comprueba que en la región del infrarrojo cercano la reflectancia está bastante alterada, incluso en el inicio del ataque de la enfermedad, por el contrario, no ocurre con la misma expresión en la región del visible. Esta aplicación permite una detección más temprana de los daños, pues el ataque de enfermedades puede ser detectado incluso antes de que la planta presente síntomas visuales de decoloración. En ese sentido, las técnicas de teledetección pueden auxiliar en la eficiencia del control fitosanitario, pues se puede llevar a cabo el tratamiento adecuado con antelación.

El tejido del mesófilo foliar, por sus características estructurales, constituye un buen reflector para la energía radiante, incluyendo las longitudes de onda correspondiente al infrarrojo cercano. Esta energía pasa por el parénquima en empalizada, cuya característica principal es la de poseer cloroplastos que absorben el azul y el rojo, reflejando el verde en la porción visible del espectro. Si por determinada razón las relaciones normales entre los tejidos son alteradas y la planta empieza a perder el vigor, el mesófilo entra en colapso, y como resultado, ocurre una disminución de la reflectancia de las hojas en el infrarrojo cercano.

## CONCLUSIONES

Los sensores remotos son una herramienta útil y eficaz para la detección, evaluación y prevención de problemas fitosanitarios y carencias nutricionales. En el trabajo se comprueba que el estudio de la reflectancia en la región del infrarrojo cercano permite detectar eficazmente el inicio de daños al producirse cambios en el porcentaje reflectancia. Esta aplicación permite una detección más temprana de los daños, pues el ataque de enfermedades puede ser detectado incluso antes de que la planta presente síntomas visuales de deterioro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**BARRET, E.C. y CURTIS, L.F. 1982.** Introduction remote sensing. London, New York, **CHAPMAN and HALL.**

**GATES, D.M. 1990.** Physical and physiological properties of plants. In: **NATIONAL**

**RESEARCH COUNCIL.** Remote sensing with special reference to agriculture and forestry. Washington D.C. , National academic of Sciences.

**GAUSMAN, H.W. 1984.** Leaf reflectance near infrared. Photogrammetric Engineering and remote Sensing, **40**(2): 18-192, Feb.

**HOFFER, R.M. 1982.** Spectral characteristics of natural resource materials. **In: PURDUE UNIVERSITY. LARS.** Remote Sensing Technology and Applications. Lafayette. (short course Outline).

**KINIPLING, E.B., LAMBECK, P.F. y CRIST, E.P. 1980.** Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near infrared radiation from vegetation. Remote Sensing of Environment, **1**(3): 155-159, 1980.

**MURTHA, P.A. 1987.** Remote Sensing and vegetation damage: a theory for detection and assessment. Photogrammetric Engineering and Remote sensing. **44**(7): 1147-1158.

**PURICHT, G.S. 1981.** Nonvisual remote sensing of trees affected by stress. A review. Victoria, B.C. **CANADIAN FORESTRY SERVICE.** Pacific Forest Research center. 380. (Forestry Technical, report 30).

**SWAIN, P.H. y DAVI, S.M. 1988.** Remote sensing to quantitative approach. West Lafayette, **In: Mac Graw Hill.**