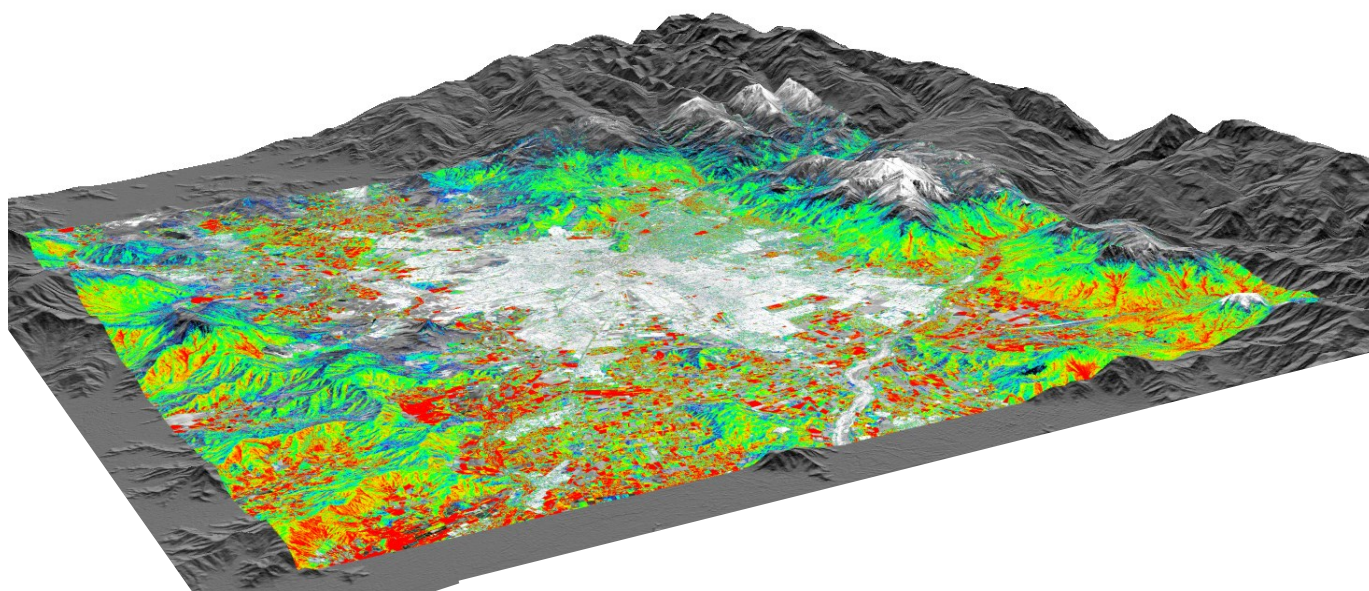


Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación



Autor:
Pedro Muñoz Aguayo
Geógrafo
Centro de Información de Recursos Naturales
Abril 2013

Índices de vegetación.

La cobertura vegetal fue uno de los primeros focos de la investigación de la evaluación y manejo de recursos naturales, usando imágenes de satélite, especialmente a partir del lanzamiento de la serie LANDSAT en 1972. Los sistemas satelitales de observación de la Tierra, LANDSAT, SPOT y NOAA entre otros, ofrecen imágenes multitemporales que son usadas ampliamente, para evaluar y monitorear el estado de la vegetación, en los niveles global, regional, nacional y local.

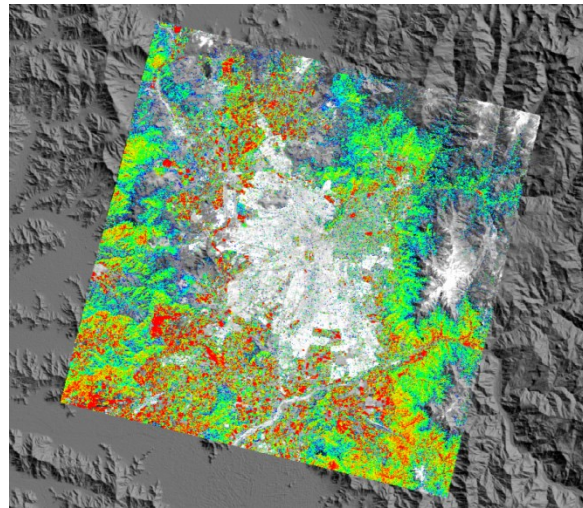
Para lograr esto, la información satelital entregada a través de una imagen multibanda, debe ser categorizada y agrupada, para permitir discriminar un área con características particulares de otra. Una forma de expresar esta categorización o agrupamiento es mediante la elaboración de índices.

Al hablar de índices nos referimos a un conjunto de operaciones algebraicas efectuadas sobre los valores numéricos de los píxeles, usando dos o más bandas pertenecientes a la misma escena.

Un Índice de Vegetación, puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y que es particularmente sensible a la cubierta vegetal (Gilabert et al, 1997). También, corresponde a un número generado por alguna combinación de bandas espectrales y que puede tener alguna relación con la cantidad de la vegetación presente en un píxel dado. Estos índices, son utilizados para mejorar la discriminación entre el suelo y la vegetación, reduciendo el efecto del relieve en la caracterización espectral de las diferentes cubiertas.

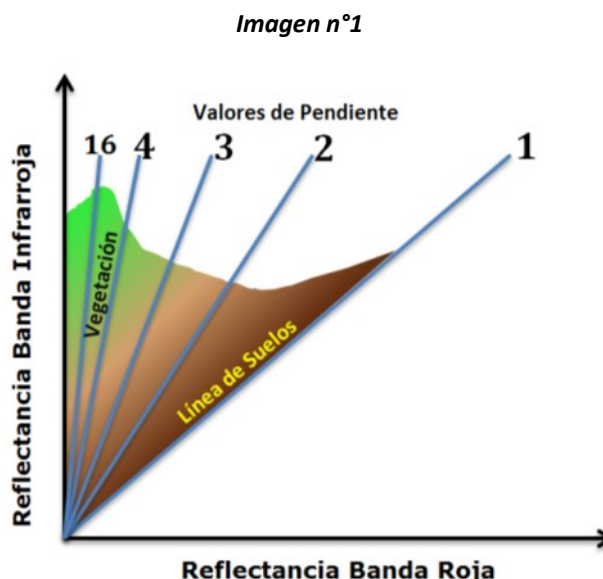
Los valores bajos de los índices de vegetación, usualmente indican vegetación poco vigorosa, mientras que los valores altos, indican vegetación muy vigorosa. Sin embargo, en algunos casos (como los índices RVI y NRVI) el valor del índice de vegetación es inversamente proporcional a la cantidad de vegetación presente en el área, por lo que se recomienda documentarse sobre este punto, al momento de interpretar alguno de ellos.

Es importante recalcar que, el mejor índice a ser usado en un ambiente particular, debe ser calibrado con mediciones en terreno. De no haber mediciones disponibles, esas imágenes de índices, solo serán indicadores útiles de la cantidad relativa de vegetación presente.



Índices basados en la pendiente:

Estos, usan el cociente de la reflectancia de una banda con otra, (usualmente rojo e IR cercano, debido al alto contraste o diferencia en la reflectancia, que presenta la clorofila¹ en ambas bandas). El término 'basado en la pendiente' se refiere a que, al analizar los valores resultantes del índice de vegetación, se comparan esencialmente las pendientes de las líneas que pasan a través del origen y de los píxeles representados en un gráfico, con la reflectancia de una banda en el eje de las X y la reflectancia de la otra en el eje Y. (ver imagen n°1)



Este gráfico, muestra las líneas que convergen en el origen y que representan diversas concentraciones de vegetación o niveles de vigor de la misma. La línea que representa el suelo es muy importante, como se verá más adelante. Este diagrama, grafica en el eje X los valores de reflectancia de la banda roja y el eje Y los valores de la banda infrarroja. En la medida que los valores se alejan de la línea de suelos, los valores graficados, corresponden cada vez más vegetación (Imagen n°2 y n°3).

En la siguiente tabla, se exponen diversos índices basados en la pendiente.

Nombre del Índice	Fórmula	Características	Autor y año
NDVI Diferencia normalizada	$NDVI = (NIR - RED) / NIR + RED$	Minimiza efectos topográficos y produce escala lineal de medición. La escala va de -1 a 1 con el valor cero representando el valor aproximado donde empieza la ausencia de vegetación. Los valores negativos representan superficies sin vegetación. La normalización que realiza, reduce el efecto de la degradación de calibración del sensor y la influencia de los efectos atmosféricos. Gran sencillez matemática.	Rouse et al. 1974
TVI Transformado	$TM = \sqrt{\left(\frac{NIR - RED}{NIR + RED}\right)} + 0.5$	0,5 evita valores negativos. La raíz cuadrada, intenta corregir los valores que se aproximan a una distribución de Poisson e introduce una distribución normal. No elimina todos los valores negativos.	Autor no encontrado
TTVI			

¹ Clorofila: La clorofila *a* se encuentra en todos los casos, vinculada al centro activo de los complejos moleculares, llamados fotosistemas, que absorben la luz durante la fotosíntesis.

Transformada de Thiam	$TTVI = (ABS(NDVI + 0.50))^{0.5}$	Corrige la sobreestimación del verde del TVI.	Thiam
RVI ² Cociente simple	$RVI = NIR / RED$	Poco sensible a las condiciones de iluminación, pero mucho a las propiedades ópticas de la tierra.	Pearson y Miller 1972
NRVI ³ Cociente simple normalizado	$NRVI = RVI - 1/RVI + 1$	El resultado del NRVI es normalizado. Es similar al NDVI, reduce los efectos de la topografía, la iluminación y los efectos atmosféricos, además de crear una distribución normal estadísticamente deseable.	Perry y Lautenschlager 1984
NDWI Diferencial de agua normalizado	$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$ NIR = Infrarrojo Cercano SWIR = Infrarrojo medio (B5 Landsat o B4 Spot 5)	Este índice se utiliza para medir la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo. Los valores que se obtienen oscilan entre -1 y 1, para las zonas con menos humedad.	Clevers (1988).

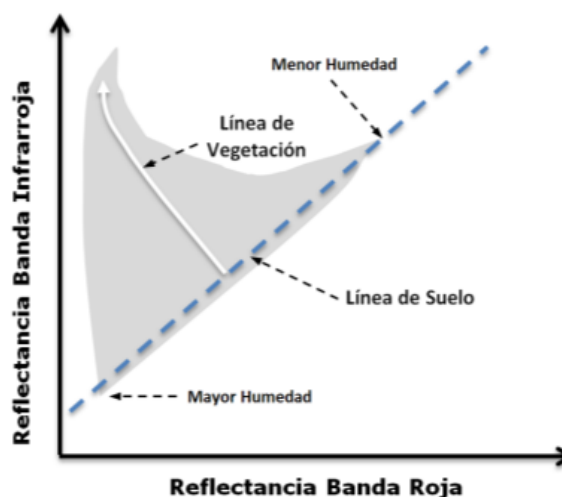
NDVI:

El Índice de Vegetación Diferencial Normalizado, es el más conocido de todos, y es el más utilizado para todo tipo de aplicaciones. La razón fundamental su sencillez de cálculo y disponer de un rango de variación fijo (entre -1 y +1), lo que permite establecer umbrales y comparar imágenes.

- Valores muy bajos de NDVI, del orden de 0.1, corresponden a áreas rocosas, arenosas o nevadas.
- Valores de 0.2 a 0.3 pueden corresponder a áreas pobres con arbustos o pasturas naturales.

A partir de estos valores tendremos los niveles correspondientes a praderas, cultivos, forestaciones etc. dependiendo el valor alcanzado.

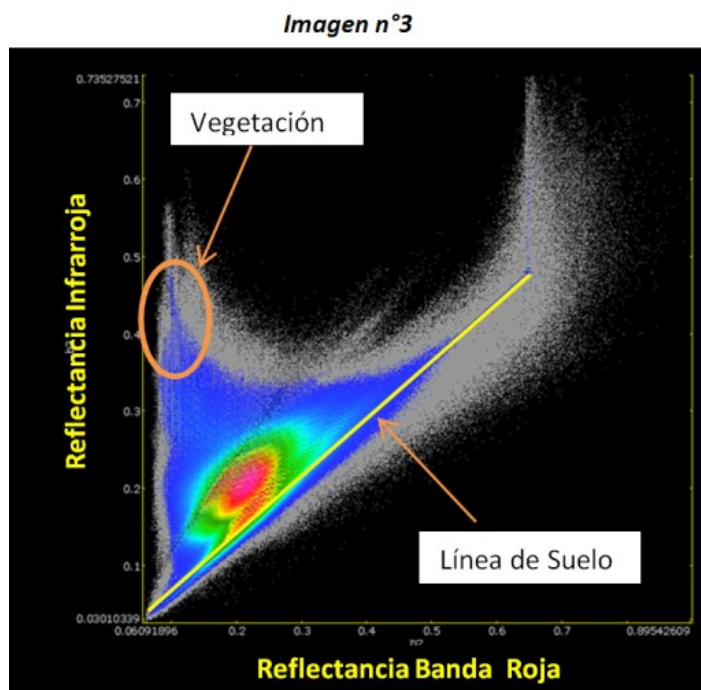
Imagen n°2



² Ratio vegetation index

³ Normalized ratio vegetation index

Sin embargo, tiene el inconveniente de ser sensible a la reflectividad del suelo sobre el que se sitúa la planta, lo que limita su potencial de discriminación. Por ejemplo, en una zona con baja densidad de vegetación, la reflectividad de un pixel en la banda infrarroja y en la banda roja, vendrían determinados fundamentalmente por el suelo, con una pequeña variación debida a la presencia de vegetación. El resultado, es que un índice de vegetación de esa zona, daría resultados muy similares a los del suelo desnudo y sería imposible detectar la presencia de vegetación. De hecho, este problema es bastante grave cuando la cubierta vegetal es menor del 50%, lo que ocurre bastante a menudo, incluso en zonas cultivadas, siendo su uso poco aconsejable en esas condiciones. (más adelante se expone un ejemplo aplicado).



Para resolver este problema y poder estudiar la vegetación, incluso en zonas de baja densidad, se han desarrollado diversos índices de vegetación, que se describen a continuación.

Índices basados en la distancia:

Los valores de reflectancia registrados por el sensor, para cada pixel, constituyen una reflectancia promedio de todos los tipos de coberturas que están dentro de ese pixel. Cuando en zonas áridas y semiáridas la vegetación es dispersa, la reflectancia recibida pertenece tanto a vegetación como suelo. Estos índices, que tratan de separar la información entre la vegetación y el suelo, se basan en el uso de una línea del suelo y las distancias desde ella. (*imagen n°4*).

Una línea de suelo, es una ecuación lineal que describe la relación entre los valores de reflectancia de la banda roja e infrarrojo cercano para los pixeles que

representan suelo. Esta línea se genera ajustando una regresión lineal entre la banda roja e IR cercano para una muestra de pixeles de suelo desnudo.

Otra forma de hacerlo, es generar un mapa de dispersión entre la banda IR, eje Y y la banda Roja, eje X, como se aprecia en la imagen n°2 y n°3, y trazar la línea que mejor se ajusta a la base de los puntos graficados, representada en amarillo. Con esto se puede obtener la pendiente y la distancia al origen.

Una vez establecida esta relación, todos los pixeles desconocidos que tienen la misma relación en los valores de reflectancia de las bandas roja e infrarroja son asumidos como suelo desnudo. Los que caen lejos de la línea de suelo, porque tienen mayor respuesta de reflectancia en el IR cercano, se consideran vegetación. Aquellos que aparecen lejos de la línea de suelo, porque su reflectancia roja es más alta, se asumen como agua (la respuesta espectral del agua es mayor en el rojo que en el IR).

En la siguiente tabla, se exponen diversos índices basados en la distancia a la línea de suelo.

Nombre del Índice de Vegetación	Fórmula	Características	Autor y año
PVI Perpendicular	$PVI = a \cdot IRC - R + b / (a^2 + 1)^{1/2}$	Usa la distancia perpendicular de cada pixel a la línea del suelo.	Richardson y Wiegand 1974
DVI De diferencia	$DVI = a \cdot IR \text{ cercano} - Rojo$ a = pendiente de la línea de suelo	Un valor de cero indica suelo desnudo, los menores de cero, agua y los mayores de cero, vegetación.	Richardson y Everitt 1992
SAVI De suelo ajustado	$SAVI = [(IRC - R) / (IRC + R + L)] (1 + L)$	Incorpora una constante de suelo, la cual se usa de acuerdo con vegetación de baja, intermedia o alta densidad. Considera la influencia de la luz y del suelo oscuro en el índice.	Huete 1988
TSAVI De suelo ajustado transformado	$TSAVI_1 = \frac{a(NIR - a \cdot RED - b)}{RED + a \cdot NIR - a \cdot b}$ a = pendiente de la línea de suelo b = Intercepto de la línea de suelo	Considera la pendiente y el intercepto de la línea de suelo. Mucho efecto del suelo de fondo. Tiene varias modificaciones de transformaciones.	Baret y Guyot 1991
MSAVI De suelo ajustado, transformado	$MSAVI = SAVI$ $con L = 1 - 2 \cdot s \cdot NDVI \cdot Wdvi$ $s = \text{Pendiente de la línea de suelo}$ $Wdvi = IRC - s \cdot R$	Índice de gama limitada: $-1 < MSAVI < 1$. L no es a priori, sino que calculada. Reduce la incerteza del SAVI $\pm 2.5\%$ a $\pm 1.6\%$. Es similar al Wdvi en la reducción del ruido del suelo, pero sus valores de índice de vegetación son mayores.	Qi, Kerr, Chehbouni, Huete 1994
MSAVI2 2° de suelo ajustado transformado	$MSAVI2 = \frac{(1/2) \cdot (2(NIR+1) - \sqrt{(2 \cdot NIR+1)^2 - 8(NIR-red)})}{2}$ $\wedge 2 = \text{Elevado al cuadrado}$	Es la segunda modificación del SAVI. Es como una repetición del MSAVI que básicamente utiliza procesos iterativos y sustituye el factor L del MSAVI por $1 - MSAVI(n-1)$. En el proceso, se elimina la necesidad de pre calcular Wdvi, NDVI y encontrar la línea de suelo.	Qi et al. 1994
WDVI De diferencia Ponderada	$WDVI = IR - a \cdot ROJO$ a = Pendiente de la línea de suelo	Es matemáticamente más simple. Como el PVI, el WDVI es muy sensible a las variaciones atmosféricas.	Clevers 1988

PVI:

Es el índice de vegetación padre, de donde se derivan los demás. Usa la distancia perpendicular de cada pixel a la línea del suelo. Se sabe si el pixel corresponde a suelo o vegetación de acuerdo con la distancia de cada uno a la línea del suelo. El Índice de Vegetación Perpendicular, al tener en cuenta la reflectividad que aporta el suelo, logra aislar la información que aporta la vegetación.

$$PVI = a IRC - R + b / (a^2 + 1)^{1/2}$$

Su cálculo requiere de la ecuación correspondiente a la línea del suelo:

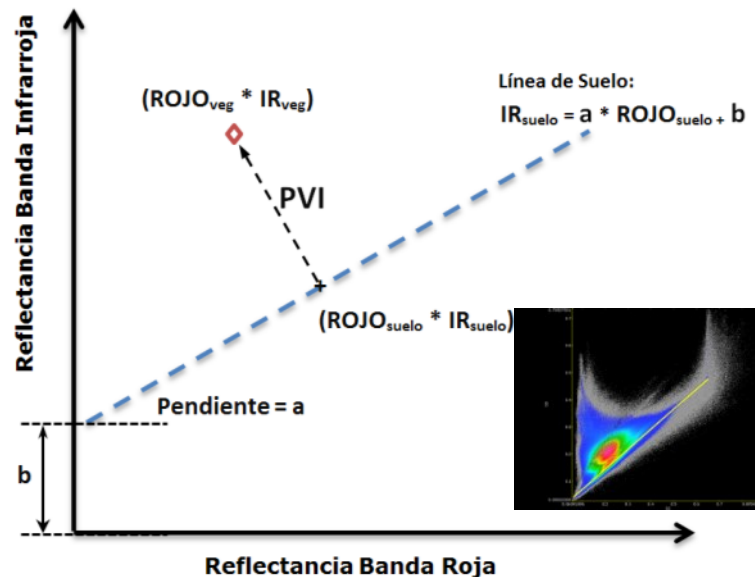
$$IRC_{suelo} = a * R_{suelo} + b \text{ o en inglés } NIR_{soil} = a * Red_{soil} + b$$

a= es la Pendiente de la línea de suelo.

b= es el intercepto⁴

Debido a que los resultados del PVI, corresponden a distancias perpendiculares a la línea del suelo, expresadas en unidades de reflectividad, la escala de medición y el rango de variación es diferente del NDVI y el SAVI (ver imagen n°4).

Imagen n°4



SAVI:

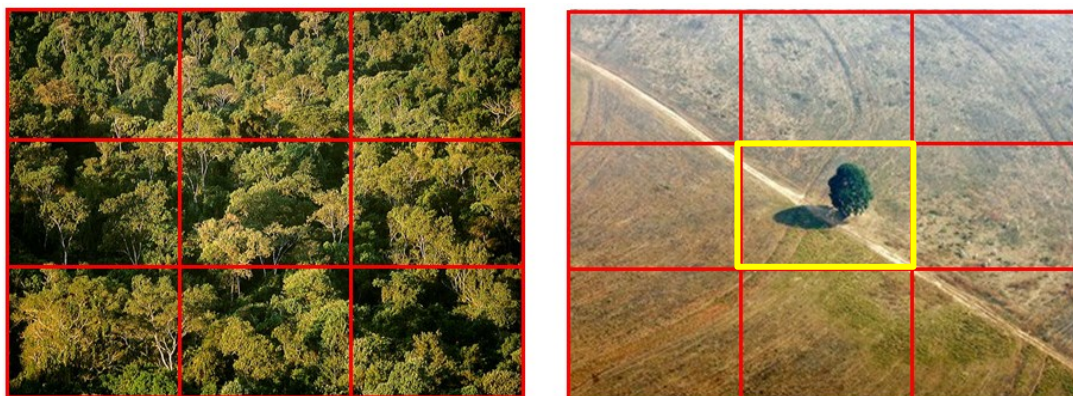
El índice de suelo ajustado, también tiene en cuenta la reflectividad del suelo y permite aislar la información que aporta la vegetación, de la que procede del suelo que está bajo ella.

⁴ Para valores =0 del eje X o banda roja, la reflectancia de la banda infrarroja es "b"

Al usar este índice, dos coberturas vegetales de igual actividad fotosintética, pero sobre suelos muy diferentes, aparecerán con igual (o muy similar) índice SAVI, a diferencia de lo que puede suceder en el NDVI clásico.

Es importante considerar, que si la cobertura de vegetación no es suficientemente densa, los valores medidos de reflectancia, pueden deberse, no sólo a la vegetación, sino también al suelo subyacente. En la imagen número 5, podemos apreciar que en la imagen de la izquierda los píxeles tienen cobertura vegetal del 100%, en cambio en la imagen de la derecha, el píxel del centro, en amarillo, posee una cobertura del 15%

Imagen n°5



aproximadamente, donde el valor registrado por sensor, está fuertemente influenciado por la reflectancia del suelo.

Para lograr el objetivo de separar las radiancias del suelo y la vegetación, se añadió una constante L al denominador del NDVI, donde L puede tomar valores entre 0 y 1, dependiendo de la densidad de la vegetación (valores más altos del índice, para densidades más bajas). Para mantener el mismo rango de variación que el NDVI, el resultado debe multiplicarse por $1 + L$. Huete (1988), basándose en un modelo de transferencia radiativa, mostró que un valor de $L = 0.5$ permitía mejorar el ajuste, especialmente, para densidades intermedias de vegetación y sobre todo porque un valor de $L = 0$ produce el mismo resultado que el NDVI y si L vale 1, el resultado es equivalente al PVI.

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

IRC= banda del infrarrojo cercano.

R= banda del Visible, Roja.

L= constante de compensación promedio, 0.5

La fórmula de cálculo del índice SAVI, para distintos sensores, en que las bandas roja e infrarroja tienen otro número, es:

Sensor	Bandas
Landsat 4,5,7:	$((4 - 3) / (4 + 3 + L)) * (1 + L)$
Landsat 8	$((5 - 4) / (5 + 4 + L)) * (1 + L)$
ASTER:	$((3 - 2) / (3 + 2 + L)) * (1 + L)$
MODIS:	$((2 - 1) / (2 + 1 + L)) * (1 + L)$
Ikonos:	$((4 - 3) / (4 + 3 + L)) * (1 + L)$
QuickBird:	$((4 - 3) / (4 + 3 + L)) * (1 + L)$
Spot 5:	$((3 - 2) / (3 + 2 + L)) * (1 + L)$

Consideraciones Temáticas

Ante la elevada oferta de índices de vegetación, es inevitable preguntarse ¿Qué índice de vegetación se debe usar? Ray Terrill W.⁵, opina lo siguiente:

“NDVI. Casi todos los que hacen mucha teledetección en vegetación usan NDVI, y a menudo es mejor atenerse a lo que la gente conoce y confía. NDVI es simple, cuenta con el mejor rango dinámico de cualquiera de los índices y tiene la mejor sensibilidad a los cambios en la cubierta vegetal. Es moderadamente sensible a un segundo plano de suelo y a la atmósfera, excepto en la baja cubierta o densidad vegetacional. Para hacer una vista rápida y cualitativa de la cubierta vegetal en una imagen, no se puede superar NDVI, a menos que usted está buscando en un área con baja densidad vegetal.

En orden de preferencia para cada tipo de sensor: TM o SMS (o cualquier sensor de banda ancha)

1. NDVI (o PIAV) Normalized Difference Vegetation Index
2. PVI (Perpendicular Vegetation Index), desarrollado en 1977 por Richardson y Wiegand.
3. SAVI Soil-Adjusted Vegetation Index (pero 1° de la lista, para análisis de zonas de baja densidad o cobertura vegetacional)
4. MSAVI2 (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index 2) para datos de alta resolución espectral (por ejemplo, AVIRIS⁶). ”

Para datos de alta resolución espectral, es decir sensores hiperspectrales⁷:

1. Índice de la primera derivada (First derivative index) con línea base a 625 nm. Índices de Elvidge y Chen (1994) ”

Otro tema recurrente en el uso de índices de vegetación, es saber cuán buenas son estas herramientas en condiciones no ideales, tales como los paisajes semi-áridos, donde la vegetación es de baja cobertura o densidad. Ante la pregunta, ¿Qué tan bien

⁵ De la División de Ciencias Geológicas y Planetarias, California Institute of Technology.

⁶ Ver anexo n°1 de este capítulo.

⁷ Sensores de gran resolución espectral, entre 25 y 200 bandas, para un rango que va del visible al infrarrojo cercano.

estos índices de vegetación, trabajan en áreas con bajo % de cubierta vegetal?, Ray Terrill, responde que *“.....en general, muy mal. Cuando la cubierta de vegetación es baja, los valores espectrales observados por la teledetección, están dominados por el suelo. No todos los suelos tienen el mismo valor espectral, aun cuando se estén usando bandas de espectro bastante amplio⁸. Tanto, Huete et al. (1985), Elvidge y Lyon (1985), demostraron que el fondo de la vegetación o suelo, puede tener un impacto profundo, donde los valores del índice de vegetación, en zonas con suelos brillantes, estarían produciendo valores menores que en la vegetación con fondos oscuros. Elvidge y Lyon (1985) mostraron que muchos materiales de fondo (suelo, roca, planta, hojarasca) varían en su pendiente “Rojo-NIR”, y estas variaciones impactan seriamente las Mediciones de los índices de vegetación.”*

¿Cuánto se habla de baja cobertura vegetal, cuánto es demasiado bajo para estos índices?

“...Asumiendo que se trata solo de reglas generales y que sus umbrales pueden variar, podemos decir:

RVI, NDVI, IPVI = Solo son útiles por sobre el 30% de cobertura

SAVI, MSAVI1, MSAVI2 = 15%

DVI = 30%

PVI, WDVI, GVI = 15%

Nota: Mientras más uniforme sea el suelo, más se pueden bajar estos valores.”

¿Es la variación en la cobertura vegetal de los suelos, el único problema?

“No. Muchas de las áreas, comúnmente estudiadas, con baja densidad o cobertura de vegetación, están en zonas áridas y semi-áridas, donde muchas de las plantas que crecen en estos climas, poseen una variedad de adaptaciones para hacer frente a la falta de agua y a las altas temperaturas. (Incluso las plantas que crecen en áreas con temperatura del aire relativamente fría, tienen problemas con la regulación del calor en climas secos, ya que la transpiración es la manera principal de mantenerse fresco.) Estas adaptaciones, a menudo disminuyen la cantidad de luz visible absorbida por las plantas o disminuyen la cantidad de luz del sol que les llega (por lo tanto no reflejan mucha luz.) Estas cualidades, las hacen difíciles de detectar, a menos que se observen durante los períodos de relativa abundancia de agua, cuando toda una nueva serie de adaptaciones, para maximizar la productividad de las plantas, entre en funcionamiento.”

Una solución a este problema, sería obtener una imagen del período del año en que las condiciones de humedad sean más favorables.

⁸ *“Porque, como estas bandas de espectro amplio, muestran un promedio de todos valores reflejados por longitud de onda, es imposible individualizar un valor por longitud de onda en específico. Siendo así, los suelos, tendiendo que reflejar igual, no lo hacen.” (Nota del traductor).*

Por ejemplo, en el estudio “Actualización del catastro forestal de la zona central de Chile 2013”, que analiza un territorio que comprende zonas con clima semi-árido y mediterráneo, se utilizaron imágenes Spot 5, con pixeles de 10 m. (ver imagen 5).

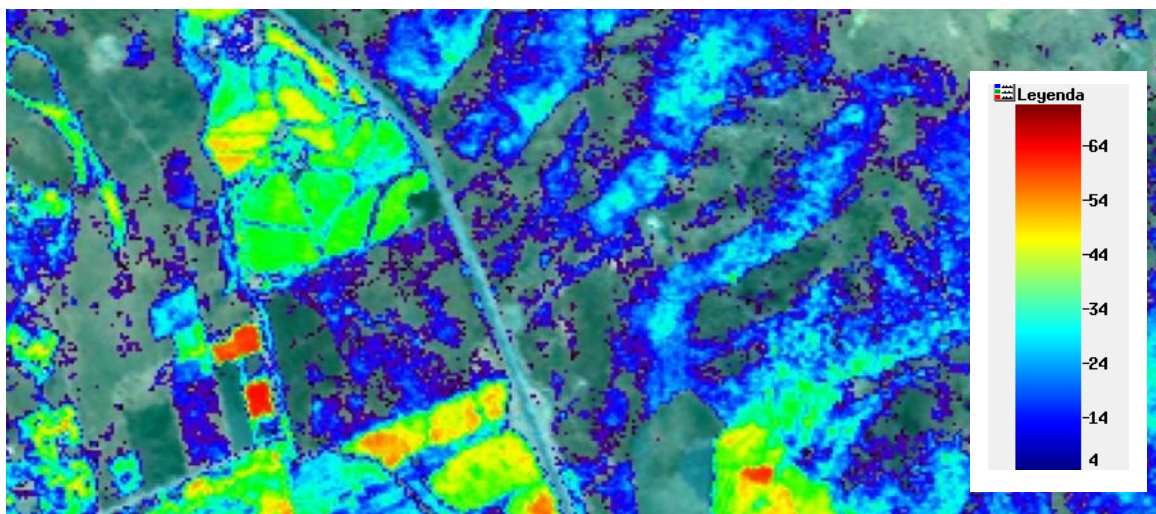
Imagen n°5



Combinación 432, falso Color Convencional. Sector norte de Santiago. Fecha 19 de Octubre 2011.

Se confeccionó un índice NDVI, (ver imagen n°6), donde se obtuvieron valores muy bajos de vigor vegetacional, zonas transparentes, siendo que mediante una visita a terreno y una revisión en Google Earth, se encontraron bosques (⁹) de Espinos, *Acacia Caven*, de baja densidad (ver imagen n°7 y 8), pero con individuos de más de 2 metros de altura. Tal como mencionó Ray Terri, se dificulta la detección de esta especie, debido a

Imagen n°6



Índice NDVI, sobre combinación 432, Spot 5.

⁹ Según Ley 20.283 art. N°2, inciso 2. República de Chile.

que cierra sus estomas en el período seco, para reducir la evapotranspiración, disminuyendo la superficie expuesta al sensor.

Lo anterior, asociado a la superficie del pixel de la imagen, 100 m², hace muy difícil su detección a distancia, por lo que se corrigió esta situación con monitoreo en terreno.

Imagen n°7

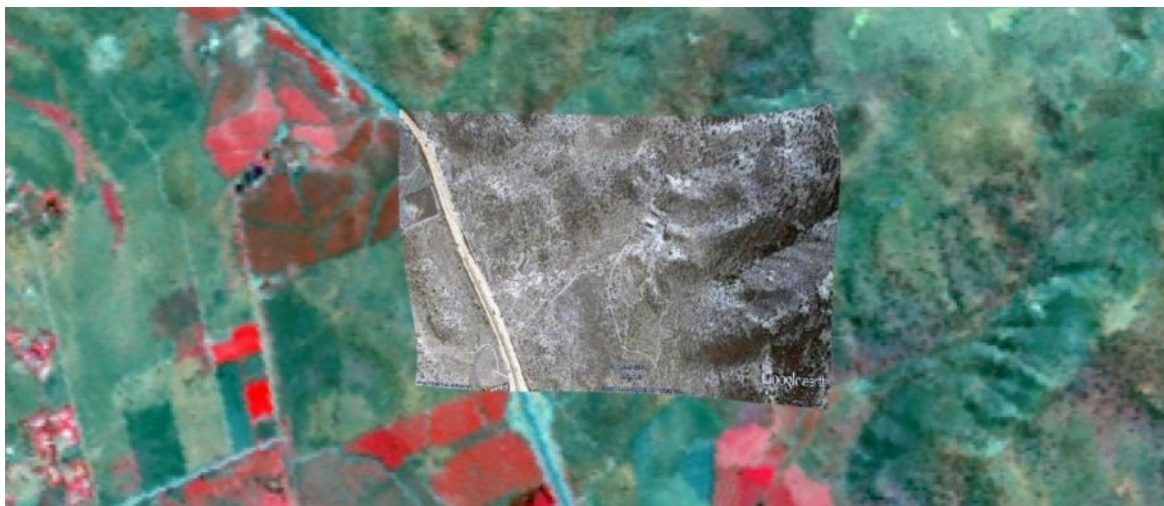


Imagen Google Earth, DigitalGlobe 2013. Georreferenciada, sobre una combinación 432, Spot 5.

Imagen n°8



Detalle de Imagen Google Earth. DigitalGlobe 2013. Se puede apreciar la abundancia de árboles, en la zona.

Oferta de cartas con índices de vegetación globales, en la Web.

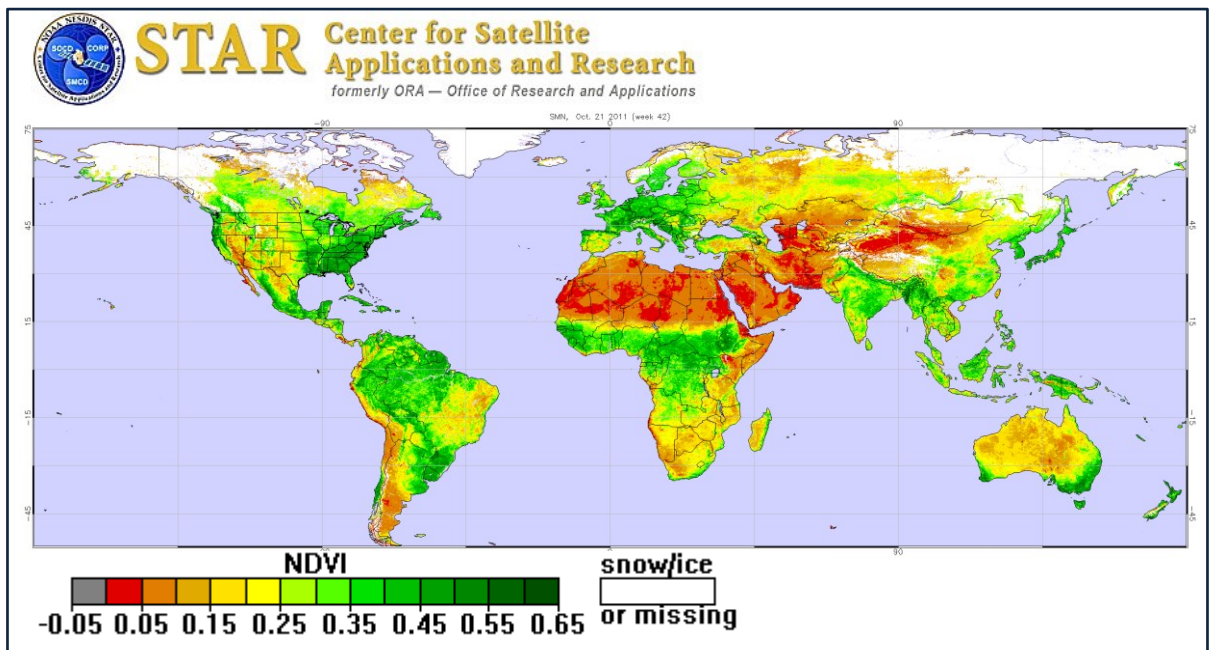
Muchas agencias han descubierto que el índice de vegetación, es útil como una medida relativa para fines de monitoreo. Por ejemplo, los programas sistema africano de información en tiempo real (ARTEMIS) de la Organización de Alimentación y Agricultura (FAO) de las Naciones Unidas, y el sistema de alerta temprana sobre el hambre (FEWS) del USAID, usan imágenes NDVI de escala continental derivadas del sistema NOAA-AVHRR, para elaborar imágenes con el índice de vegetación para todo el continente africano cada diez días.

El centro de aplicaciones de satélites e investigación (STAR), es la rama científica del satélite NOAA y el Servicio de Información (NESDIS), que adquiere y gestiona la operación nacional de los satélites de observación terrestre. NESDIS, le proporciona datos de estos satélites a STAR, el que lleva a cabo investigaciones para poder proveer de información útil en el monitoreo de los fenómenos terrestres.

Este sitio Web, proporciona, entre otros productos, mapas NDVI por series de tiempo, lo que permite hacer un seguimiento temporal a vigor de la clorofila en el mundo.

En: http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/vci/VH/vh_browse.php

Imagen n°9



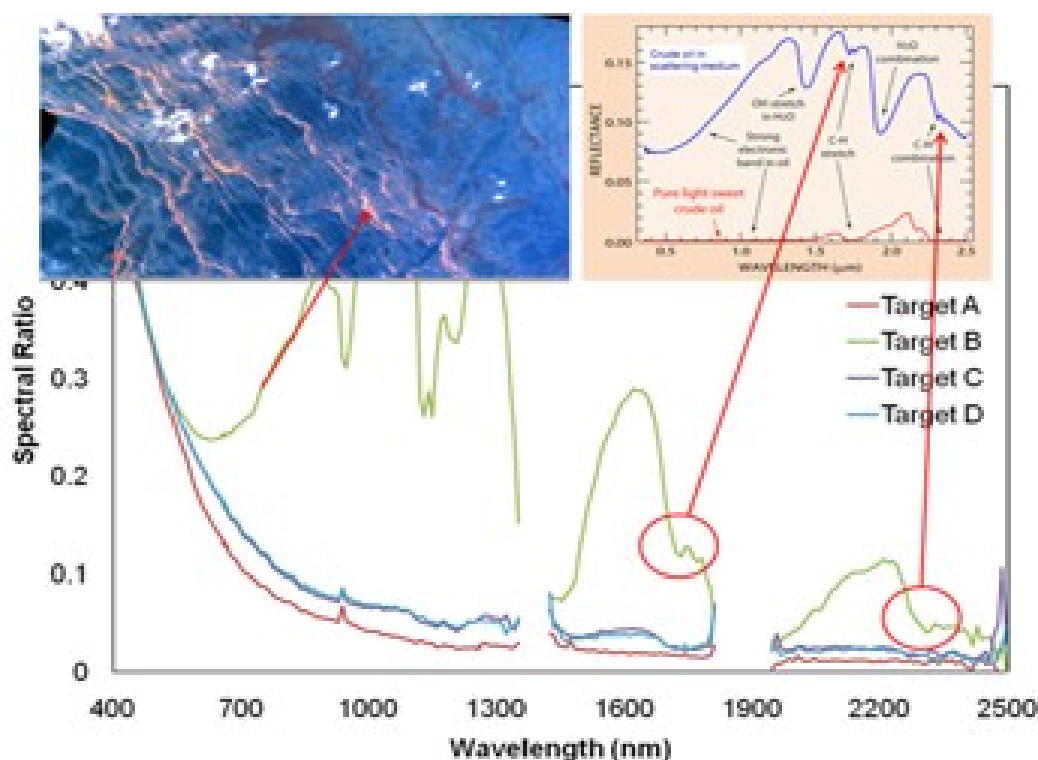
ANEXO N°1.

Sensor aerotransportado AVIRIS (Airborne Visible / Infrared Imaging Spectrometer).

Mencionado por Ray Terril, se trata de un sensor óptico único, que ofrece imágenes calibradas de la radiancia espectral de las surgencias marinas, en 224 canales espectrales o bandas con longitudes de onda desde 400 a los 2500 nanómetros, generando "imágenes espectroscópicas", (no hiperspectrales, debido a su enfoque para analizar la física y química de la superficie).

La investigación con datos de AVIRIS, se centra principalmente en la comprensión de los procesos relacionados con el medio ambiente global y el cambio climático.

(Ver en: <http://aviris.jpl.nasa.gov/>)



Referencias:

Eastman, J. Ronald. *IDRISI Kilimanjaro Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes*. Manual Version 14.00. Mayo 2004. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA, USA.

Ferro, Díaz Jorge, *Estudios de vegetación, apuntes metodológicos*. Manual para centro de investigaciones y servicios ambientales (ECOVIDA), Citma, Pinar Del Río, Cuba. En: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Ecología-Vegetal-Geografía-Biodiversidad/919833.html> 1/04/2013

Jackson, R. y Huete, A. *"Interpreting vegetation indices"* Preventive Veterinary Medicine, 11, 1992 pp. 185-200. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
En: <http://www.uprm.edu/biology/profs/chinea/gis/lectesc/intvegindx.pdf> 10/04/2013.

Quiroz, Hernández, Manuel. *Tecnologías de la Información Geográfica (TIG)*. Manuales Universitarios, 86. Ediciones Universidad de Salamanca, mayo 2011. España.

Sobrinho R, José. *Teledetección*. Universidad de Valencia, ISBN 84-370-4220-8. España
En: http://books.google.cl/books?id=Yb6xIldfoT0C&pg=PA105&lpg=PA105&dq=indices+de+vegetacion&source=bl&ots=oQCBrrEFZn&sig=NKgMPm82MtfImgfUDZU_HxGW9fw&hl=es&sa=X&ei=4wo-fvyJqiE2QXrnYH4DQ&ved=0CDYQ6AEwAQ#v=onepage&q=indices%20de%20vegetacion&f=false 1/04/2013

Terrill W, Ray. *A FAQ on Vegetation in Remote Sensing* de la División de Ciencias Geológicas y Planetarias, California Institute of Technology email: terrill@mars1.gps.caltech.edu. Versión 1.0: 10/13/1994. En: <http://www.yale.edu/ceo/Documentation/rsvefaq.html> 1/04/2013