

Índice de Vegetación de **Diferencia Normalizada**

NDVI Landsat



Instituto Nacional de Estadística y Geografía

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

NDVI

Landsat, 1984-2021



Presentación

Este documento describe la metodología para la generación del producto geográfico experimental **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) Landsat**. El **NDVI Landsat** es un producto de análisis geoespacial experimental que proporciona información sobre la presencia de vegetación en el territorio mexicano. El producto consiste en una colección mosaicos nacionales que corresponden a distintos periodos, principalmente anuales, desde 1984 hasta 2021. Cada mosaico NDVI es un mapeo a nivel píxel, de estadísticos (media, mediana, mínimo, máximo, desviación estándar) de los valores de este índice de vegetación.

Índice

índice

Introducción	VII
Percepción remota multiespectral	1
¿Qué es el NDVI?	1
NDVI Landsat	2
¿Cómo se interpreta el NDVI?	5
Cómputos de series temporales a nivel estatal y municipal	6
Referencias	7

Introducción

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es el más común de varios índices de vegetación derivados de observaciones en imágenes de percepción remota. Se basa en la relación entre la cantidad de luz reflejada (reflectancia) por los rasgos en la superficie terrestre en dos regiones del espectro electromagnético, así como la emisión de una luz roja e infrarroja (infrarrojo cercano).

El NDVI aprovecha que valores bajos de luz reflejada en el color rojo, combinados con alta reflexión en el infrarrojo, indican una mayor actividad fotosintética o cantidad y densidad de plantas verdes. Por tal motivo, este indicador se relaciona, entre otras cosas, con la magnitud en que se manifiesta la actividad fotosintética de las plantas, la cantidad de biomasa, la fenología y el estado en general de las plantas en cultivos o en la vegetación natural.

El NDVI tiene aplicaciones múltiples, sobre todo si se cuenta con observaciones en fechas múltiples (series de tiempo) para efectuar análisis como los siguientes: monitoreo de la vegetación y detección de cambios en la cobertura/uso del suelo, seguimiento de estado de los cultivos agrícolas, caracterización de la fenología de la vegetación y monitoreo de sequía.

Percepción remota multiespectral

Los satélites están equipados con sensores que permiten recolectar información de diversa índole desde su ubicación en el espacio. Las imágenes satelitales son generadas a partir de la descomposición del espectro electromagnético de la incidencia de la luz solar en la superficie de nuestro planeta, que resulta en la segmentación del espectro en distintas bandas, normalmente, tres de estas bandas corresponden a la luz visible y están asociadas a los colores rojo (R), verde (G) y azul (B). Además, hay sensores que registran valores en bandas del espectro que no resultan visibles para el ojo humano, en particular, frecuencias *cercanas al infrarrojo* (NIR) e *infrarrojas* (IR).

La aplicación de métodos de percepción remota multiespectral se enfoca en el análisis de los valores en las bandas de las imágenes satelitales, al buscar relaciones que acusen propiedades específicas que se puedan encontrar en el territorio. Los valores en las bandas son usados para generar nuevos valores que pueden resaltar cierto tipo de terreno, para así facilitar la identificación de diversos usos de suelo. Un ejemplo muy notable es la generación de índices para identificar vegetación.

¿Qué es el NDVI?

Desde 1969, Krieger et al. proponen el “Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada” (NDVI, por sus siglas en inglés) que se obtiene al calcular la razón (cociente) entre la resta de los valores de las bandas NIR y Roja y la suma de estos:

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}.$$

El NDVI es una de las primeras propuestas de análisis de percepción remota multiespectral y actualmente es uno de los más populares. Dada la simpleza en la definición del NDVI y su capacidad para distinguir la presencia de vegetación, así como la salud de esta. El NDVI ha sido utilizado en una gran cantidad de investigaciones científicas. La utilidad del índice ha propiciado que desde la década de 1970 diversos satélites y otros vehículos estén equipados con sensores adecuados para captar la información que requiere su cálculo.

Otra manera de expresar la ecuación (1) es considerando $\rho = \frac{NIR}{R}$, se puede ver que

$$NDVI = \frac{\rho-1}{\rho+1}.$$

Esta manera de expresar el índice hace que sea más fácil interpretar sus valores. Por un lado, hace explícito que el valor del NDVI solo depende del valor ρ ; es decir, de la razón entre las bandas NIR y R. En la siguiente gráfica podemos observar la variación del NDVI en función de ρ :

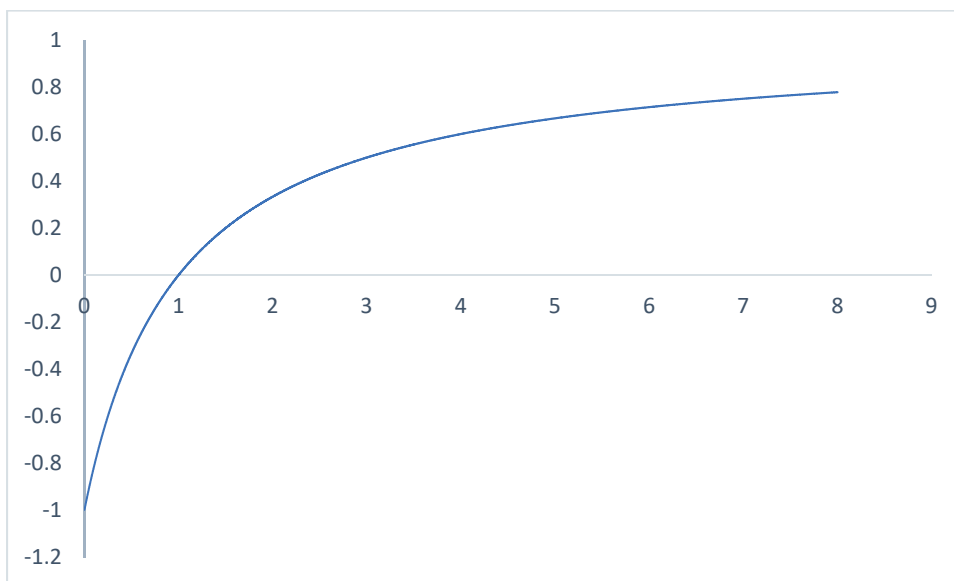


Figura 1. Gráfica de NDVI como función de ρ .

Dado que los valores NIR y R siempre son positivos, el valor ρ siempre es positivo. Por otro lado, el valor del cociente siempre es menor que 1 ya que $\rho + 1 > \rho - 1$. Además, se puede demostrar que

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} NDVI = 1.$$

De manera que el NDVI es un índice que toma valores en el intervalo $[-1,1]$ que permite observar diferencias entre las frecuencias visibles (R) y frecuencias no visibles (NIR).

NDVI Landsat

Para la generación del producto de análisis geoespacial experimental denominado **Índice de Vegetación de Diferencias Normalizadas (NDVI Landsat)**, se aprovechan las imágenes y capacidades de procesamiento presentes en el Cubo de Datos Geoespaciales de México (CDGM) del INEGI [INEGI, 2020]. La primera entrega consiste en una colección de mosaicos nacionales ráster, cada uno de los cuales consiste en cinco bandas.

Los valores en las bandas corresponden a los estadísticos $\{\text{mínimo}, \text{media}, \text{máximo}, \text{desviación estándar}, \text{mediana}\}$ obtenidos a partir del cómputo del NDVI en cada pixel x para cada observación válida a lo largo del periodo de estudio, normalmente anual. Si se considera que para cada pixel x sea $V_x = \{x_1, \dots, x_n\}$ el conjunto de observaciones válidas y se supone que para cada observación válida x_i se calcula $NDVI_i$. En la Tabla 1 se especifican las fórmulas para el valor en cada banda en el pixel x .

Fórmulas para los cálculos en cada banda

Banda 1	$NDVI_{min} = \min\{NDVI_i x_i \in V_x\}$
Banda 2	$NDVI_{media} = \frac{1}{n} \sum_{x_i \in V_x} NDVI_i$
Banda 3	$NDVI_{max} = \max\{NDVI_i x_i \in V_x\}$
Banda 4	$NDVI_{desEstd} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{x_i \in V_x} (NDVI_{media} - NDVI_i)^2}$
Banda 5	$NDVI_{mediana} = NDVI_{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor}$

Los píxeles con las cinco bandas calculadas constituyen mosaicos correspondientes a los distintos periodos. Los primeros dos mosaicos corresponden a periodos multianuales, el primer periodo es de 1984 a 1989 y el segundo periodo de 1990 a 1992 y posteriormente, para cada año, desde 1993 a 2020, se genera un mosaico nacional.

En la figura 5 se muestra una tesela del NDVI Landsat por cada uno de los periodos considerados. Para producir el NDVI Landsat con todas las imágenes almacenadas en el CDGM, para un año completo, el tiempo de procesamiento es de 20 horas en promedio. El resultado final tiene un tamaño de 3.5 GB aproximadamente.

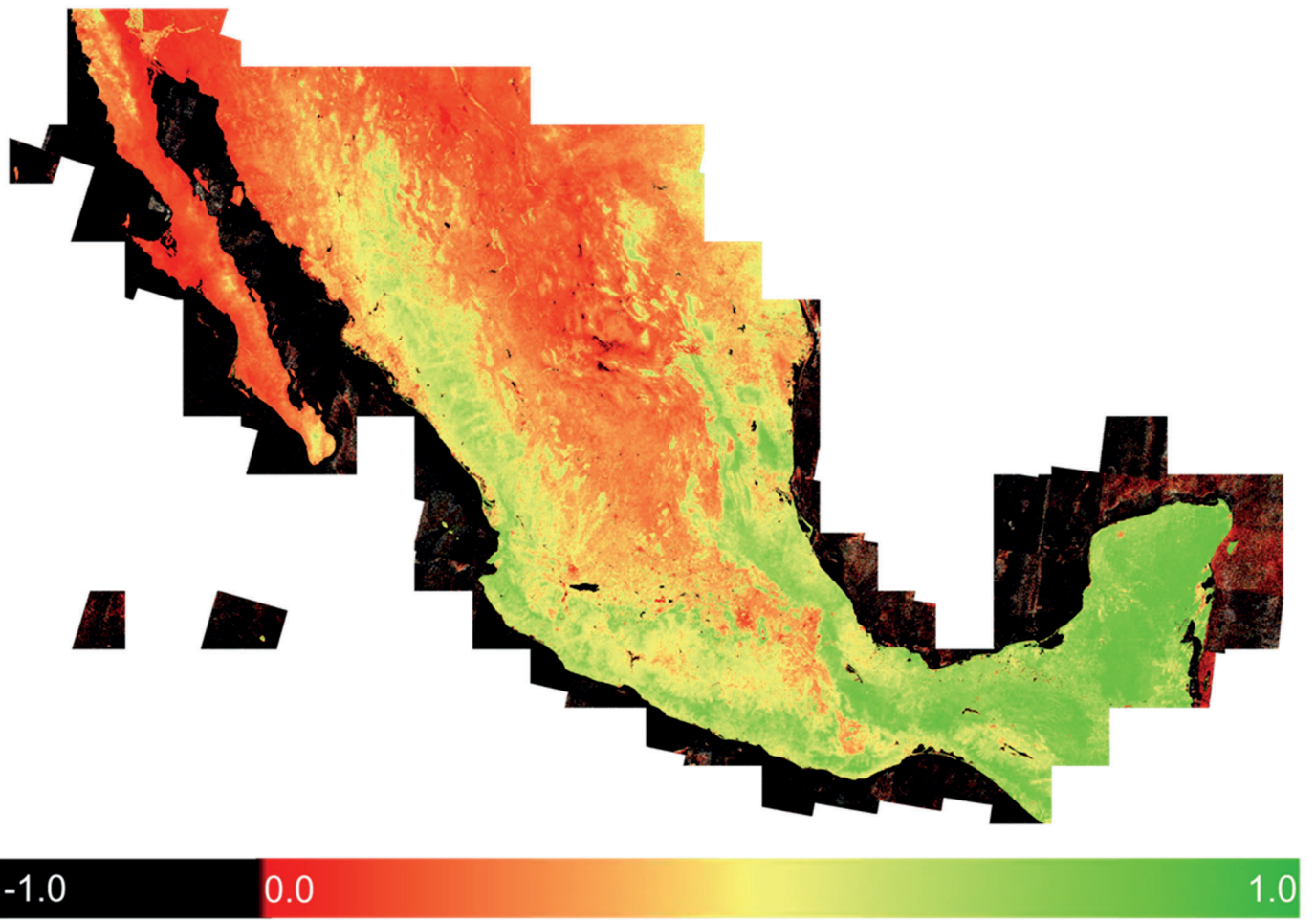


Figura 2. Mosaico Nacional aplicando rampa de color a la NDVI banda 1.

¿Cómo se interpreta el NDVI?

En general, cuando la luz solar incide en un objeto, dependiendo de su composición molecular, algunas secciones del espectro son absorbidas mientras que otras son reflejadas. Las hojas de las plantas tienen grandes cantidades de clorofila [Kriegler FJ et al. 1969, Huang S. et al. 2021], la cual tiene la característica de absorber un rango amplio del espectro visible. Es por esta razón que las imágenes satelitales en territorios con alta densidad de vegetación, vistas en las bandas visibles RGB, son típicamente oscuras.

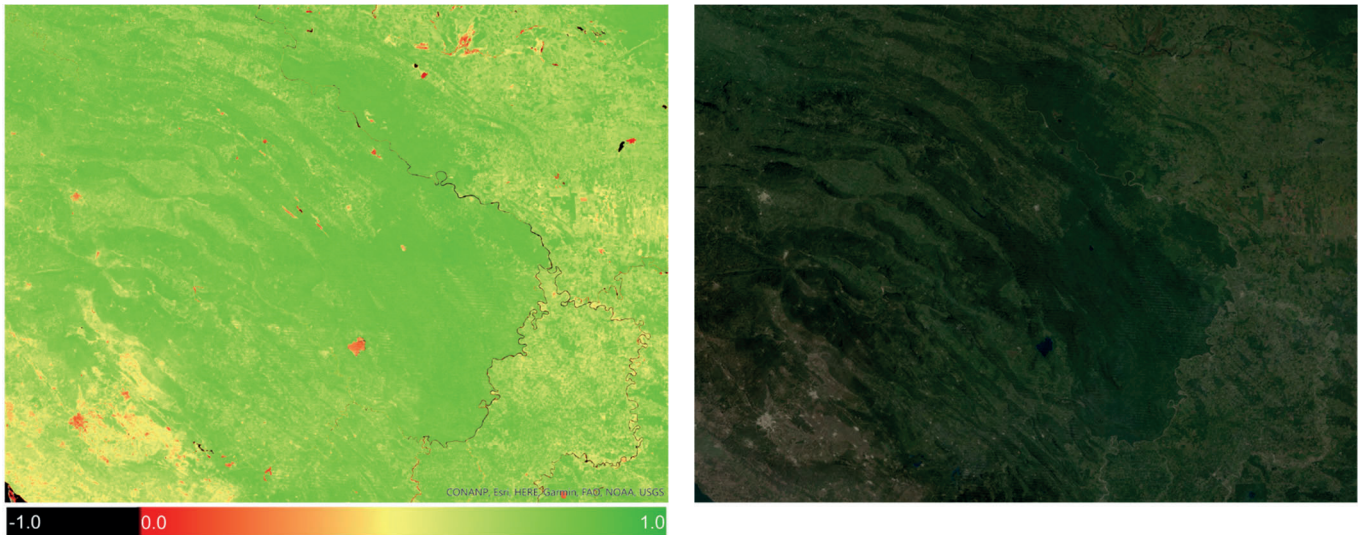


Figura 3 La Selva Lacandona, NDVI y Geomediana Landsat.

Dada la propiedad de la clorofila de absorber el espectro visible y reflejar el no visible, de la ecuación (2) se puede inferir que entre más grande sea la magnitud de NIR con respecto de R, ρ tendrá un valor cada vez más grande y, por lo tanto, el valor de NDVI será más cercano a 1. El resultado será que valores de NDVI cercanos a 1 indicarán una gran densidad de vegetación con alto contenido de clorofila.

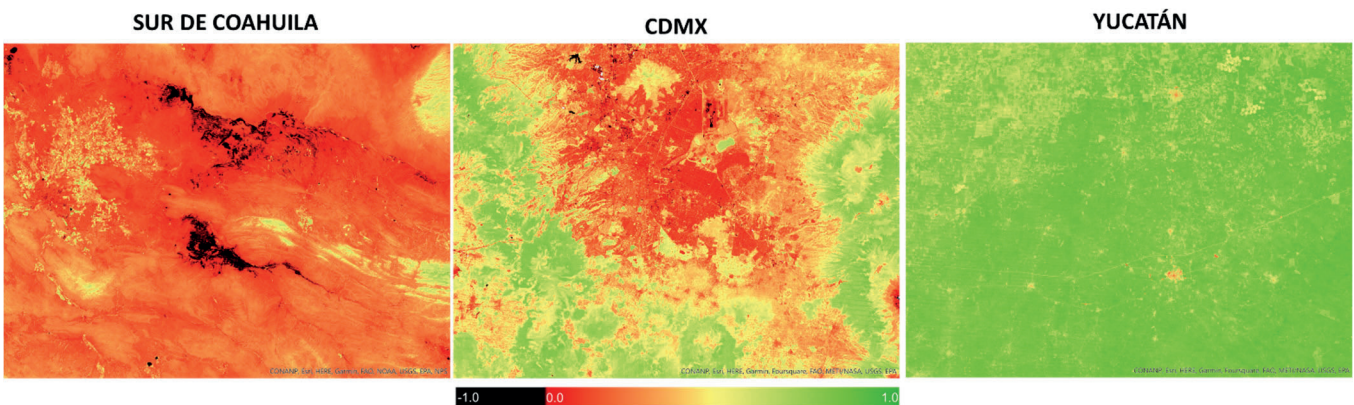


Figura 4. Comparación de distintas regiones del país.

Si se continúa en la misma línea argumentativa, valores de NDVI positivos cercanos a cero se obtienen con valores de ρ ligeramente mayores a 1. Estos valores de ρ corresponden a aquellos en los cuales el NIR es ligeramente mayor que R. Este rango de valores de NDVI son típicamente reflejados por hojas secas.

Cómputos de series temporales a nivel estatal y municipal

La distribución de los valores del NDVI en sus distintas bandas pueden ser agregados a distintos niveles y promediados, definiendo de esta manera estadísticas relacionadas con la densidad de la vegetación.

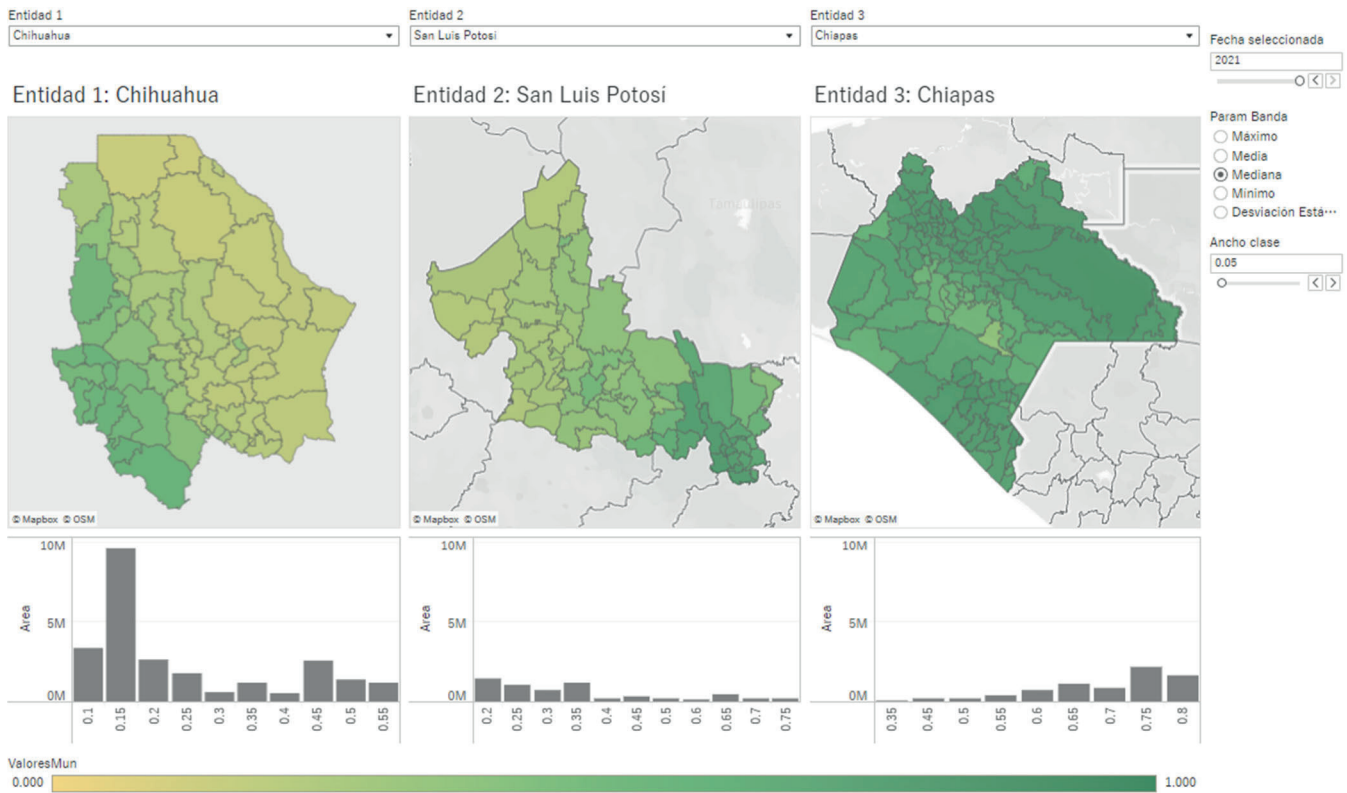


Figura 5 Cómputos de NDVI_media a nivel municipal

Estos cómputos permiten establecer comparativos entre distintas entidades federativas y municipios. Además, las agregaciones pueden ser analizadas como series de tiempo, dado que se cuenta con el histórico de valores NDVI.

Referencias

Huang, S., Tang, L., Hupy, J.P. *et al* (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *J. For. Res.* **32**, 1–6 (. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>)

INEGI (2020), Cubo de Datos Geoespaciales de México (CDGM). https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/geomediana/doc/cubo_de_datos.pdf

Kriegler FJ, Malila WA, Nalepka RF, Richardson W. (1969). Preprocessing transformations and their effect on multispectral recognition. *Remote Sens Environ* VI:97–132.