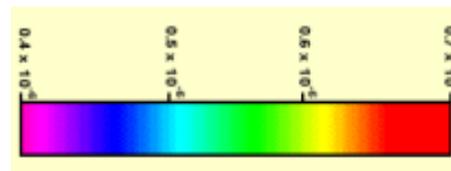
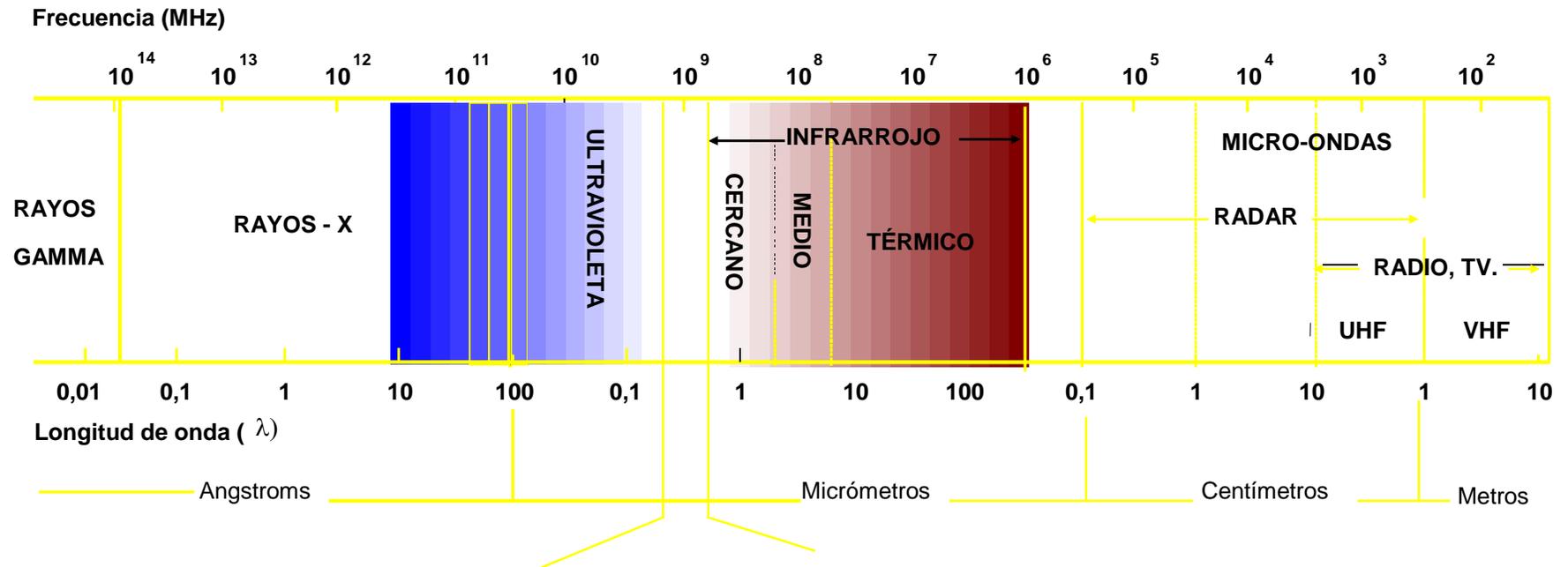
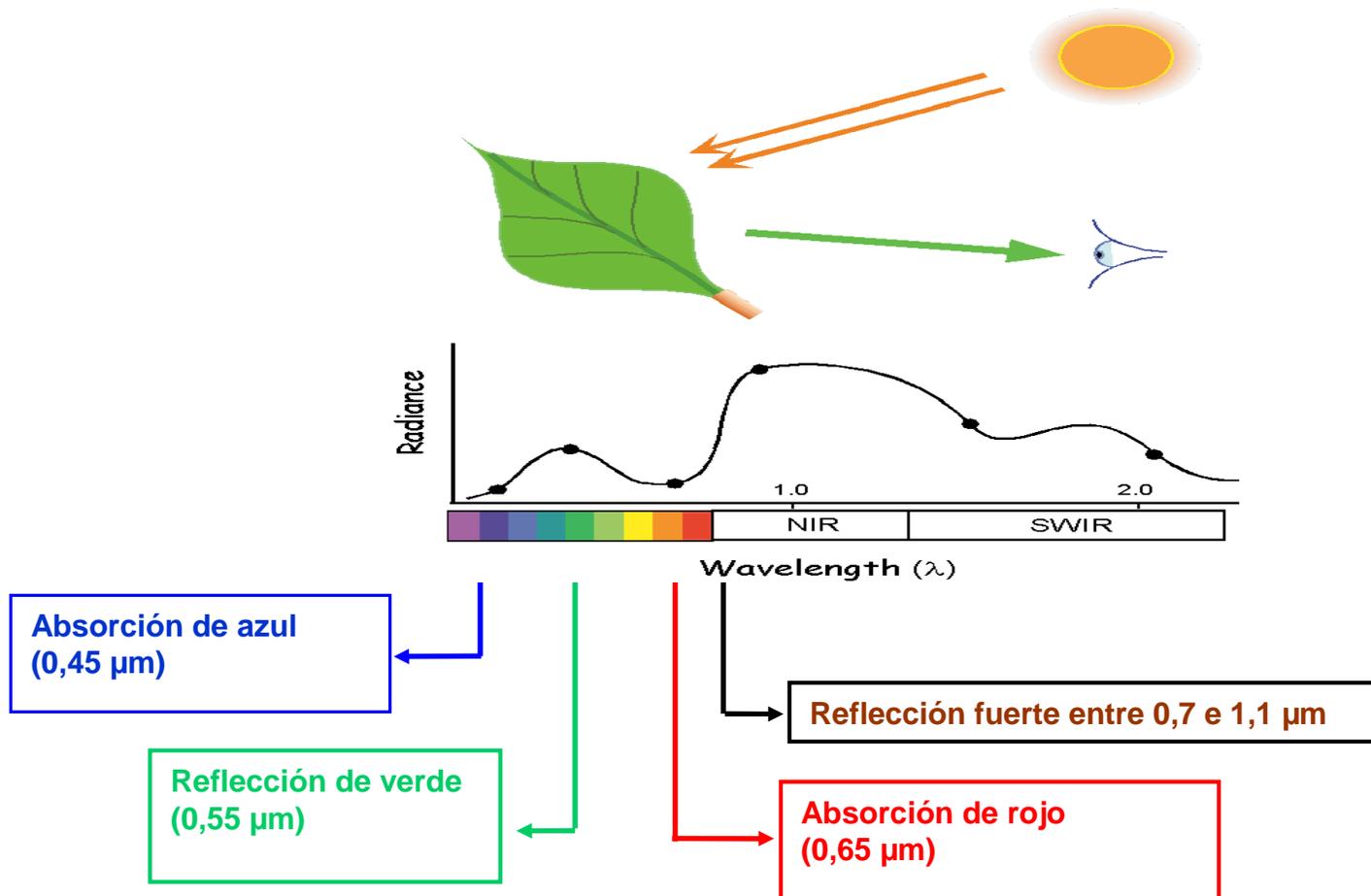


Índices de Vegetación y Transformación Tasseled Cap

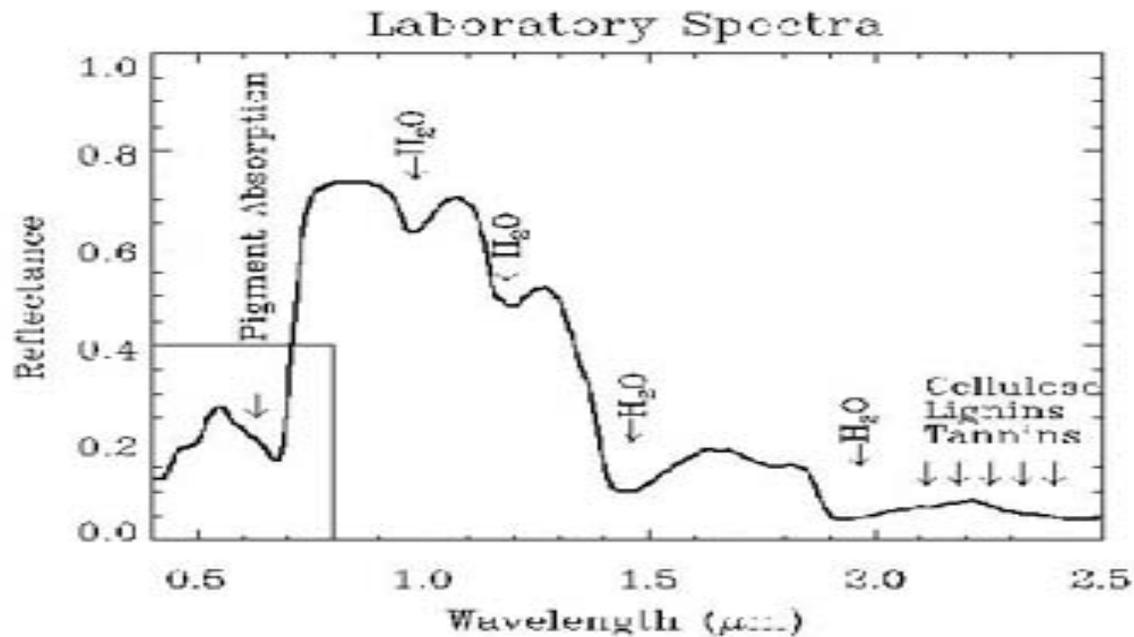
Espectro electromagnético



Características espectrales de la vegetación



Reflectancia en función de la longitud de onda: Firma espectral

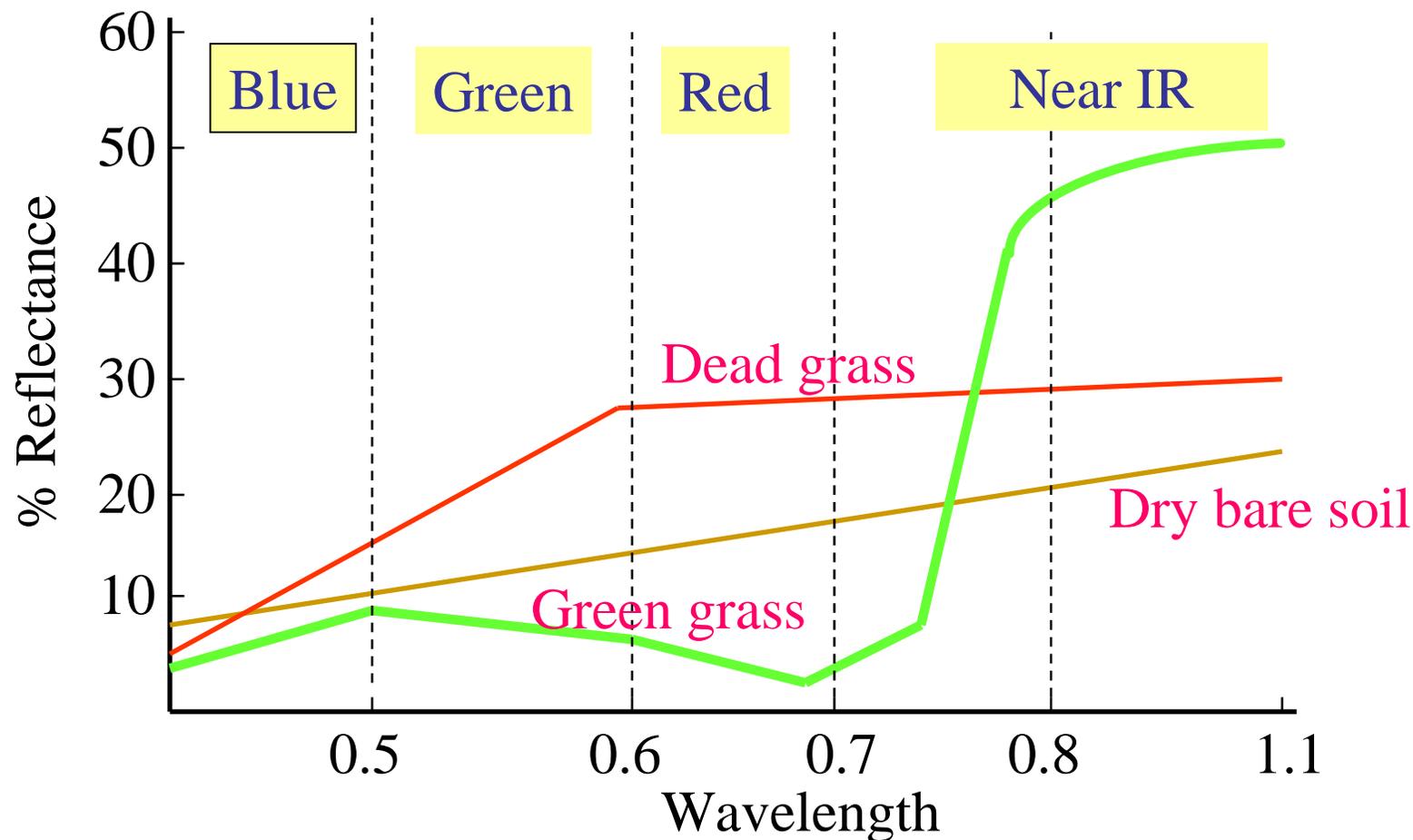


Espectro típico de vegetación verde (Vegindex, 1997). Los pigmentos de planta tales como la clorofila absorben fuertemente la luz en el visible, y el agua en las hojas absorbe mucho la radiación en longitudes de onda más larga que 1.4 μm . Esto contrasta con la fuerte reflectancia en el cercano infrarrojo en el región que va desde 0.75 μm hasta aproximadamente 1.4 μm .

Firmas espectrales en el visible e infrarrojo cercano de la vegetación verde y seca y del suelo.

Nótese la diferencia entre las reflexiones en las bandas del rojo y del infrarrojo, en el caso de la vegetación verde. La vegetación sana ofrece baja reflectividad en la banda roja y alta en el infrarrojo cercano.

Bajos valores de reflectancia en NIR pueden indicar vegetación enferma o falta de agua.



Reflectancia de los suelos

- Las características del suelo que afectan la reflectancia espectral son básicamente las siguientes:
 1. Color
 2. Rugosidad (disminuye la reflectancia)
 3. Contenido de agua (disminuye la reflectancia)

Índices de vegetación

Existen varios índices de vegetación. La mayoría de ellos usan una combinación de las bandas del rojo e infrarrojo cercano.

El más usado: Normalized Difference Vegetation Index NDVI (IVN en español)
(Rouse et al, 1974)

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

- Los valores del índice varían entre -1 y 1,
- Áreas densamente vegetadas tienen NDVI altos (NIR >> red)
- El agua tiene NDVI cercano a cero, generalmente negativo (red ~ NIR)
- Las rocas, el suelo seco y la vegetación seca tienen NDVI positivos cercanos a cero (red ~ NIR)

Índices NDVI en uso derivados a partir de imágenes en alta resolución LANDSAT Y SPOT (satélites de recursos naturales)

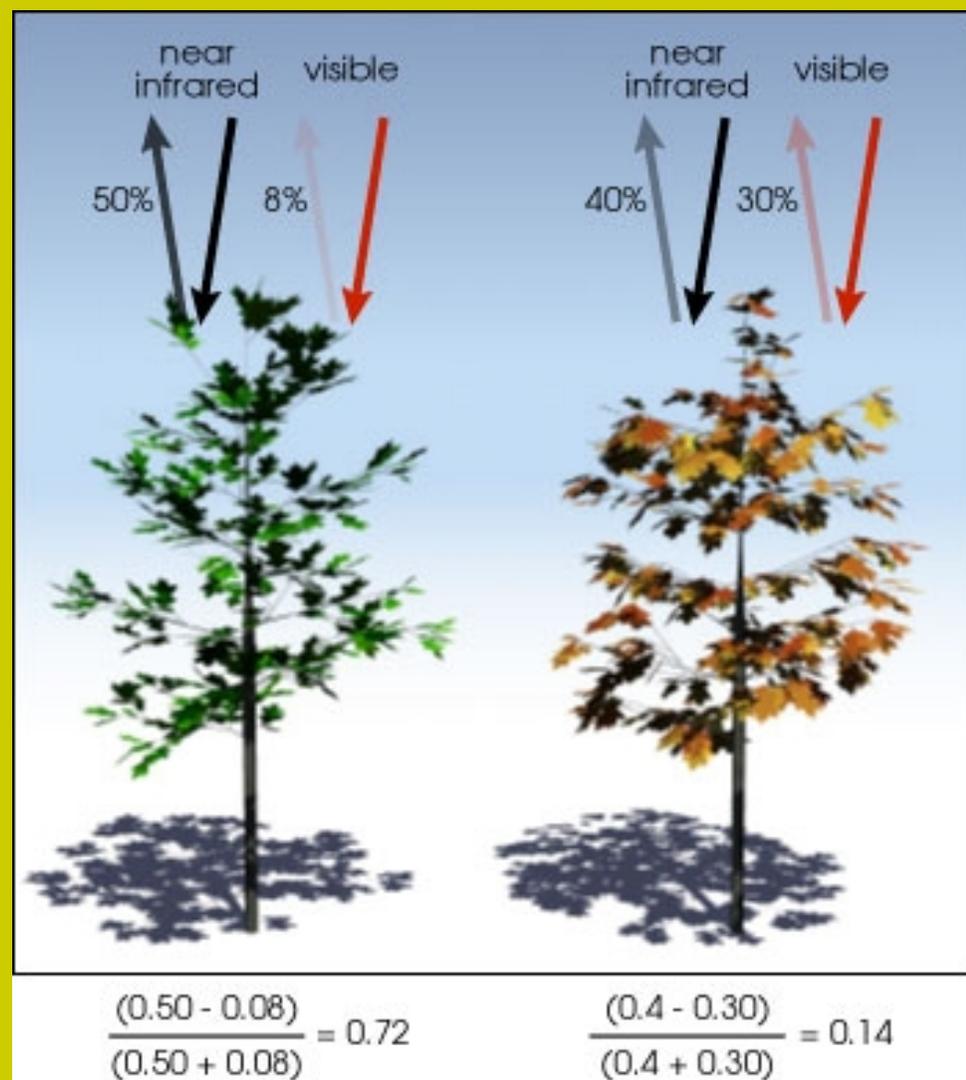
$$\text{NDVI}_{\text{TM}} = \frac{\text{TM 4} - \text{TM 3}}{\text{TM 4} + \text{TM 3}}$$

TM3 = 0.63 a 0.75 μm

TM4 = 0.76 a 0.90 μm

$$\text{NDVI}_{\text{SPOT}} = \frac{\text{XS 3} - \text{XS 2}}{\text{XS 3} + \text{XS 2}}$$

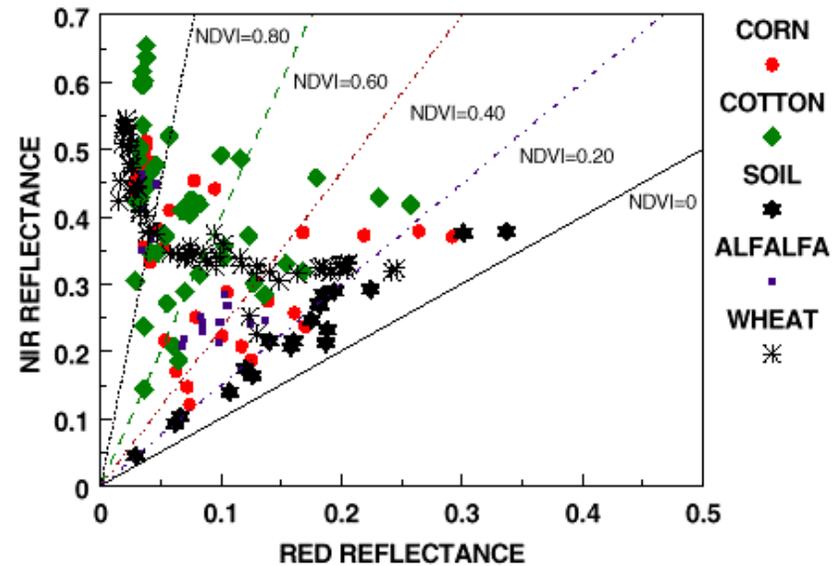
Ejemplo de diferenciación entre vegetación sana y enferma



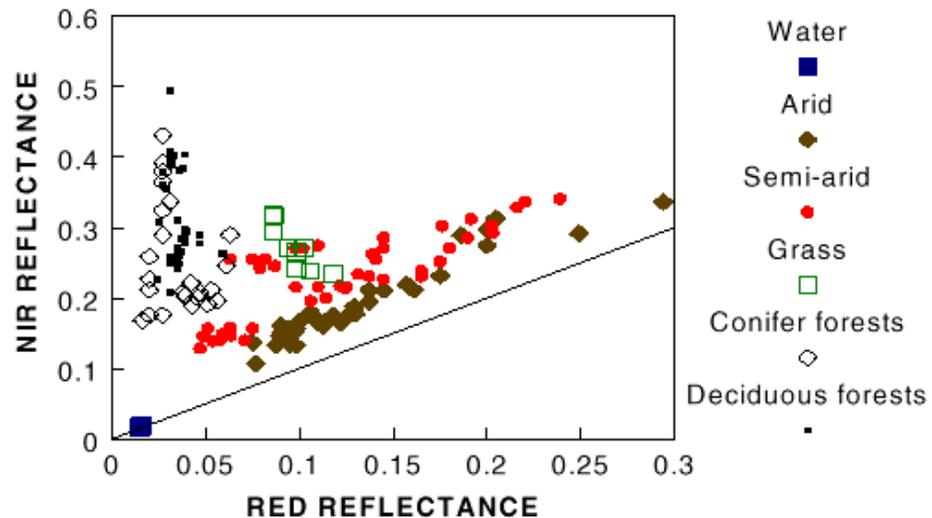
NDVI →

Arriba: Espectro de reflectancia mostrando la evolución temporal en el espacio red-NIR para distintos cultivos agrícolas

Abajo: Espectro de reflectancia para distintos tipos de cobertura



Cloud of reflectance points in NIR-red waveband space for agricultural crops observed throughout the growing season.



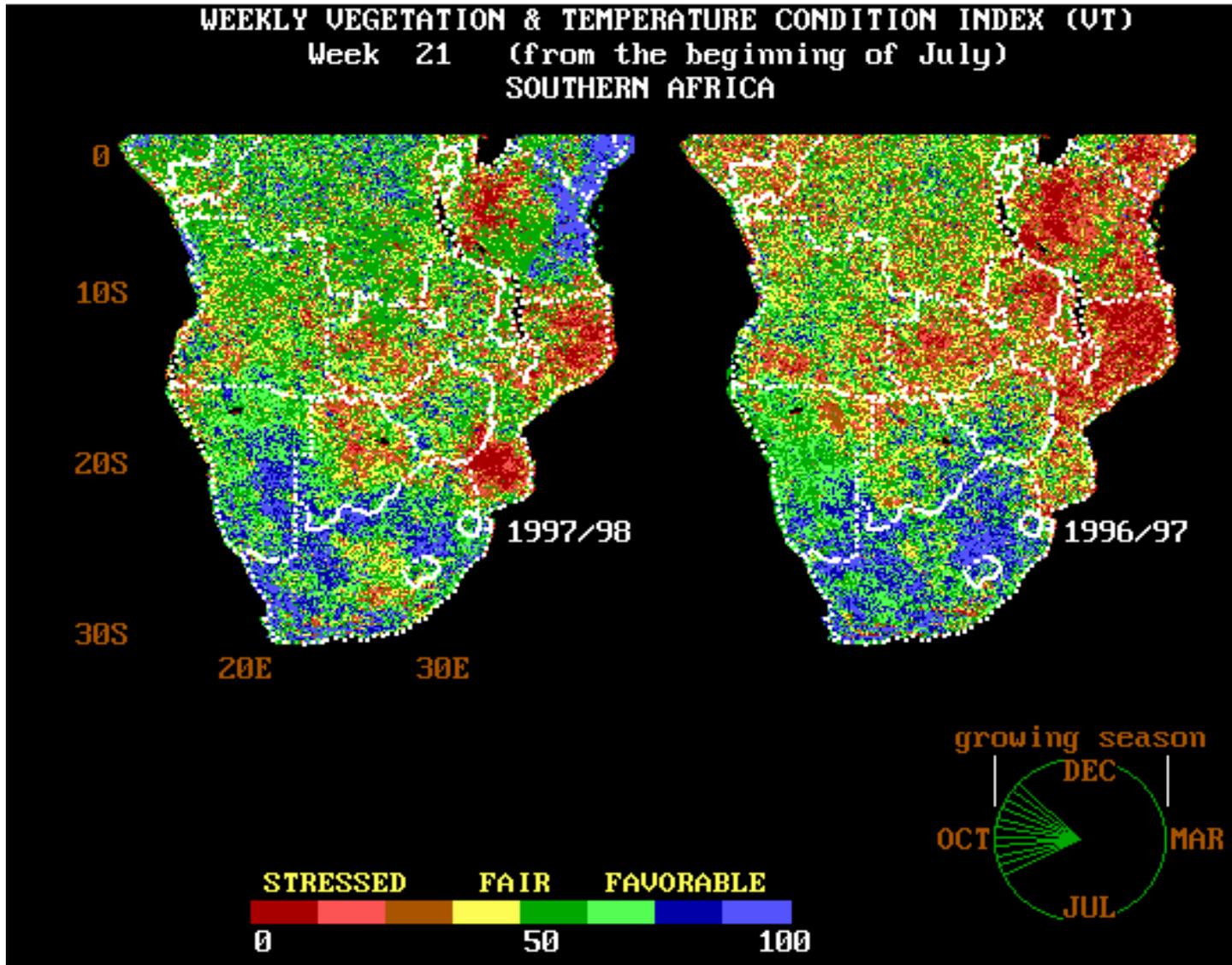
Reflectance spectra from Landsat TM 5 plotted in red-NIR space for a wide range of land surface cover types.

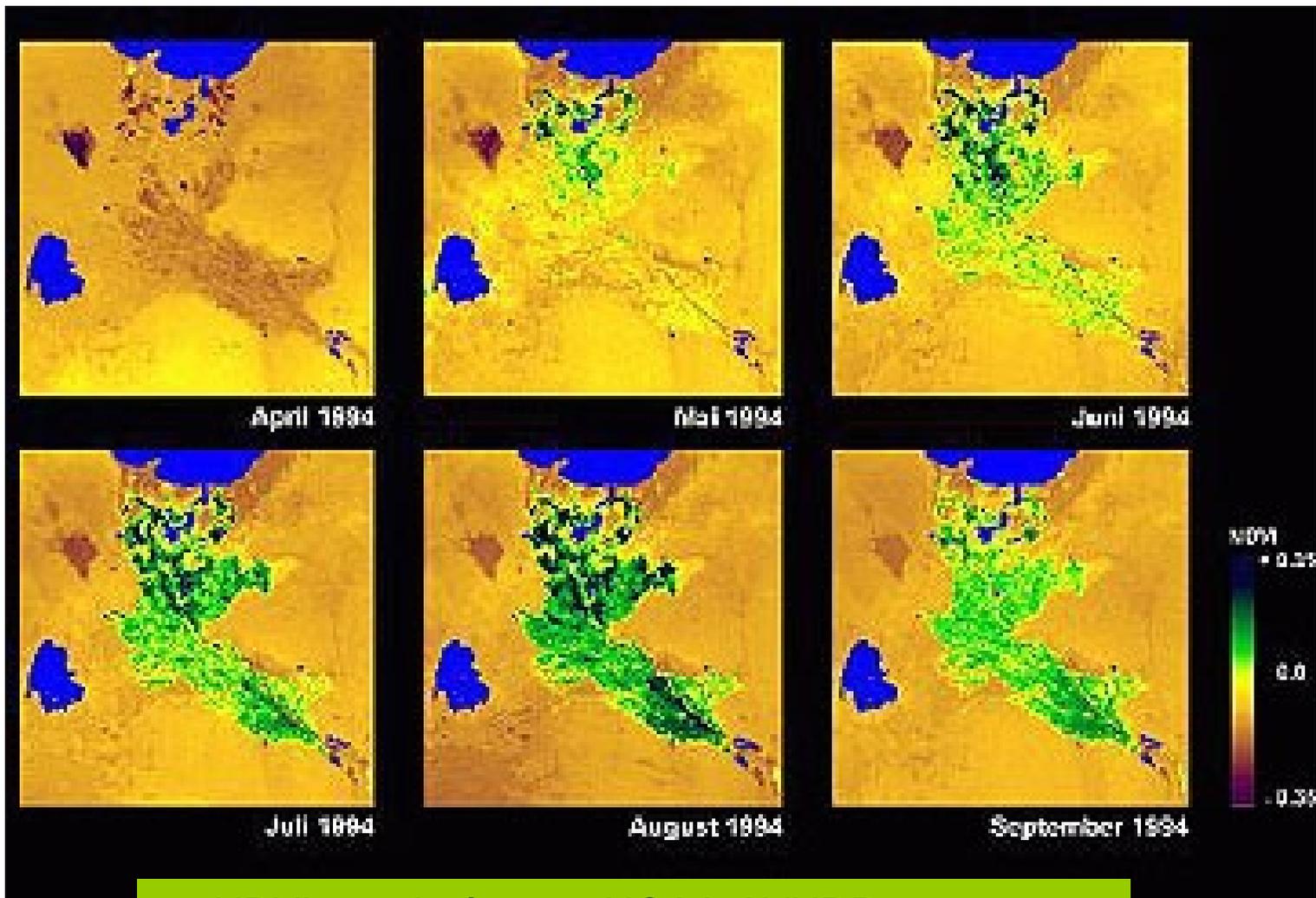
Algunas ventajas del NDVI

- Con respecto al índice Ratio Vegetation Index (RVI, Jordan 1966) ($RVI = NIR/RED$), NDVI reduce los efectos del cambio del albedo al pasar de una imagen a otra. Esto se logra por medio de la normalización (división por $(NIR + RED)$).
- Utilizado en numerosos estudios a escala regional por su estrecha relación con parámetros de vegetación como el *Índice de Área Foliar* (Leaf Area Index, LAI), la *productividad neta primaria* y la *biomasa*.
- El NDVI es estable como para permitir comparaciones significativas de cambios estacionales e interanuales del crecimiento y la actividad de la vegetación.

NDVI con sensor NOAA-AVHRR

NIR = 0.73 a 1.10 μm (canal 2) RED = 0.58 a 0.68 μm (canal 1)





NDVI con imágenes NOAA-AVHRR para una región agrícola durante el ciclo de crecimiento de un cultivo

Ventajas operativas de los índices de vegetación

1. Simplicidad de implementación.
2. Bajo costo computacional.
3. Reducción en el volumen de datos original.
4. Rápida estimación con un Software de imágenes apropiado

Desventajas de un índice de vegetación clásico

1. Sensibilidad frente a otros elementos variables (p.ej., dispersión por aerosol atmosférico, cambio en el resplandor del suelo según su humedad).
2. Sensibilidad frente a las condiciones geométricas de iluminación y de observación, así como a la anisotropía particular del sistema observado.
3. Sensibilidad frente al sensor particular usado.
4. No es una magnitud geofísica medible *in situ*.
5. No tiene un significado claro y único, depende de varios factores. Uno de ellos es el porcentaje de suelo descubierto.

¿Cuándo es adecuado o útil un índice de vegetación?

- Cuando es necesario un *indicador preliminar* de la presencia de plantas vivas verdes, o una *estimación aproximada* de cobertura de vegetación.
- Cuando hay que procesar grandes cantidades de datos en poco tiempo o a bajo costo.

¿Cuándo puede conducir a estimaciones erróneas?

- Cuando se requiere una *estimación cuantitativa precisa* de una característica o propiedad de la vegetación.

Índice optimizado: Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

Huete (1988) sugirió un nuevo índice de vegetación diseñado para reducir el efecto del fondo de suelo que hace bajar el NDVI. Se llama “índice de vegetación ajustado al suelo” (SAVI); incorpora un *factor de ajuste de suelo* (*L*) en la forma básica del NDVI. Este índice de vegetación toma la forma:

$$\text{SAVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + \text{RED} + L)} (1 + L)$$

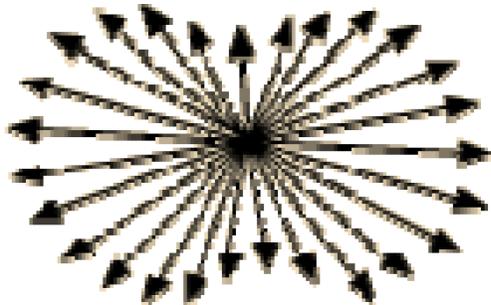
El resultado neto es un NDVI con un origen que no está en el punto (0,0) del plano de reflectancias RED y NIR. Para vegetación densa $L=0$, y para vegetación rala $L=1$. Para coberturas de vegetación intermedia $L=0.5$, *siendo éste el valor mas extensamente usado en cultivos.*

El rango del SAVI es idéntico al del NDVI (-1.0 - 1.0).

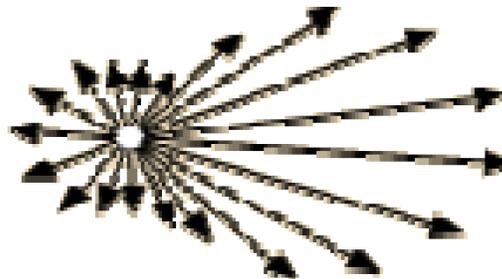
Dispersión en la atmósfera por gases y aerosoles pequeños

Diámetro de partículas $D \ll \lambda$	Diámetro de partículas del mismo orden que λ
Dispersión Rayleigh	Dispersión Mie
Direccionalidad: $(1 + \cos^2 \alpha)$	Dispersión preferente hacia adelante
Dispersión estable por moléculas de oxígeno y nitrógeno	Dispersión variable debida a la distribución de tamaños de los aerosoles

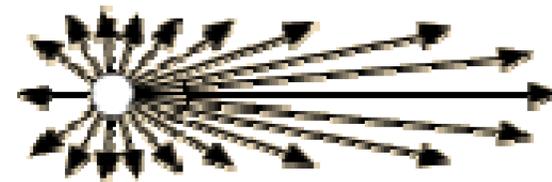
Rayleigh



Mie con $D \sim \lambda$

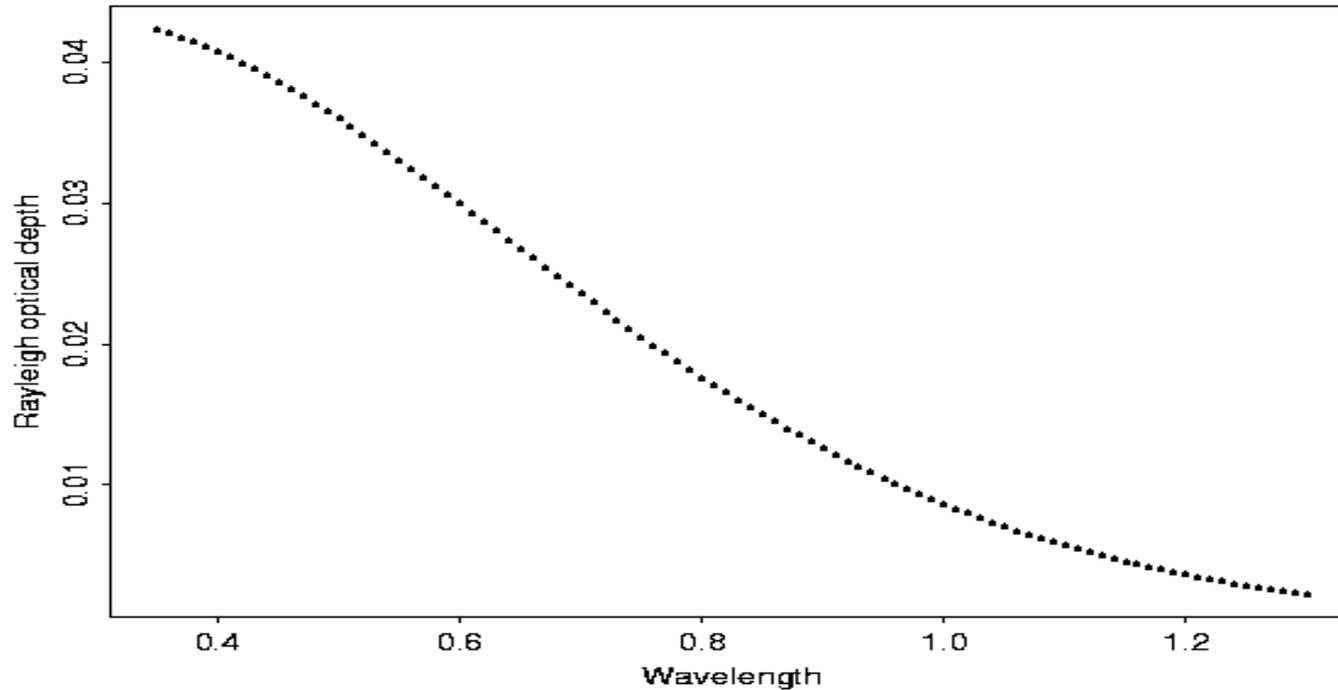


Mie con $D > \lambda$



Dirección de la radiación incidente

Dispersión Rayleigh: La radiación interactúa con partículas de tamaño mucho menor ($\lambda \gg D$).



El grado de dispersión es inversamente proporcional a la longitud de onda. Por lo tanto, la dispersión Rayleigh de la radiación en el visible (luz) por parte de las moléculas del aire (principalmente O_2 y N_2) decrece con la longitud de onda. Es mayor en los azules, por eso el cielo se ve azul.

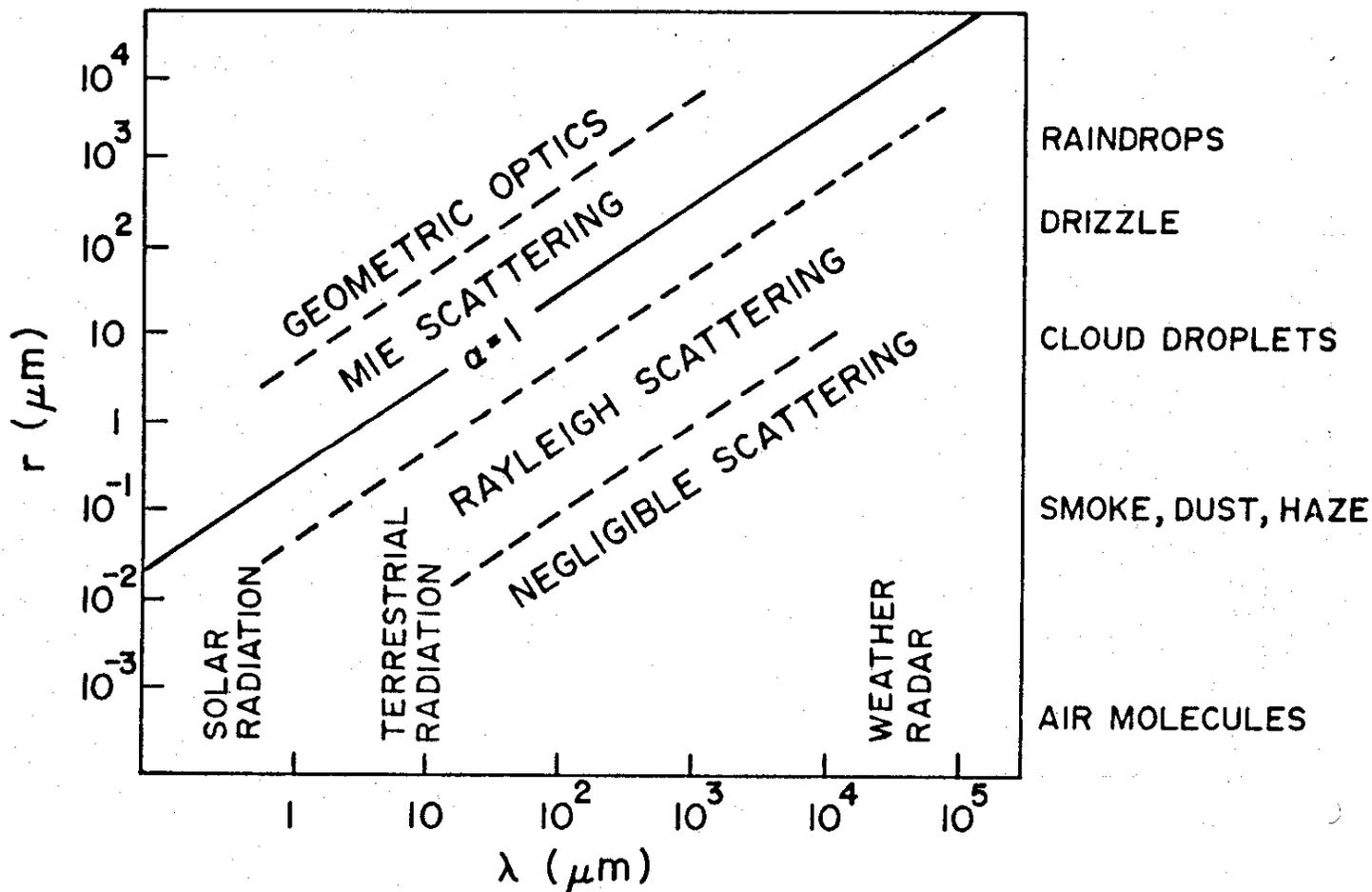
Dispersión Mie

La dispersión Mie ocurre cuando interactúan partículas con tamaños del mismo orden que la longitud de onda. Por ejemplo, las moléculas de vapor de agua y las partículas finas de polvo dispersan preferentemente la radiación en la banda del rojo. Como el polvo y el vapor se concentran en los niveles bajos, cuando la luz incide desde el horizonte (atardeceres) dispersa el rojo y así se obtiene el color rojizo característico.

Dispersión no selectiva en la atmósfera por aerosoles grandes, hielo / agua de nube e hidrometeoros

La dispersión no selectiva ocurre cuando $D \gg \lambda$. Entonces se dispersan por igual las ondas de todas las longitudes. Esto causa que las gotas de agua (nubes y niebla) se vean blancas.

Figura 3.5a: Parámetro adimensional como una función de la radiación incidente y el radio de las partículas.



Parámetro adimensional $\alpha = 2 r / \lambda$. Es una medida del tamaño de la partícula en comparación con la longitud de onda de la radiación incidente.

Índice optimizado: Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)

A fin de minimizar el efecto de la dispersión de la luz por el aerosol atmosférico y el humo (cambiantes en el tiempo), Kaufman y Tanré (1992) propusieron usar una combinación lineal entre RED y BLUE en lugar de RED en la fórmula del NDVI. Cuando hay mayor concentración de partículas en la atmósfera, la dispersión en el visible aumenta y lo hace más en el azul que en el rojo. Para disminuir este efecto distorsivo se usa el ARVI:

$$\text{ARVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RB})}{(\text{NIR} + \text{RB})} ; \quad \text{RB} = \text{RED} - C (\text{BLUE} - \text{RED})$$

C es un coeficiente de calibración que depende del sensor y canales usados.

Posteriormente los mismos autores propusieron el SARVI (Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index) incorporando el término de corrección del suelo (L) tal como aparece en el SAVI.

Índice optimizado: **Enhanced Vegetation Index (EVI)**

La NASA desarrolló para su sensor **MODIS** un llamado Índice de Vegetación Realzado o Enhanced Vegetation Index (EVI) - que mejora la calidad del producto NDVI.

El EVI es calculado de modo similar al NDVI, y está corregido para disminuir algunas distorsiones en la luz reflejada causadas por las partículas en el aire y por el suelo en los claros que deja la vegetación.

El EVI discrimina mejor que el NDVI sobre las selvas tropicales y otras áreas con grandes cantidades de clorofila.

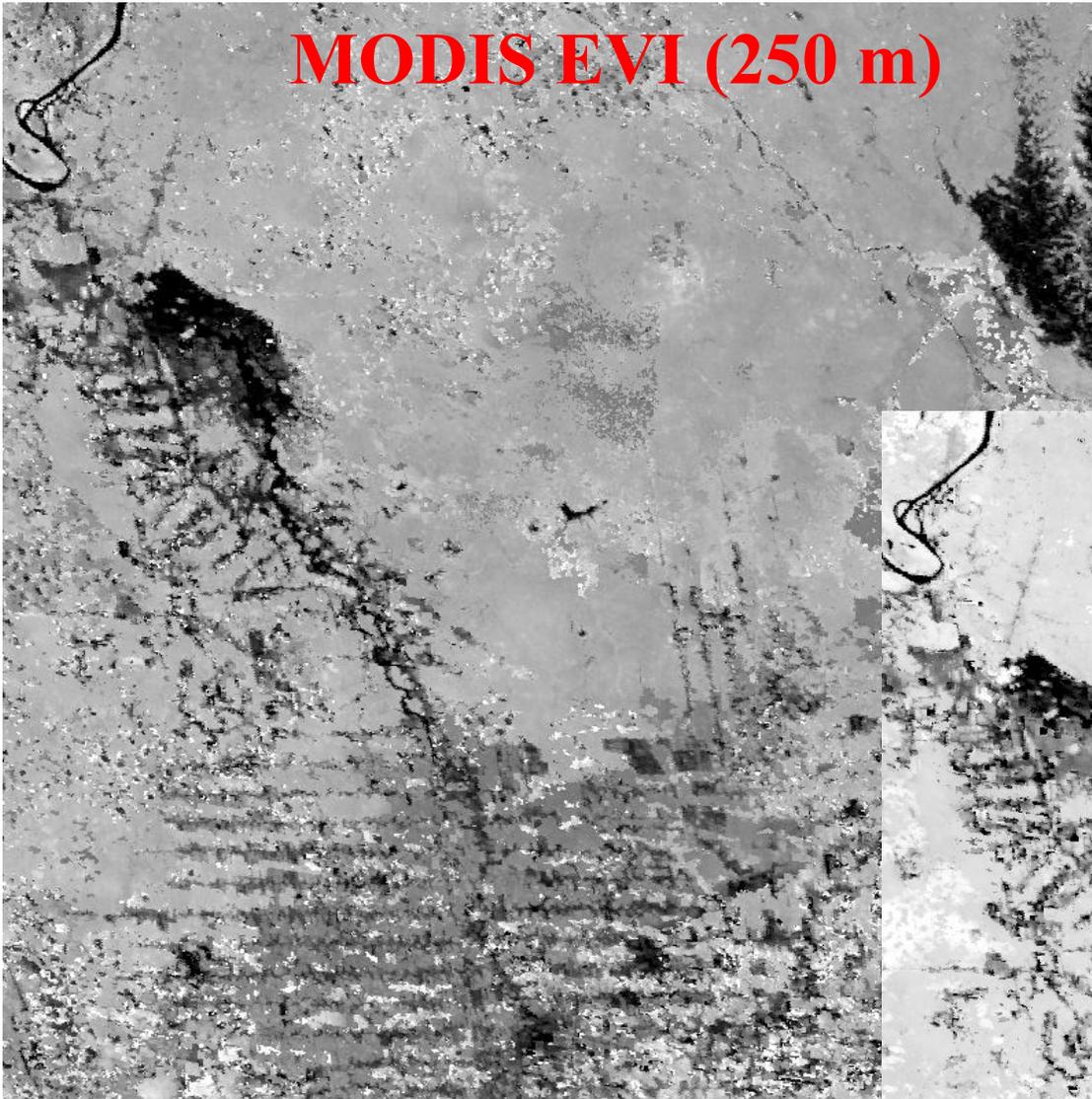
$$\text{EVI} = G * (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{L} + \text{NIR} + \text{C1 RED} - \text{C2 BLUE})$$

G= 2.5

L: coeficiente de corrección por reflexión desde el suelo (0 para vegetación densa, 0.5 para cobertura intermedia, y 1 para vegetación rala)

C1, C2: coeficientes ajustados para minimizar la influencia de la dispersión causada por el aerosol atmosférico. Los valores usados son: C1=6.0 y C2=7.5

MODIS EVI (250 m)



MODIS NDVI (250 m)



Land-Use Discrimination in the Amazon

Increased Sensitivity of the EVI

MODLAND/Huete et al

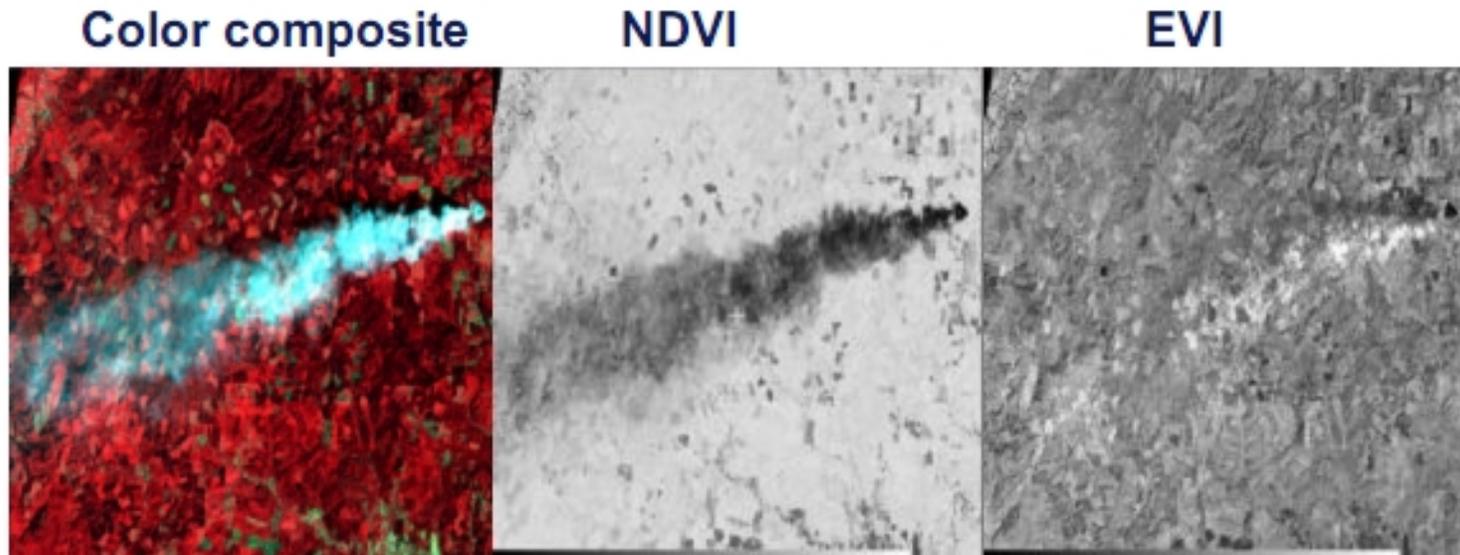


Figure 3.1.9: Landsat color composite and NDVI and EVI over a vegetated area with a smoke plume.

¿Cómo elegir el índice de vegetación más apropiado?

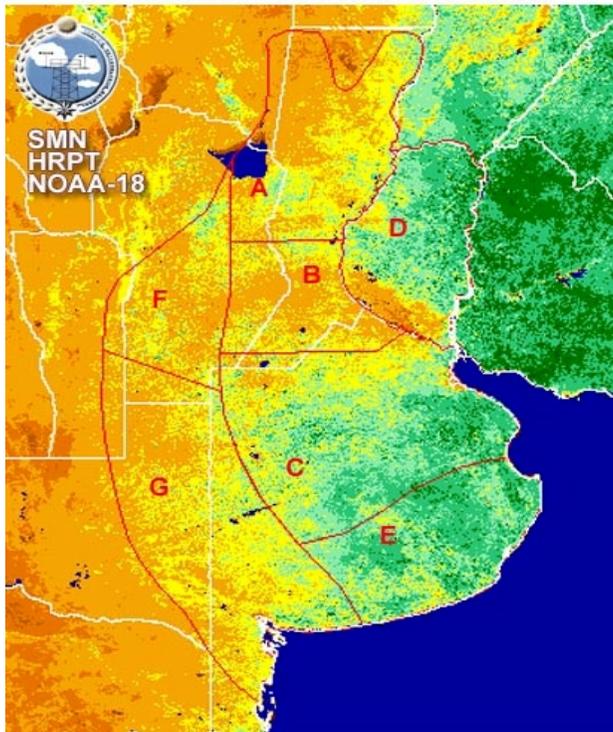
Suponiendo que la aproximación del índice de vegetación es correcta, la selección de un índice apropiado para un uso particular *depende de las necesidades específicas* (**qué se quiere saber?**) y *de los datos de observación disponibles* (**qué sensor puede ser usado?**) .

Los Índices de Vegetación Optimizados son diseñados para dar la mejor estimación usando datos de un instrumento específico. Los usuarios deberían seleccionar el IV que proporcionará la información deseada sobre la base de los datos disponibles.

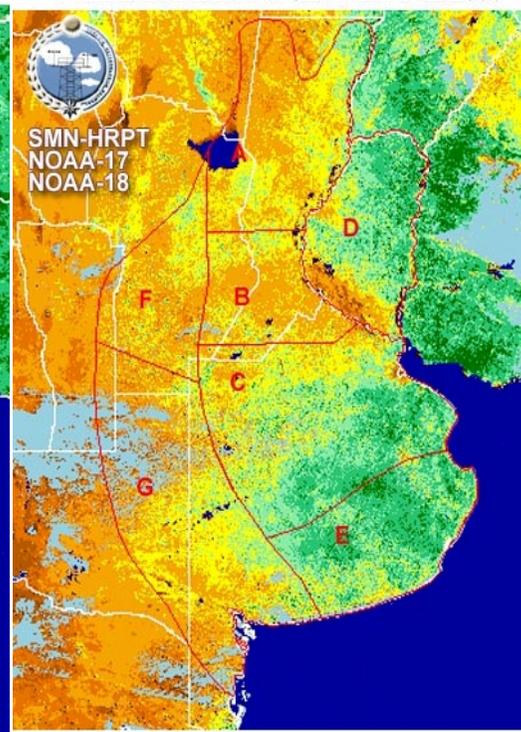
EXPERIENCIA SMN - ARGENTINA

Secuencia de décadas mensuales de IVN (NDVI)

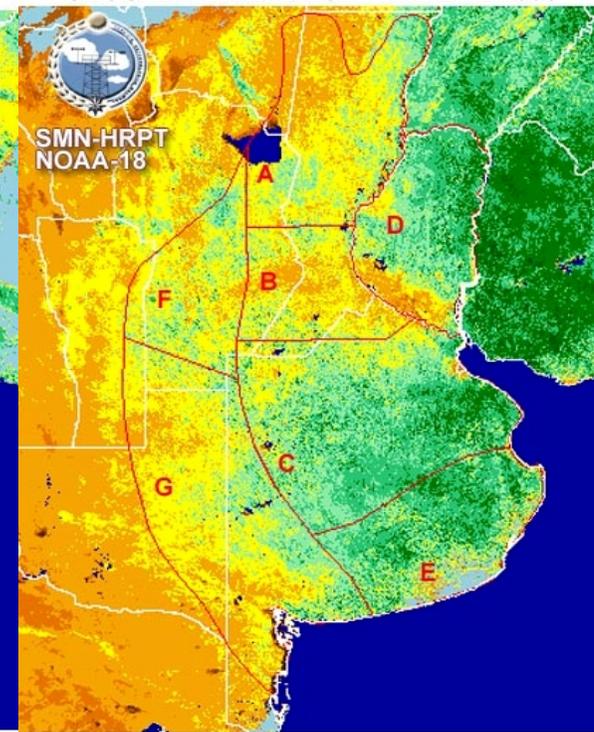
TERCERA DECADA AGOSTO 2008



PRIMERA DECADA SEPTIEMBRE 2008

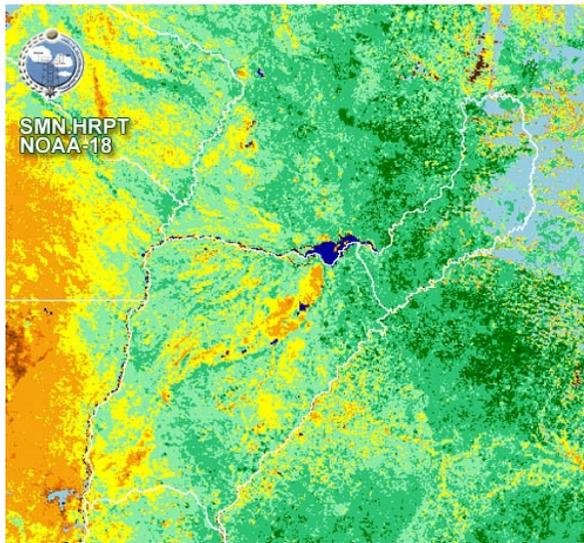


SEGUNDA DECADA SEPTIEMBRE 2008



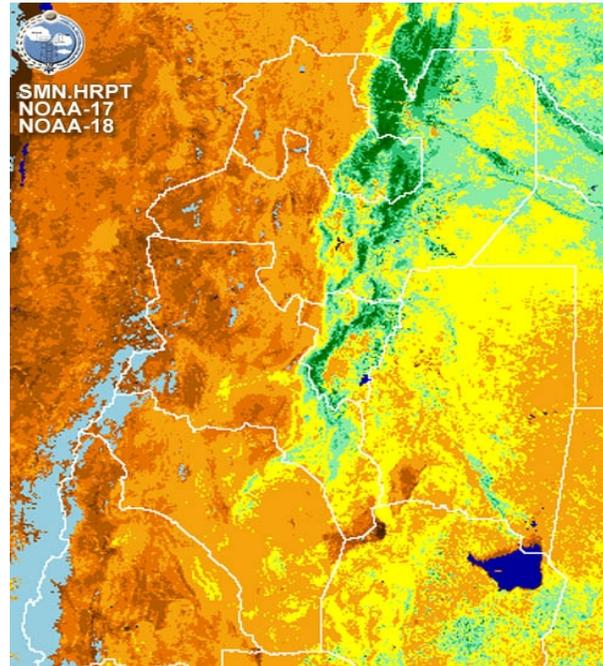
NDVI de diferentes regiones

NDVI
Misiones y Corrientes
Máxima Agosto 2008



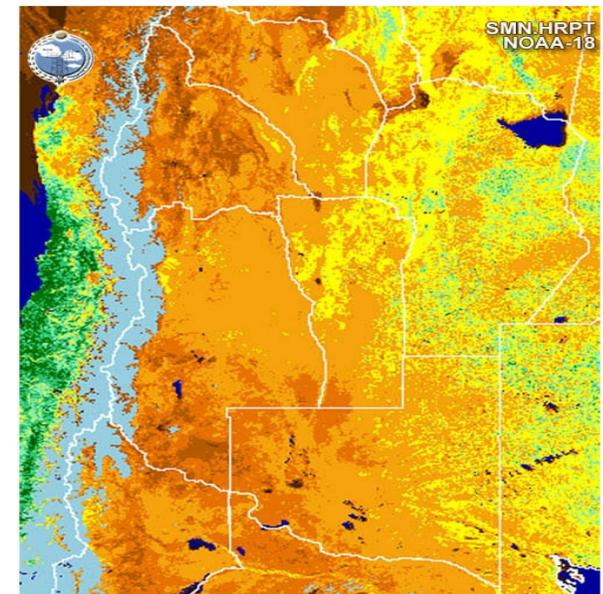
PROCESADO EN LA ESTACION RECEPTORA DE INFORMACION SATELITAL EN ALTA RESOLUCION

NDVI
Jujuy, Salta, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero y La Rioja
Máxima Agosto 2008



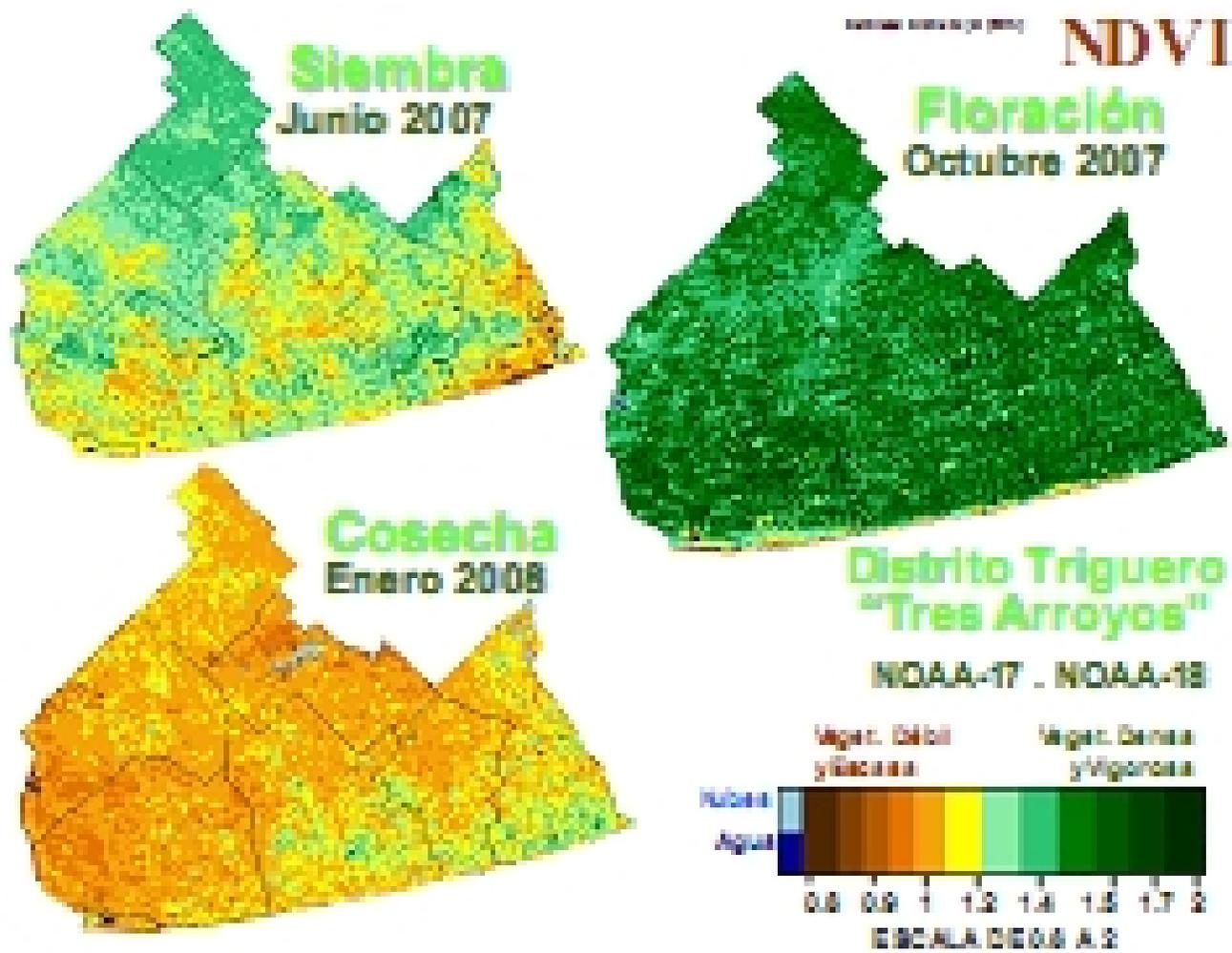
PROCESADO EN LA ESTACION RECEPTORA DE INFORMACION SATELITAL EN ALTA RESOLUCION

NDVI
San Juan, Mendoza, San Luis y La Pampa
Máxima Agosto 2008



PROCESADO EN LA ESTACION RECEPTORA DE INFORMACION SATELITAL EN ALTA RESOLUCION

Gentileza: Gloria Pujol (SMN)



Gentileza G. Pujol