
TEMAS 4 y 5._ APLICACIONES AGRÍCOLAS. DISCRIMINACIÓN DE SUPERFICIES CULTIVADAS Y MEDICION DE AREAS AGRICOLAS HOMOGENEAS UTILIZANDO IMÁGENES LANDSAT-TM E IMÁGENES IRS APLICACIONES FORESTALES

ACTIVIDAD PRÁCTICA ASOCIADA: ANÁLISIS VISUAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE
ÍNDICES DE VEGETACIÓN Y COMPONENTES PRINCIPALES

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS VISUAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE

El procesamiento de imágenes espaciales comprende la manipulación o alteración de la información contenida en la imagen corregida

¿cuáles son sus objetivos primordiales?

- incrementar el contraste existente entre los hechos detectados por el satélite
- la clasificación de su respuesta espectral en determinadas categorías

Una de las técnicas de procesamiento empleadas en teledetección se basa en la combinación de los valores digitales de bandas pertenecientes a diversos rangos del espectro electromagnético adquiridas en una única o en diferentes fechas, al objeto de confeccionar una nueva banda espectral que contenga y sintetice los aspectos de interés que resulten comunes a todas ellas.

De ahí parten tanto las composiciones de imágenes para el análisis visual mediante teledetección, en color real o falso color, y también, los índices de vegetación.

Los índices de vegetación constituyen una técnica más compleja. Cuando creamos una composición de bandas visualizamos cada una de ellas en cada uno de los tres canales de los Sig Raster. Sin embargo, los índices son operaciones matemáticas entre bandas, muy sencillas, pero que anteceden a la visualización de la imagen. Consisten en la realización de operaciones aritméticas que combinan la reflectividad de las bandas en cuestión.

Tras ellos, las imágenes resultantes de los índices pueden ser visualizadas de forma independiente (como si se tratara de bandas aisladas) o bien, pueden dar lugar a composiciones obtenidas a partir del cálculo de índices con imágenes multitemporales. En este caso estaremos creando nuevos índices que serán susceptibles de análisis espectral y de análisis visual.

En último lugar, y a diferencia de las composiciones en color, la imagen resultante de la creación de un índice de vegetación o de la composición en color de varios índice nunca puede ser clasificada.

PRINCIPALES OPERACIONES MATEMÁTICAS ENTRE BANDAS

Por lo general, se trata de sencillas operaciones aritméticas en las que con frecuencia se emplea un coeficiente encargado de normalizar el resultado:

- Adición y Sustracción de los valores de una banda con respecto a los de otra
- Multiplicación
- División o cociente entre bandas

PRINCIPALES OPERACIONES MATEMÁTICAS ENTRE BANDAS

■ **Adición** y **Sustracción** de los valores de una banda con respecto a los de otra. Se emplean respectivamente cuando se desea eliminar el "ruido" o errores en la imagen final, y también cuando se persigue resaltar las diferencias para contribuir a detectar la existencia de cambios. En el caso de la adición de bandas el resultado se divide entre el número de bandas implicadas en la suma para la obtención de un valor medio, mientras que al resultado de la sustracción se añade un factor de compensación que evite las diferencias negativas.

PRINCIPALES OPERACIONES MATEMÁTICAS ENTRE BANDAS

■ **Multiplicación.** Es una de las operaciones menos empleadas, aunque sí es frecuente emplear coeficientes multiplicadores para el ajuste de resultados anómalos tras la aplicación de cocientes; también pueden ser utilizados en la creación de "máscaras" sobre áreas de la imagen de las que no interesa contar con información.

■ **División** entre bandas. Al contrario que la anterior, es la operación aritmética más generalizada. Una aplicación bastante común es la emplearla para lograr la reducción en el efecto del relieve que da lugar a áreas de excesiva iluminación frente a otras en sombra en laderas opuestas de una montaña.

ÍNDICES DE VEGETACIÓN

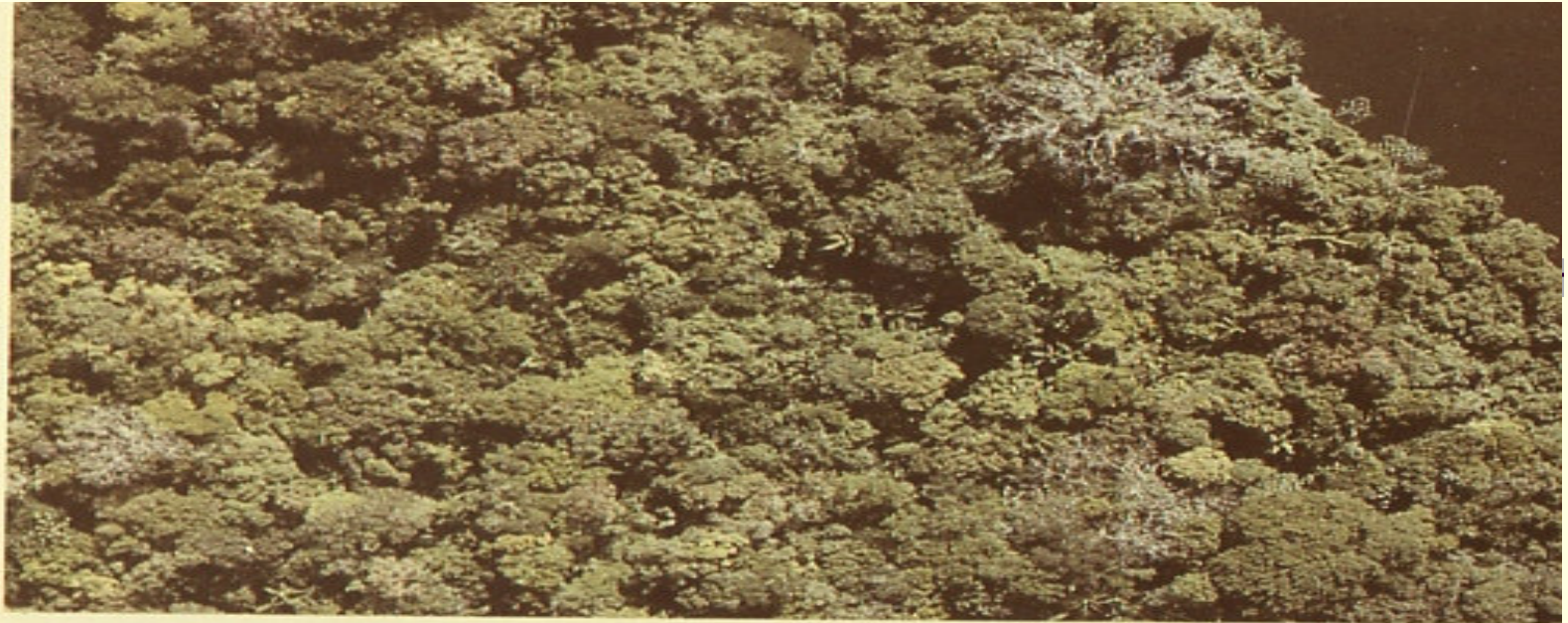
El conjunto de operaciones matemáticas con un mayor éxito en sus aplicaciones son los denominados *índices de vegetación*, cuyo objeto es el de resaltar las características de la vegetación sana y desarrollada frente al suelo.

Dichos índices parten del supuesto de que la vegetación tiene un comportamiento distinto en cada longitud de onda en función de su estado vegetativo y desarrollo alcanzado, y consisten en la combinación de bandas espectrales para realzar la respuesta espectral de la vegetación al tiempo que atenúan las de otros factores como el suelo, y las condiciones de iluminación y atmosféricas.

ÍNDICES DE VEGETACIÓN

En un primer momento el objetivo fundamental perseguido con este tipo de técnicas era el de lograr la identificación de la vegetación, la discriminación de las diferentes especies y su individualización frente al suelo, aunque en la actualidad el campo de aplicación de mayor interés lo constituye la correlación del comportamiento espectral de la vegetación sana con parámetros agronómicos para estimar su producción agrícola.

Los índices de vegetación trabajan con superficies vegetales en las distintas etapas de sus ciclos fenológicos -- **máximo desarrollo, vegetación marchita**, etc. --, otros pueden ayudar a identificar diferentes niveles de humedad en la vegetación -- **saturación hídrica o déficits hídricos** --, o incluso se emplean para la identificación de grandes áreas cubiertas de vegetación afectadas por plagas -- como en el último caso anterior, **stress** de la vegetación --.



El comportamiento diferenciado que las superficies vegetales tienen en cada longitud de onda del espectro electromagnético se conoce como respuesta espectral de la vegetación -- "spectral signatures" --.

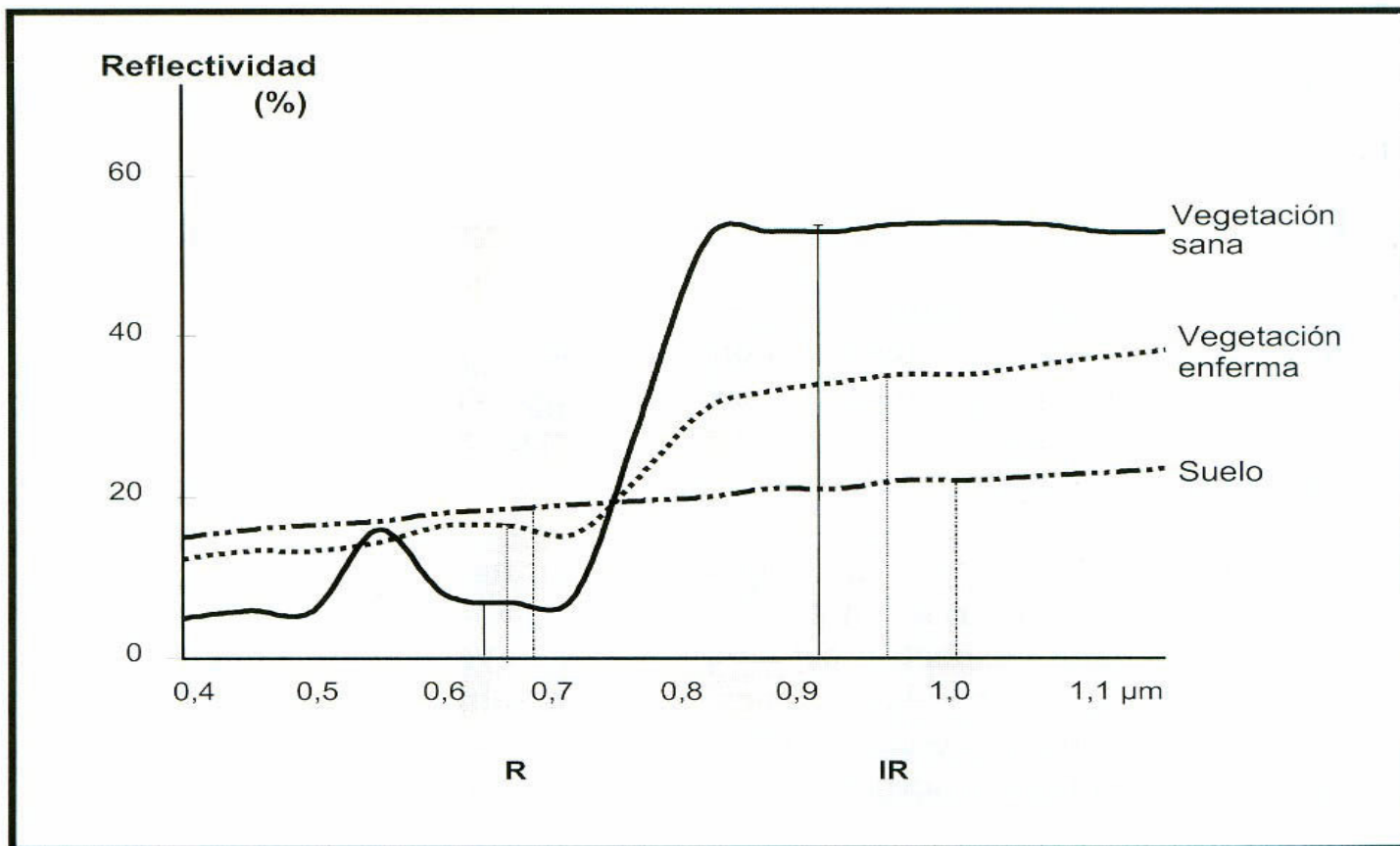
Este comportamiento se encuentra condicionado por múltiples factores entre los que pueden mencionarse

- la especie y el desarrollo alcanzado por la planta;
- la densidad y orientación de las hojas;
- y la época del año en la que se realice la observación.

Además hay que tener en cuenta otros factores condicionantes de su estado vegetativo y desarrollo alcanzado como son aquellos relativos a las condiciones hídricas de la planta y al sustrato edáfico

Se han realizado investigaciones relativas a la respuesta espectral característica de la vegetación sana en las porciones visible e infrarroja del espectro electromagnético. La respuesta espectral característica dibuja una curva de reflectancia modelo con unos valores máximos en las longitudes de onda donde la reflectividad es mayor, y descensos significativos cuando aumenta la absorción.

La curva de reflectancia presenta unos valores mínimos en las porciones azul -- 0,4 μm -- y roja -- 0,65 μm -- del espectro visible, entre las que se intercalan valores al alza en el verde -- 0,55 μm --, a partir de la longitud de onda correspondiente al infrarrojo próximo -- 0,75 μm -1,3 μm --, la respuesta espectral característica viene definida por una alta reflectividad; por último, a la altura de las longitudes de onda correspondientes a 1,45 y 1,95 μm se registran descensos relativamente bruscos relacionados, en este caso, con un aumento en la absorción.



Los índices de vegetación se apoyan en el contraste espectral que presenta esta cubierta entre las bandas del rojo e infrarrojo cercano

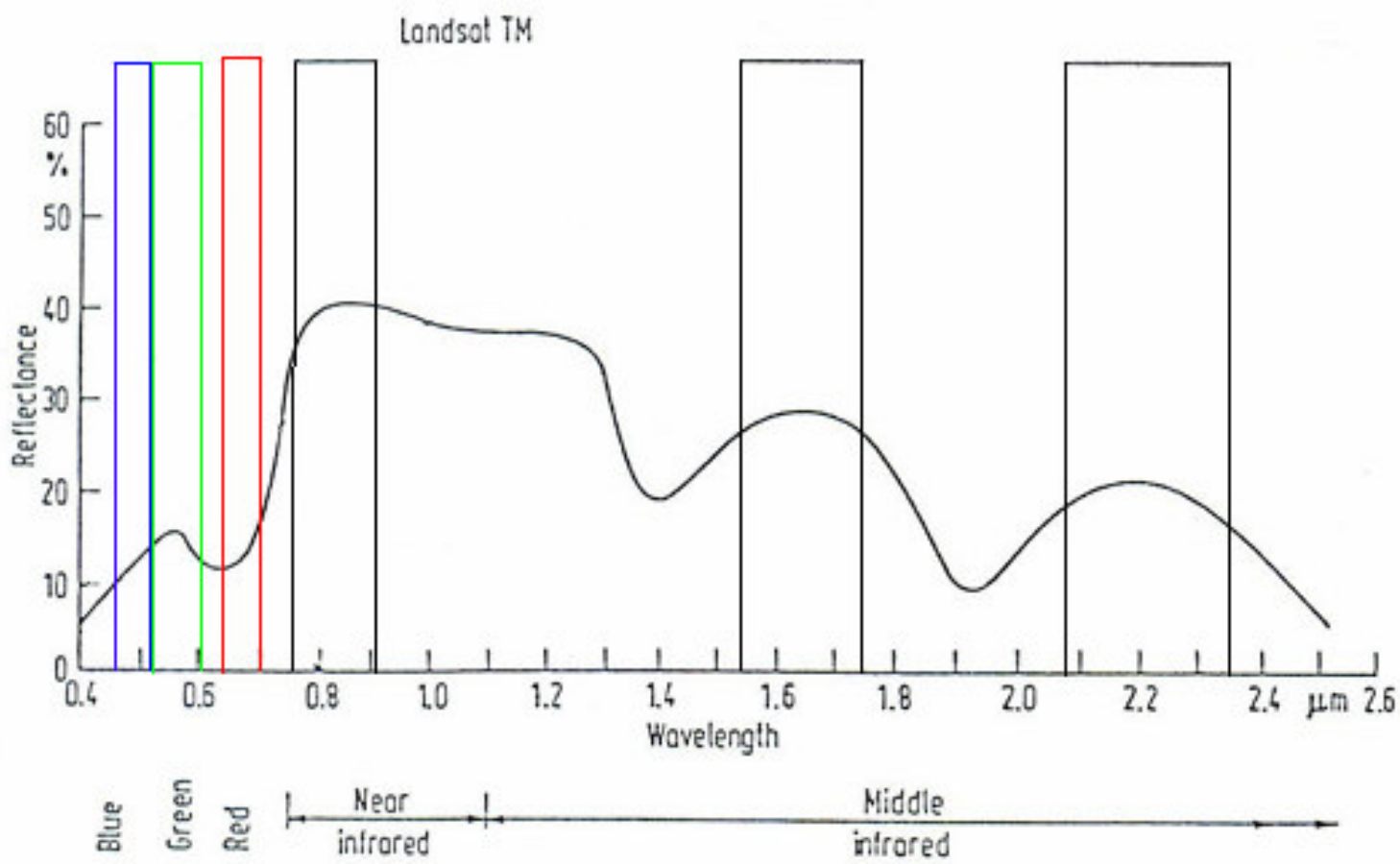
Esta curva de reflectividad característica de la vegetación sana en la porción visible del espectro electromagnético varía dependiendo de la especie y del contenido en humedad de la planta.

En relación a la especie, **los pigmentos de la hoja y la clorofila** ofrecen una reflectividad máxima en el verde frente a la mayor absorción en las porciones azul y roja del espectro.

En segundo lugar, el carácter pulido y ceroso que presente la **cutícula foliar** es el factor determinante de la alta reflectividad de la vegetación en el infrarrojo próximo, y por tanto de la dificultad de que la radiación penetre hacia partes interiores de su estructura; cuando la hoja se marchita, la estructura de la hoja varía dando lugar a cambios en la respuesta espectral en el infrarrojo.

Tercero, el **contenido en humedad** de la planta provoca una respuesta clara en el infrarrojo medio en relación a la reflectividad mínima en las porciones 1,47 mn y 1,7 mn y que coincide con una máxima absorción del agua, por lo que cuando no se produce dicha absorción está indicando una situación de déficit hídrico.

En cuarto y último lugar, las características del **sustrato edáfico** pueden enmascarar la respuesta espectral de la vegetación que soporta en función de su composición química, textura, y estructura de las partículas, contenido en agua y porcentaje de materia orgánica.



A resultas de todos estos fundamentos teóricos, los índices de vegetación reducen la información contenida en imágenes multispectrales a partir de la combinación de las porciones roja e infrarroja cercana del espectro electromagnético e interpretan a partir de ellas las condiciones en las que se encuentra la vegetación..

Conocida la fuerte absorción de la luz solar en el espectro visible y la elevada reflectividad en el infrarrojo cercano, las imágenes resultantes de la aplicación de índices de vegetación muestran una alta correlación con parámetros agronómicos como el índice de superficie foliar, contenido en clorofila, biomasa y materia marchita, nivel de cobertura de la vegetación, densidad de plantación, etc.

Existen tantos índices como operaciones o combinaciones de bandas son posibles, si bien la mayoría son desarrollos posteriores de índices ya existentes que buscan una mejor discriminación en la respuesta espectral de hechos diferentes -- por lo general, entre vegetación y suelo --, o para reflejar con exactitud las condiciones de una superficie vegetal determinada.

Nosotros vamos a aplicar

INDICE DE VEGETACIÓN RATIO

INDICE NORMALIZADO DE VEGETACIÓN

INDICE DE VEGETACIÓN TRANSFORMADO

INDICE PERPENDICULAR DE VEGETACIÓN

INDICE DE VEGETACIÓN ADAPTADO AL SUELO

FILAS DE SUPERFICIES ALTAS EN LA ZONA FRONTERA DE ALIENENARIAS A FINES DEL SIGLO XVIII EN LA ZONA DE SOMA

Fig. 1

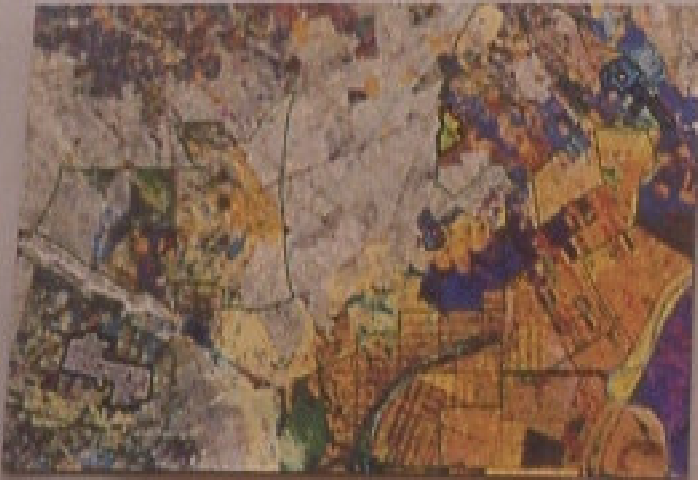


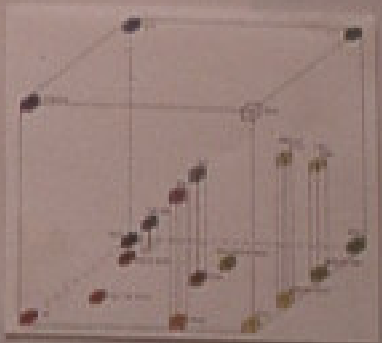
Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



- 1. Zona
- 2. Zona
- 3. Zona
- 4. Zona
- 5. Zona
- 6. Zona

Índice de Vegetación Ratio

Es el más elemental. Consiste en el cociente entre las bandas infrarroja cercana y roja del espectro.

$$\text{IVR} = \text{NIR} / \text{R}$$

Desarrollado a finales de la década de 1960, es uno de los de aplicación más temprana en teledetección. A su fácil aplicación una limitaciones evidentes, como son el carácter poco uniforme de los resultados en los indicadores de verdor y en la detección de alteraciones en el desarrollo teórico de la planta.

Índice Normalizado de Vegetación

Este índice se obtiene a partir del cociente entre la sustracción y suma de las bandas infrarroja y roja. Puesto que se trata de un cociente y para evitar resultados negativos o también para ampliar el rango de visualización, algunos autores recomiendan añadir un factor multiplicador que oscila entre 90 y 127 -- 255/2 --.

$$\text{NVI} = [(\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R})]$$

En todo caso es un índice de aplicación sencilla y muy efectivo en la normalización de la respuesta espectral de la vegetación y la aminoración del efecto topográfico sobre la escena, lo que le convierte en uno de los más empleados. Frente al índice de vegetación ratio, este aísla los cambios en la humedad o brillo del sustrato edáfico del comportamiento de la vegetación

Índice de Vegetación Transformado

Se trata de un desarrollo posterior del IVN. Se calcula a partir de la raíz cuadrada del índice normalizado más un medio.

$$NVI = [[(IR - R) / (IR + R)] + 0.5]^{1/2} \times 100$$

Índice Perpendicular de Vegetación

Se calcula a partir de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores espectrales correspondientes al suelo menos los de la vegetación en el infrarrojo y rojo.

$$[(R \text{ suelo} - R \text{ vegetación}) ^ 2 + (\text{IRC suelo} - \text{IRC vegetación}) ^ 2] ^ { 1/2 } \text{ exp } * 100$$

Índice Perpendicular de Vegetación

Éste entra dentro de un segundo grupo de índices de vegetación que concede una mayor importancia a la reducción o supresión del efecto que la reflectividad del suelo puede tener sobre la imagen. Determinadas condiciones de la vegetación en relación con su mayor o menor dispersión, desarrollo foliar de la planta, tamaño y disposición de las hojas, grado de inclinación de los rayos solares, y su relación con la mayor o menor proporción de sustrato edáfico que queda al descubierto, pueden conducir a una alteración significativa en la respuesta espectral esperada de la vegetación.

Índice de Vegetación Adaptado al Suelo

Persigue la transformación de la reflectividad presente en el infrarrojo cercano y rojo al objeto de minimizar el error causado por las variaciones en la intensidad o brillo de distintos tipos de suelos. Este índice emplea un valor constante -L- encargado de reducir esas diferencias de intensidad, que oscila entre cero e infinito en función de la densidad de la vegetación; cuando la densidad es elevada se emplea una transformación de dicho índice que presenta aun una menor dependencia respecto de los parámetros del suelo, gracias a la aplicación del coeficiente multiplicador -X- cuyo valor ha de ser determinado para cada cultivo.

$$[(IRC - R) / (IRC + R + L)] (1 + L)$$

La elección de un índice de vegetación adecuado al estudio de las características espectrales de una determinada cobertura vegetal está generalmente condicionada por su sensibilidad a parámetros agronómicos o a la repercusión de factores distorsionadores. Además, y dado que la relación entre un índice cualquiera y el comportamiento de la vegetación no presenta un carácter estable sino que por el contrario varía en función de múltiples factores, no resulta aconsejable extrapolar los resultados obtenidos de una aplicación concreta a situaciones distintas. De hecho, muchos de los trabajos experimentales que estudian el comportamiento de la vegetación ante determinados índices, persiguen la adecuación del que haya ofrecido mejores resultados a las necesidades concretas del trabajo. Por este motivo resulta frecuente la formulación de índices a partir de otros ya conocidos a los que se les añaden factores normalizadores, valores constantes, o incluso se incluyen longitudes de onda pertenecientes a otras porciones del espectro electromagnético.

Gran parte de los desarrollos posteriores de los índices de vegetación más comunes se explican por la inclusión de bandas espectrales correspondientes a nuevas longitudes de onda. En particular y dada la adecuación que presenta el rango espectral abarcado por el sensor Thematic Mapper para el análisis de la vegetación, es cada vez más frecuente contar con índices de vegetación en los que se incluyen las bandas números 5 y 7 correspondientes al infrarrojo medio, que han demostrado ser muy útiles en el análisis de las condiciones hídricas de la vegetación y en la detección de situaciones de déficit.