



## GUIA DE VICAL: Calculadora de indices de vegetación

INIFAP: Sergio Jiménez-Jiménez; Mariana Marcial-Pablo; Waldo Ojeda-Bustamante; Ernesto Sifuentes-Iba

2022-06-07



# Índice

<b>Bienvenidos</b>	<b>5</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>7</b>
1.1 Alcances . . . . .	7
<b>2 Satélites- Colección de imágenes</b>	<b>9</b>
<b>3 Índices de Vegetación</b>	<b>11</b>
<b>4 Configuración</b>	<b>15</b>
4.1 Configuración General . . . . .	15
4.2 Usando polígonos digitalizados . . . . .	18
4.3 Usando archivo vector . . . . .	18
<b>5 Implementación</b>	<b>21</b>
5.1 Primeras visualizaciones . . . . .	21
5.2 Navegar entre imágenes . . . . .	23
5.3 Visualización del mapa de IV . . . . .	23
5.4 Series de tiempo . . . . .	23
5.5 Descargar información . . . . .	27
<b>6 VICAL en GEE</b>	<b>29</b>
6.1 Colección de imágenes . . . . .	29
6.2 Índices de vegetación . . . . .	31
<b>7 Citar</b>	<b>35</b>
<b>8 Actualizaciones</b>	<b>37</b>
8.1 02 de Mayo del 2022 . . . . .	37



# Bienvenidos

AGRICULTURA inifap CENID-RASPA

Este sitio es una *guía* para usar la herramienta **VICAL** desarrollada dentro de Google Earth Engine (GEE). VICAL es útil para calcular de manera **online** 23 índices de vegetación (empleados comúnmente en aplicaciones agrícolas) de cualquier polígono(s) del mundo (digitalizado por el usuario o archivo vector) usando imágenes LandSat y Sentinel-2. Esto se logra sin que el usuario descargue/cargue imágenes satelitales o escriba una sola línea de código, solo necesita tener una conexión a internet.

Puede accesar a **VICAL** desde la dirección <https://inifapcenidraspa.users.earthengine.app/view/vical>

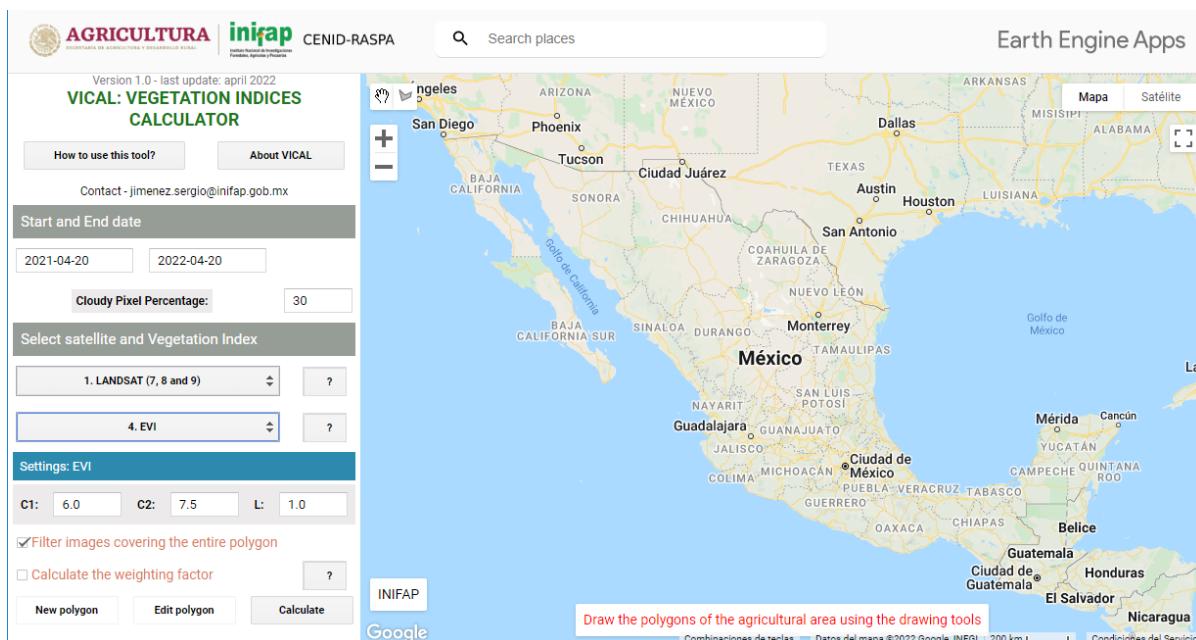


Figura 1: Vista principal de VICAL

Este trabajo fue desarrollado por investigadores del **INIFAP CENID-RASPA** y **CEVAF**. Dentro de las mejoras que se planean en VICAL, es que mediante experimentación se logre la calibración de variables biofísicas de interés para diversos cultivos usando *índices de vegetación (IV)*; y estos resultados estén disponibles en **VICAL** para que sea útil a otras personas y así puedan monitorear fácilmente variables relacionadas con ingeniería de riego.

*Vuelva a consultar de vez en cuando para conocer las nuevas aplicaciones de GEE, los scripts de ejemplo y las actualizaciones de VICAL. Puede intentar hacer una actualización completa en el sitio para asegurarse de ver los cambios recientes (lo que está viendo podría ser una versión del sitio previamente almacenada en caché)*

*Sí tiene alguna duda o sugerencia o quiere participar en el proyecto puede escribir al correo [jimenez.sergio@inifap.gob.mx](mailto:jimenez.sergio@inifap.gob.mx)*



# Capítulo 1

## Introducción

El objetivo de esta sección es presentar los alcances de **VICAL** y como utilizarlo, ademas de, como implementar las librerías en cualquier Script de GEE. Se describen los índices de vegetación considerados en el programa y las colecciones de imágenes que se usan para calcularlo, cuáles son los resultados y cómo están formateados.



VICAL fue desarrollado dentro de GEE <https://earthengine.google.com/> y fue codificado en JavaScript desde Earth Engine Code Editor <https://code.earthengine.google.com/>.

### 1.1 Alcances

Los principios de diseño para **VICAL** fueron que debería proporcionar para cualquier área (definida por el usuario) donde exista una imagen Landsat o Sentinel-2 la estimación de diferentes IVs aplicados en agricultura, además, de graficar la serie de tiempo de dicho índice para esa zona en el rango de fecha establecido por el usuario. **Todo sin que el usuario escriba una sola linea de codigo dentro de GEE o que lleve a cabo el pre-procesamiento de las imágenes.**

VICAL tiene tres principales funciones:

**1.-** Mapas de índices de vegetación usando imágenes (libres de nubes) LandSat (4, 5, 7,8 y 9) y Sentinel-2 de cualquier polígono digitalizado por el usuario o archivo vector.

**2.-** El despliegue de series de tiempo de Indices de vegetación (media y desviación estándar) para polígonos (dibujados por el usuario o archivo vector) en un tiempo fijo con imágenes Landsat, sentinel o ambos.

**3.-** Mapa de regresiones usando los IVs o productividad relativa.

En esta herramientas, se puede configurar algunos coeficientes de IV como en EVI, SAVI, entre otros.

Creemos que la herramienta **VICAL** ahorra tiempo y evita el procedimiento trivial repetitivo asociado a los cálculos de IVs “manuales” (descarga de imágenes, procesamiento, etc.), que demanda diferentes tipos de software, que pueden conducir a errores humanos.

VICAL puede ser empleado para extraer rápidamente valores de índices de vegetación para su calibración en variables biofísicas agrícolas.



## Capítulo 2

# Satélites- Colección de imágenes

VICAL utiliza las colecciones de imágenes de reflectancia de la superficie terrestre corregidas atmosféricamente de LandSat (misiones 4, 5, 7, 8 y 9, con imágenes desde 1982 hasta el presente) y Sentinel-2.

En la Tabla 2.1 se muestra las características generales de estas colecciones de imágenes y el código de la colección de imágenes en GEE

La ubicación de las diferentes bandas espectrales de estos sensores se muestra en la Figura 2.1.

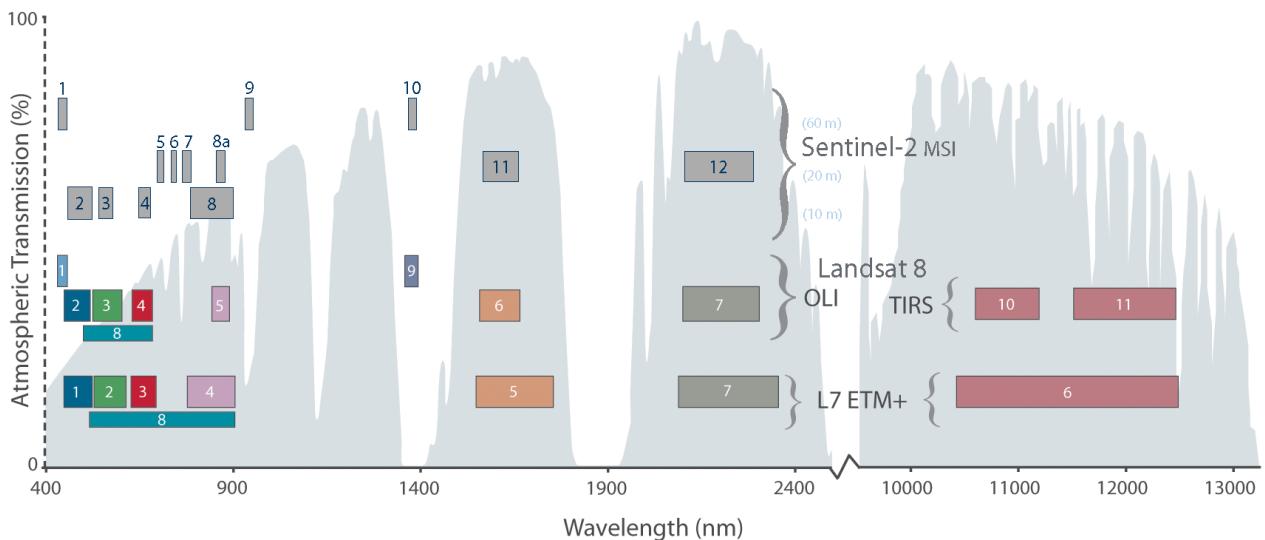


Figura 2.1: Comparación de Lansat y Sentinel-2 y ubicacion de las bandas espectrales. Los números indican el número de bandas espectrales consideradas en cada sensor.

Cuadro 2.1: Colección de imágenes Lansat y Sentinel de GEE considerados en VICAL

Sensor	Dataset.availability	Collection.ID
Landsat-4 TM	22/08/1982 - 24/06/1993	LANDSAT/LT04/C02/T1_L2
Landsat-5 TM	16/03/1993 – 05/05/2012	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2
Landsat-7 ETM+	01/01/1999-present	LANDSAT/ LC08 /C01/T1_L2
Landsat-8 OLI	11/04/2013- present	LANDSAT/LE07/C01/T1_L2
Landsat-9 OLI-2	31/10/2021- present	LANDSAT/LC09/C02/T1_L2
Sentinel-2 (MSI)	28/03/2017-present	COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED



# Capítulo 3

## Indices de Vegetación

Los IVs permiten la relación cuantitativa y funcional con diferentes parámetros o variables de la vegetación. Son 23 IV considerados en VICAL y son los que comúnmente se utilizan en aplicaciones agrícolas (Bannari, 2009),(Xue, 2017).

Los nombres de estos indices así como su abreviatura se muestran en la siguiente lista:

**1: ARVI:** Atmospherically resistant vegetation index\*

$$ARVI = \frac{p(NIR - rb)}{NIR + rb};$$

$$rb = R - \gamma(B - R); \text{ Valor por defecto : } \gamma = 1.0$$

**2: ATSAVI:** Adjusted transformed soil-adjusted vegetation index

$$ATSAVI = \frac{a(NIR - aR - b)}{(R + aNIR - ab + X(1 + a^2))};$$

$$\text{Valor por defecto : } a = 1; b = 0; X = 0.08$$

**3: DVI:** Difference vegetation index

$$DVI = (NIR - R);$$

**4: EVI:** Enhanced vegetation index

$$EVI = \frac{2.5 * (NIR - R)}{NIR + C_1R - C_2B + L};$$

$$\text{Valor por defecto : } C_1 = 6.0; C_2 = 7.5; L = 1.0$$

**5: EVI2\*:** Enhanced vegetation index

$$EVI2 = \frac{2.5 * (NIR - R)}{NIR + C_1R + 1}; \text{ Valor por defecto : } C_1 = 2.4$$

**6: GNDVI:** Green normalized difference vegetation index

$$GNDVI = \frac{NIR - G}{NIR + G};$$

**7: MSAVI2:** Modified soil adjusted vegetation index

$$MSAVI2 = \frac{(2NIR + 1) - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R)}}{2};$$

**8: MSI:** Moisture stress index

$$MSI = \frac{SWIR_1}{NIR};$$

**9: MTVI:** Modified triangular vegetation index

$$MTVI = 1.2[1.2 * (NIR - G) - 2.5 * (R - G)];$$

**10: MTVI2:** Modified triangular vegetation index-2

$$MTVI2 = \frac{1.2[1.2 * (NIR - G) - 2.5 * (R - G)]}{\sqrt{((2NIR + 1)^2 - (6NIR - 5\sqrt{(R)}) - 0.5)};}$$

**11: NDTI:** Normalized difference tillage index (NDTI)

$$NDTI = \frac{SWIR_1 - SWIR_2}{SWIR_1 + SWIR_2};$$

**12: NDVI:** Normalized difference vegetation index

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

**13: NDWI:** Normalized difference water index

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR_1}{NIR + SWIR_1};$$

**14: OSAVI:** Optimized soil adjusted vegetation index

$$OSAVI = \frac{1.16 * (NIR - R)}{NIR + R + X}; \text{ Valor por defecto : } X = 0.16$$

**15: RDVI:** Renormalized difference vegetation index

$$RDVI = \frac{NIR - R}{\sqrt{(NIR + R)}};$$

**16: RI:** Redness index

$$RI = \frac{p(NIR - G)}{NIR + G};$$

**17: RVI:** Ratio vegetation index

$$RVI = \frac{R}{NIR};$$

**18: SAVI:** Soil adjusted vegetation index

$$SAVI = \frac{(NIR - R)}{NIR + R + L}(1 + L); \text{ Valor por defecto : } L = 0.5$$

**19: TVI:** Triangular vegetation index

$$TVI = 0.5 * [120(NIR - G) - 200(R - G)];$$

**20: TSAVI:** Transformed soil adjusted vegetation index

$$TSAVI = \frac{a(NIR - aR - b)}{R + aNIR - ab}; \text{ Valor por defecto : } a = 1, b = 0.$$

**21: VARI:** Visible atmospherically resistant index

$$VARI = \frac{G - R}{G + R - B};$$

**22: VIN:** Vegetation index number or simple ratio

$$VIN = \frac{NIR}{R};$$

Cuadro 3.1: Abreviatura de las bandas espectrales empleadas en las ecuaciones de los IV

Abreviatura	Nombre
B	Azul/Blue
G	Verde/Green
R	Rojo/Red
RE	Borde Rojo/Red edge
NIR	Infrarrojo Cercano /Near infrared
SWIR1	Infrarrojo de onda corta 1/Shortwave infrared 1
SWIR2	Infrarrojo de onda corta 2/Shortwave infrared 2

23: **WDRVI**: Wide dynamic range vegetation index

$$WDRVI = \frac{\alpha NIR - R}{\alpha NIR + R}; \text{ Valor por defecto : } \alpha = 0.2$$

VICAL permite al usuario configurar algunos parámetros de VIs (como **ARVI**, **ATSAVI**, **EVI**, **EVI2**, **OSAVI**, **SAVI**, **ATSAVI** y **WDRVI**), es decir, todos aquellos IVs que necesitan, además de las bandas de espectro, alguna variable de ajuste

El nombre de las bandas con las abreviaturas que se emplearon en las ecuaciones de los IVs se muestra en la Tabla 3.1.

*Si deseas agregar algun indice de vegetación puedes escribirnos al correo jimenez.sergio@inifap.gob.mx*



# Capítulo 4

## Configuración

Antes de calcular los IVs en VICAL se deben seleccionar una serie de parámetros que corresponden a la configuración.

### 4.1 Configuración General

En principio, para estimar el IV de cualquier superficie el usuario tiene dos opciones: *i) digitalizar polígonos o ii) Usar un archivo vector de GEE*. Además, es necesario configurar una serie de opciones, estos son:

**1). Rango de fechas:** Se debe ingresar una fecha inicial y final en que desea estimar estos índices de vegetación (Figura 4.1). La fecha deben tener el siguiente formato: *Cuatro dígitos para el año, dos para el mes y dos para el día (AAAA-MM-DD)*.

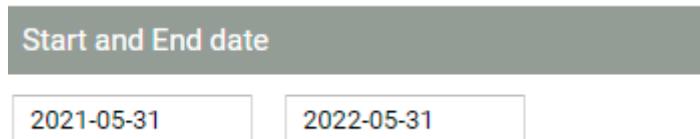


Figura 4.1: TextBox de Rango de fechas

VICAL utiliza este intervalo de fechas para buscar imágenes disponibles y con estas estimar valores del índice de vegetación. VICAL por defecto establece la fecha final como la fecha actual y la fecha inicial un año atrás a la fecha actual.

**2) porcentaje de nubes:** Se debe ingresar un umbral máximo de nubes en las imágenes, por defecto es establecido en 30% (Figura 4.2).



Figura 4.2: TextBox de umbral de porcentaje de nubes

**3). Satélite:** de los satélites LandSat y Sentinel-2 (descritos en la sección 2 **Satélite**), se derivan cuatro opciones disponibles (Figura 4.3):

*i) Landsat (7, 8 y 9):* proporciona imágenes LandSat de los sensores 7, 8 y 9 que se encuentren dentro del intervalo definido y con un umbral máximo de nubes. Los datos de Landsat 7 ETM+ se ajustaron espectralmente a las bandas espectrales de Landsat 8 y 9 (OLI y OLI-2) usando el procedimiento recomendado por (Roy, 2016), para generar un solo conjunto de datos armonizados.

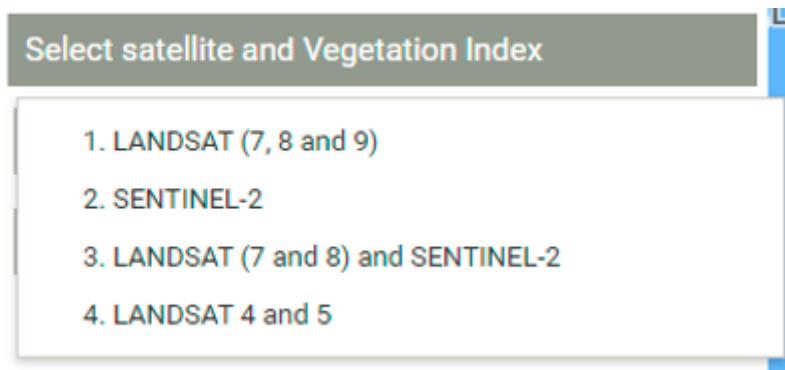


Figura 4.3: Satelites y sensores disponibles en VICAL

*ii) Sentinel-2:* solo proporciona imágenes Sentinel-2 que se encuentren dentro del intervalo definido y con el umbral máximo de nubes.

*iii) Landsat (7, 8 y 9) y Sentinel-2:* Proporciona tanto imágenes Landsat (7, 8 y 9) como Sentinel-2. Los datos MSI (Sentinel-2) se ajustan espectralmente a las bandas espectrales Landsat 8 y 9 (OLI y OLI-2) usando el procedimiento recomendado por (Claverie, 2018). Los datos de Landsat 7 ETM+ se ajustaron espectralmente a las bandas espectrales de Landsat 8 y 9 (OLI y OLI-2) usando el procedimiento recomendado por (Roy, 2016). De tal manera que se genera un solo conjunto de datos armonizados.

*iv) Landsat (4 y 5):* Proporciona imágenes LandSat de los sensores 4 y 5 que se encuentren dentro del intervalo definido y con un umbral máximo de nubes.

**4). Índice de vegetación:** El usuario puede seleccionar entre 23 IVs comúnmente empleadas en aplicaciones agrícolas (Figura 4.4), para revisar las fórmulas de cada índice de vegetación ver sección 3 **Índices de vegetación..**

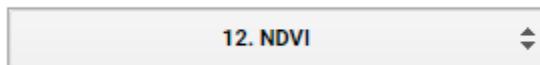


Figura 4.4: Selector de Indices de vegetación



Figura 4.5: Coeficientes de IV

**5) otras funciones adicionales:** VICAL permite seleccionar opciones adicionales (Figura 4.6), por ejemplo:

*i) Usar un archivo vector de GEE:* Como se mencionó en la parte inicial de esta sección, el usuario puede usar un archivo vector de GEE (tipo polígono). Cuando se selecciona esta opción se debe ingresar una dirección URL del archivo vector que ha sido cargado a GEE (Figura 4.7), de esta manera, aunque existan polígonos digitalizados VICAL reconoce que se deben calcular los índices de vegetación sobre los polígonos del archivo vector.

*ii) Mapa de regresión:* El usuario puede obtener como resultado un mapa de regresión tomando como base los valores de los IVs calculados, para ello puede seleccionar entre cuatro tipos de regresión (Figura 4.8): Lineal, cuadrático, potencial y exponencial y después ingresar los coeficientes de regresión.

*iii) Filtrar imágenes que cubran todo el polígono:* cuando se active esta opción se filtrar imágenes que cubran completamente el polígono(s) de la zona, de otra manera, se muestra imágenes aunque cubran un cierto porcentaje

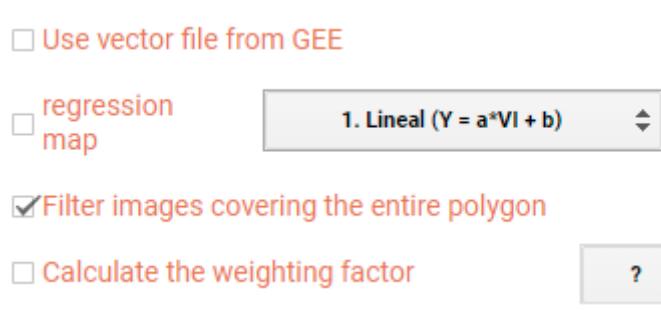


Figura 4.6: Opciones en VICAL

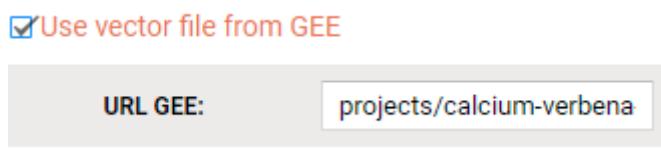


Figura 4.7: URL archivo vector de GEE

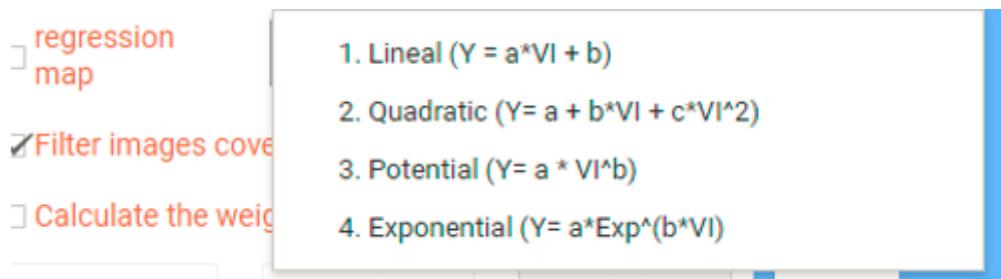


Figura 4.8: Funciones consideradas

de la zona. Esta opción es útil para polígonos que abarcan superficies grandes (cientos de has).

**iv) Calcular factor de ponderación:** Es la relación entre el valor del índice en un píxel y el promedio del índice en el polígono (parcela). Se calcula por cada polígono digitalizado. Este factor en una parcela agrícola es un indicador normalizado del potencial productivo de cada píxel de una imagen.

**5) Calcular:** : Cuando se tenga configurado las opciones se debe dar clic en **calculate** y se mostraran mínimo tres capas en el mapa: *i) imagen RGB de la primera imagen encontrada en el intervalo establecido, ii) índices de vegetación.*

## 4.2 Usando polígonos digitalizados

EL usuario puede digitalizar cualquier parcela (polígonos) usando las herramientas de dibujo que se encuentran en la esquina superior izquierda del mapa (Figura 4.9). El programa reconoce que se deben calcular los índices de vegetación sobre estos polígonos.

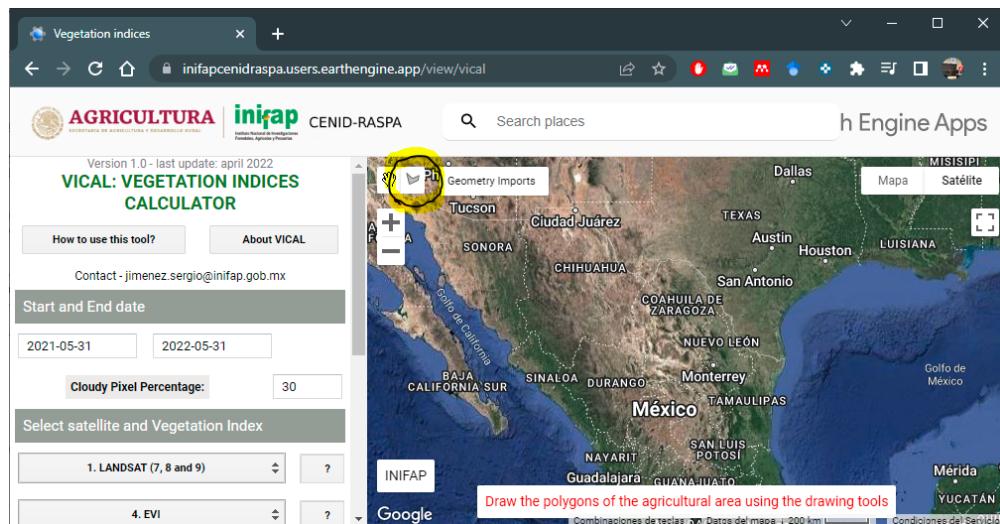


Figura 4.9: Herramientas de dibujo

Esta opción es útil cuando son pocas parcelas donde se desea estimar IVs (Figura 4.10). O bien, también es útil cuando se desea descargar índices de vegetación de una zona en particular sin importar los límites parcelarios (Figura 4.11).

Para editar el polígono o crear un nuevo polígono se debe dar clic en los botones “Edit y New Polygon” respectivamente. Estas opciones están disponibles después de que se ha realizado un calculo.

## 4.3 Usando archivo vector

Para esta opción, el usuario debe ingresar el **URL** del archivo vector con el que desea realizar los cálculos; esto indica que debe tener una cuenta en GEE e importar un archivo vector tipo polígono en su cuenta.

La URL se puede obtener dando clic izquierdo sobre el archivo que se encuentra en la pestalla **Assets** de su cuenta de GEE (Figura 4.12).

Una cuestión importante, para que el archivo vector se puede emplear en **VICAL** debe tener tener activado la casilla “Anyone can read” (Figura 4.13).

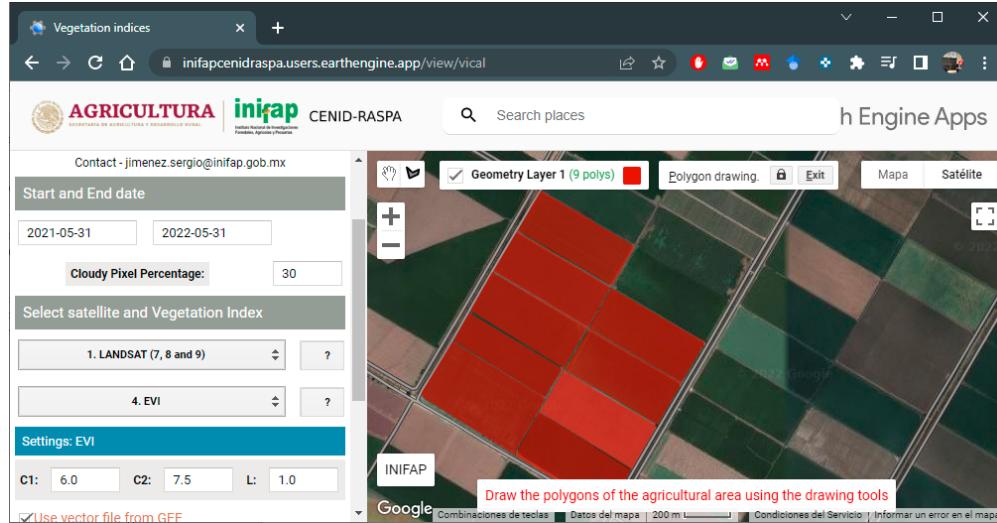


Figura 4.10: Parcelas digitalizadas

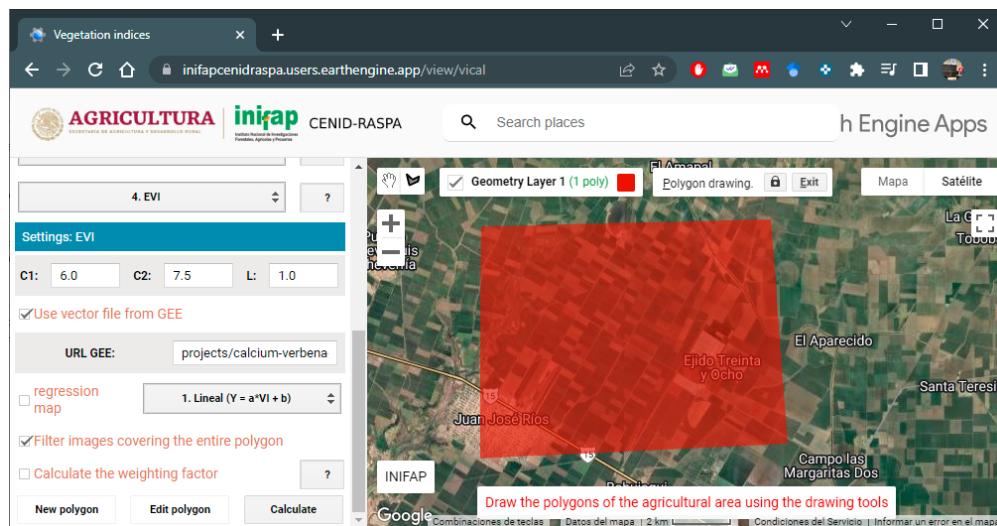


Figura 4.11: polígono digitalizados



Figura 4.12: detalles en GEE del archivo vector

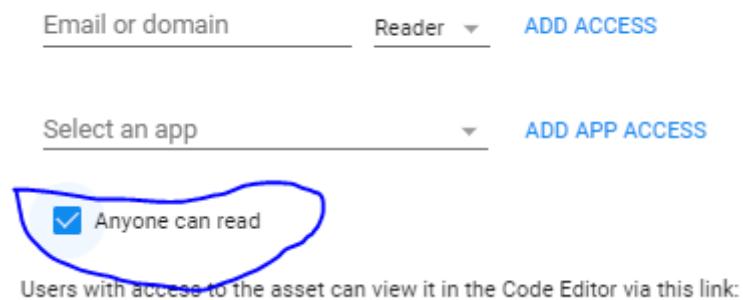


Figura 4.13: polígonos digitalizadas

# Capítulo 5

## Implementación

En esta sección se presenta un ejemplo de como navegar en dicha aplicación y como muestra los resultados VICAL.

### 5.1 Primeras visualizaciones

Cuando los índices de vegetación (IV) se calculan usando VICAL, se muestran mínimo tres capas obligatorias y otras opcionales: (i) combinación RGB (*Figura 5.1*), (ii) el IV seleccionado (*Figura 5.2*), (iii) factor de ponderación (opcional) calculado por cada polígono (*Figura 5.3*), (iv) el mapa de regresión (*Figura 5.4*) y (v) polígonos dibujados por el usuario. Estos mapas, en principio, son obtenidos a partir de la primera imagen encontrada de la colección de imágenes.

En las siguientes imágenes se muestran algunas visualizaciones obtenidas a partir de la URL que viene por defecto en VICAL y se activó la casilla “*Use vector file from GEE*” y activando la opción de *regresión lineal* con coeficientes de  $a=1.15$  y  $b=0.17$ .

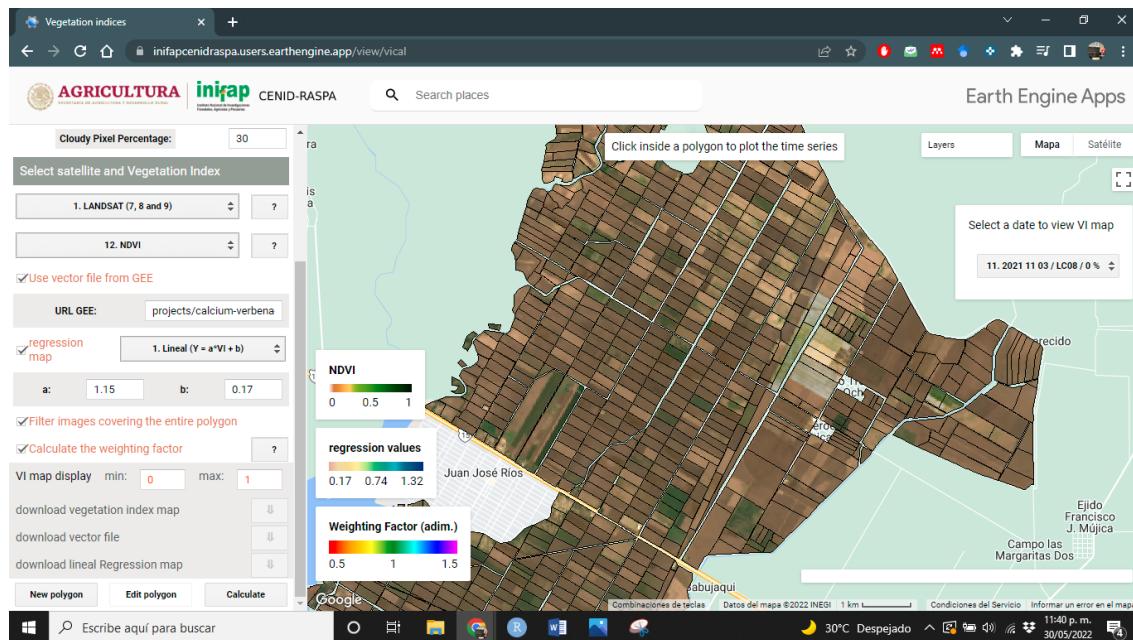


Figura 5.1: Combinacion RGB

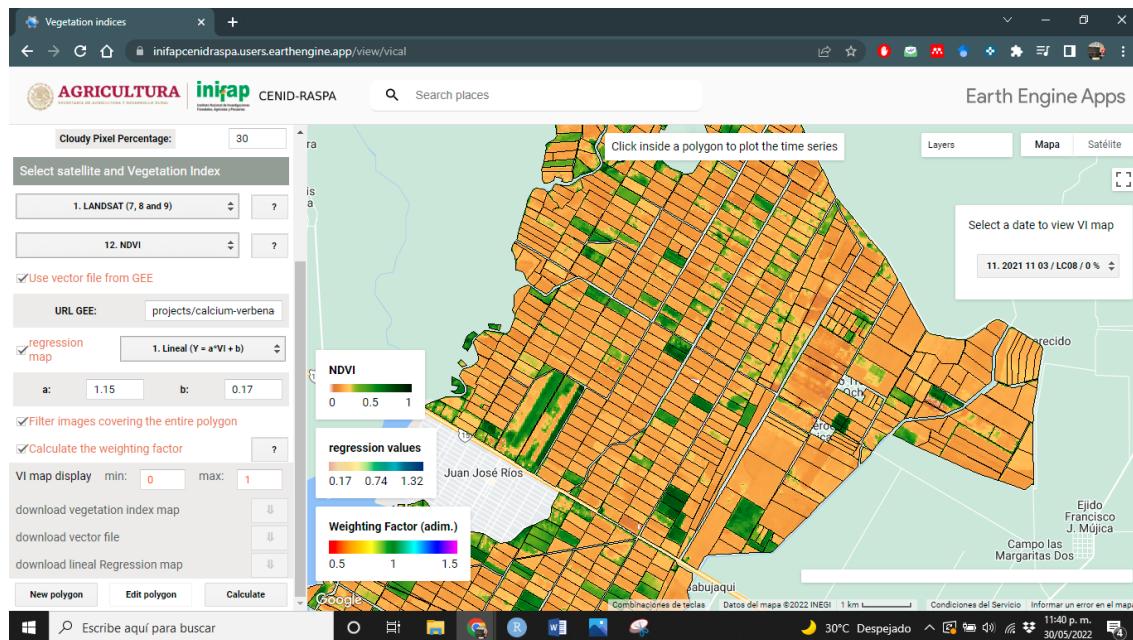


Figura 5.2: mapa de NDVI

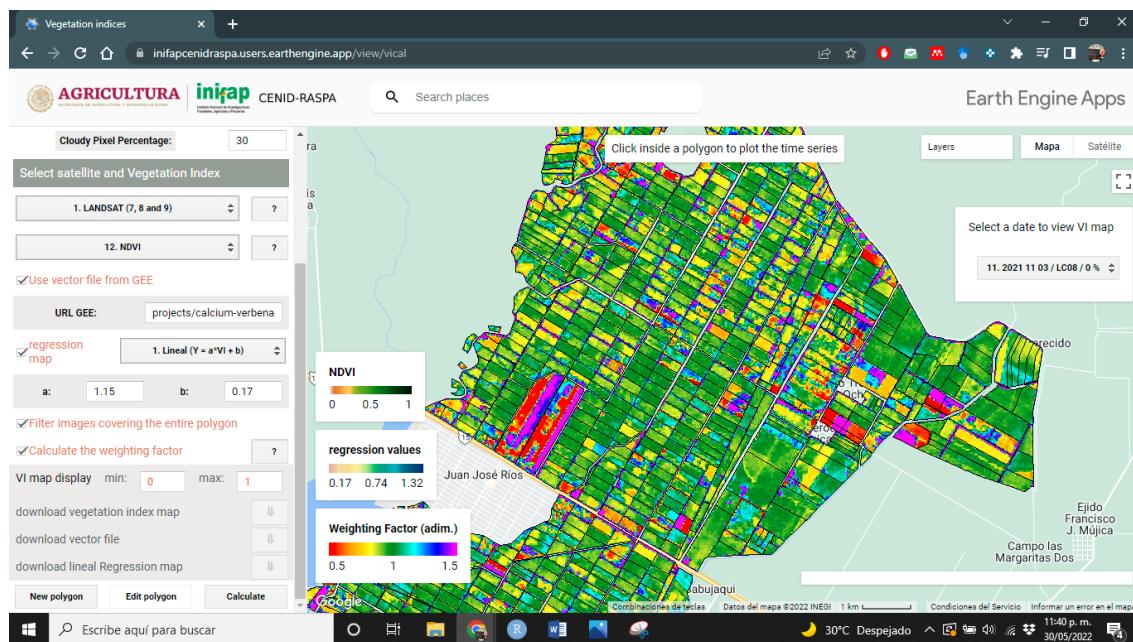


Figura 5.3: Factor de ponderación (opcional)

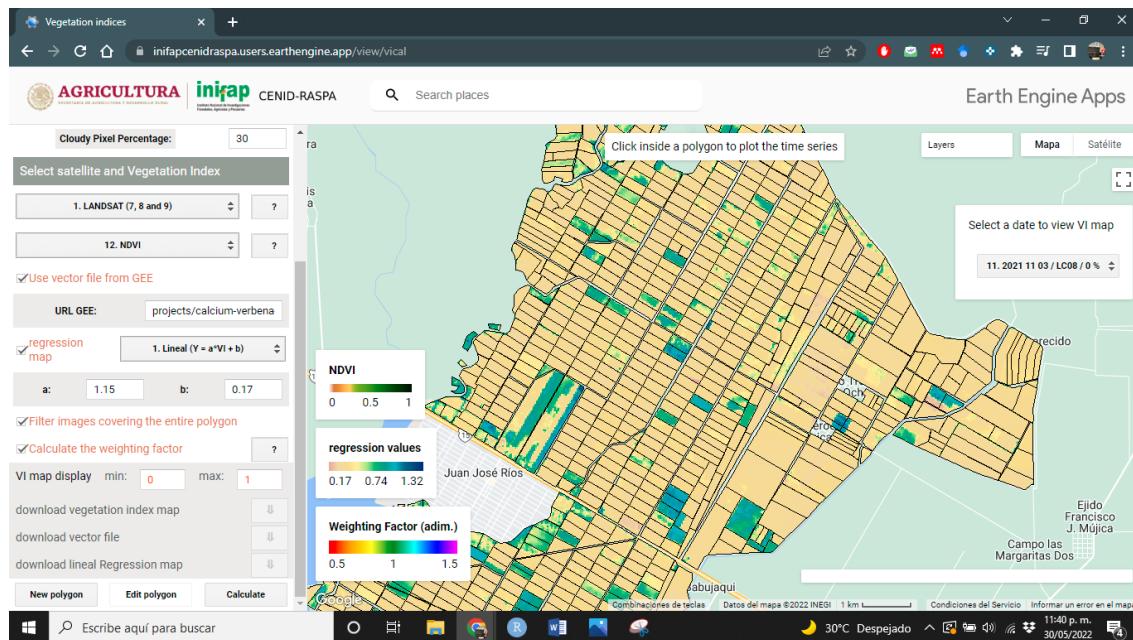


Figura 5.4: Mapa de Regresión (opcional)

## 5.2 Navegar entre imágenes

El programa crea una colección de imágenes definida por la configuración del usuario; el usuario puede navegar entre las imágenes encontradas, para ello, del lado superior derecho aparece una barra en donde al dar clic despliega unas filas donde cada una representa una imagen.

La nomenclatura corta que se empleó para nombrar las imágenes son (Figura 5.5): *Número de imagen encontrada + punto + Fecha de la imagen (comenzando por año, mes y día) + / + Sensor + / + Porcentaje de nubes en la imagen.*

Se debe dar clic en cualquier imagen que se desea visualizar y aparecerán las capas descritas en la sección 5.1 para la imagen seleccionada (Figura 5.6).

## 5.3 Visualización del mapa de IV

El usuario puede cambiar los valores de visualización del mapa de IV cambiando el rango en que varía el valor **máximo** y **mínimo**, para ello debe ingresar los valores en la opción “*VI map display*” (Figura 5.7) y presionar la tecla Enter con el teclado.

El programa reconoce cuando se cambia el valor y automáticamente crea la capa con la nueva visualización (Figura 5.8). Es posible cambiar estos valores de visualización después de que el usuario haya navegado entre imágenes.

## 5.4 Series de tiempo

La serie de tiempo del IV se obtiene al dar clic sobre cualquier polígono, por tanto, los valores son únicamente del polígono seleccionado. La serie de tiempo se muestra en una gráfica donde se calcula el promedio y desviación estándar de los valores del IV, cada punto representa una imagen encontrada según la configuración del usuario (Figura 5.10 y (Figura 5.11)).

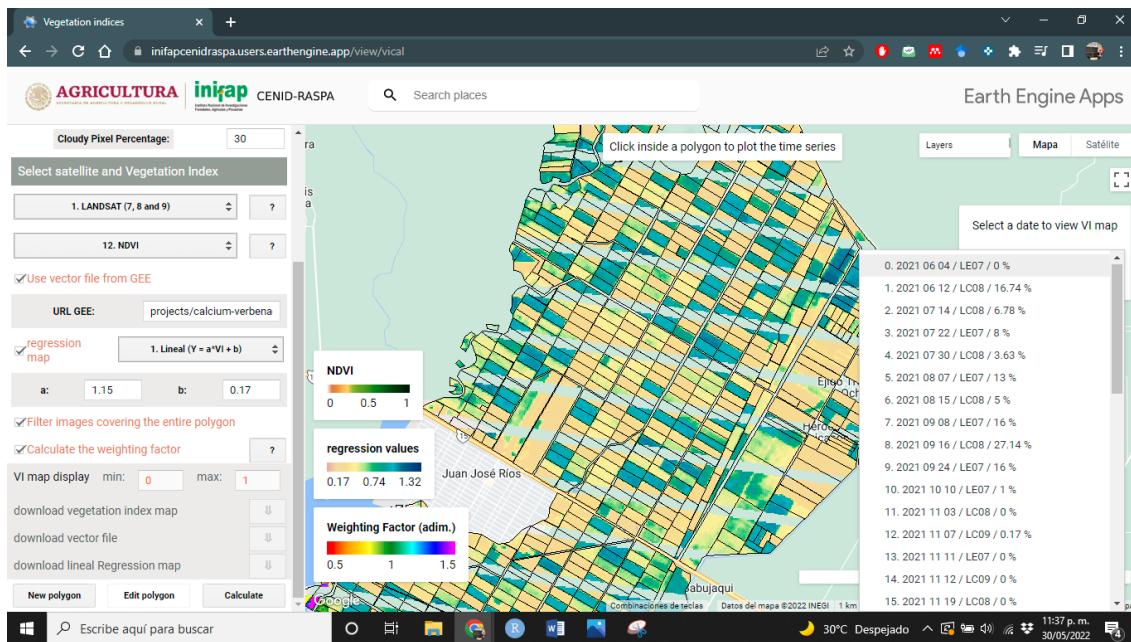


Figura 5.5: Lista de imágenes encontradas

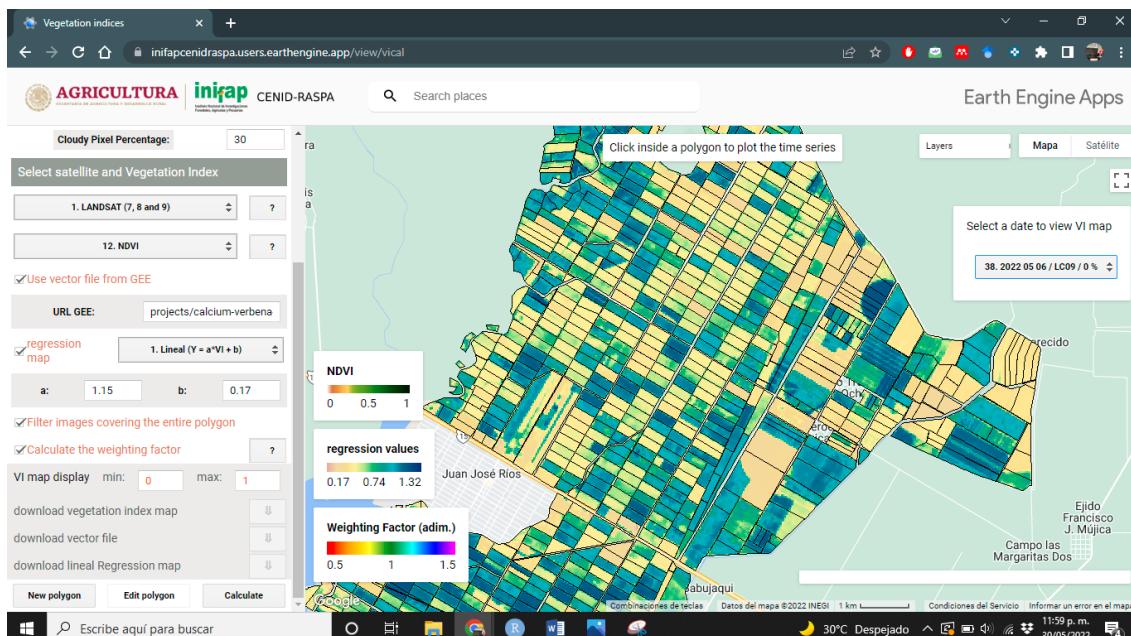


Figura 5.6: Mapas para fecha seleccionada

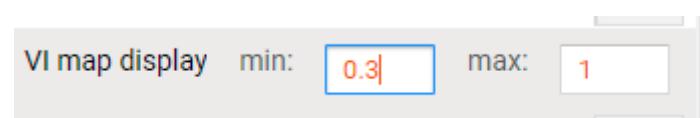


Figura 5.7: Ajuste de visualización del mapa de IV

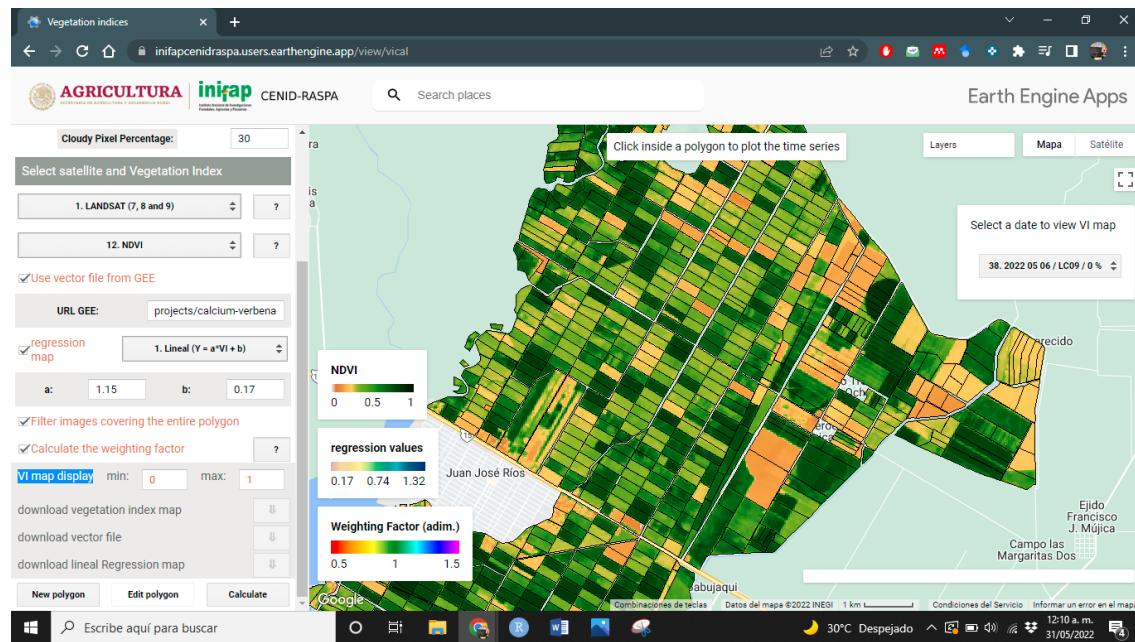


Figura 5.8: NDVI con valores en el rango [0,1]

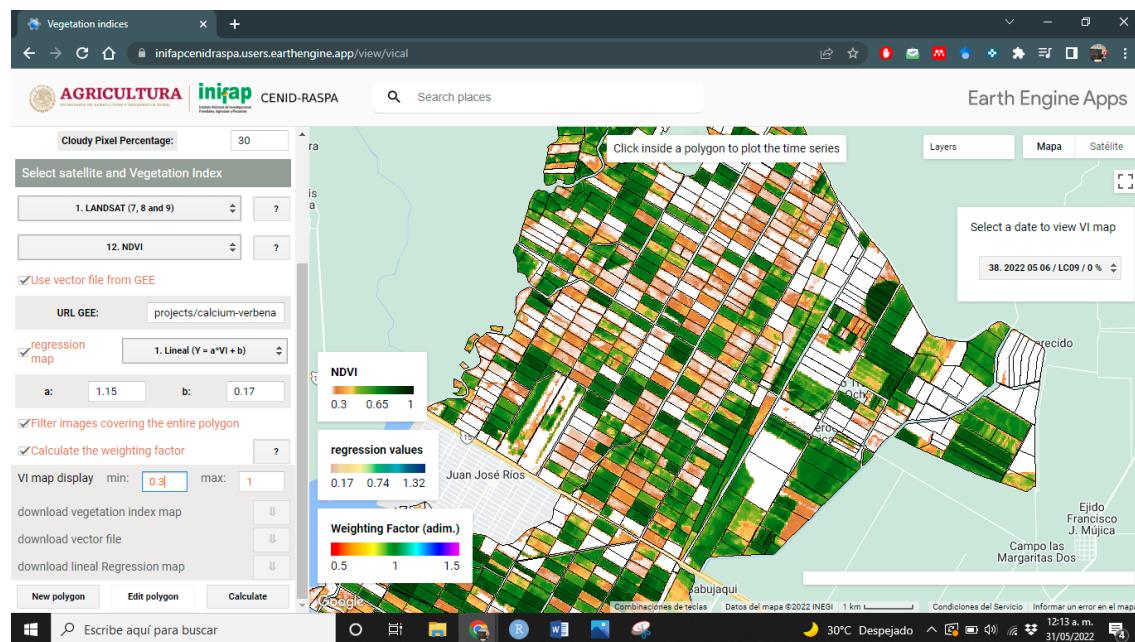


Figura 5.9: NDVI con valores en el rango [0.3,1]

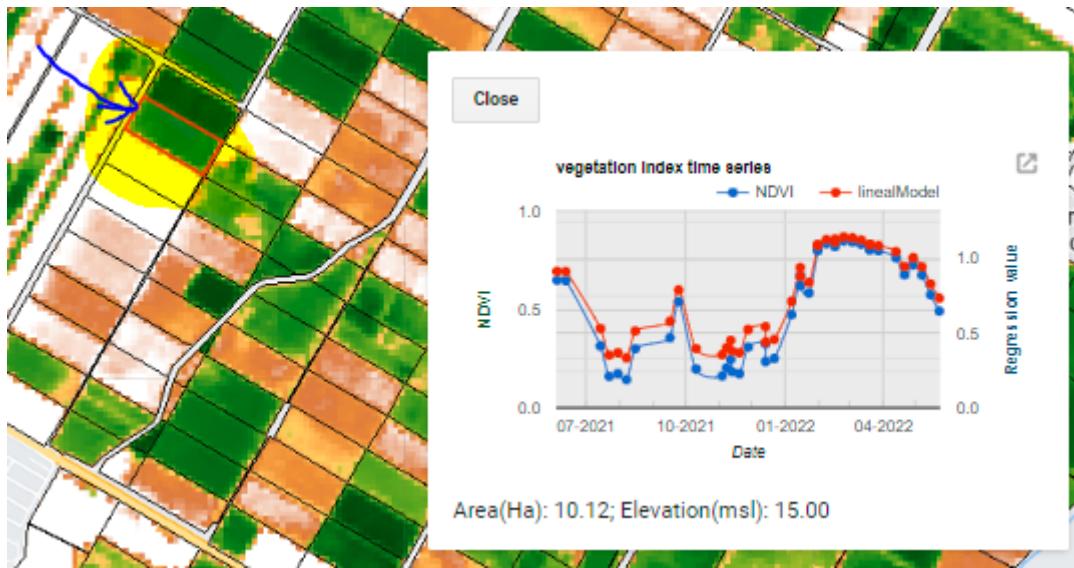


Figura 5.10: Serie de tiempo del IV para la parcela indicada

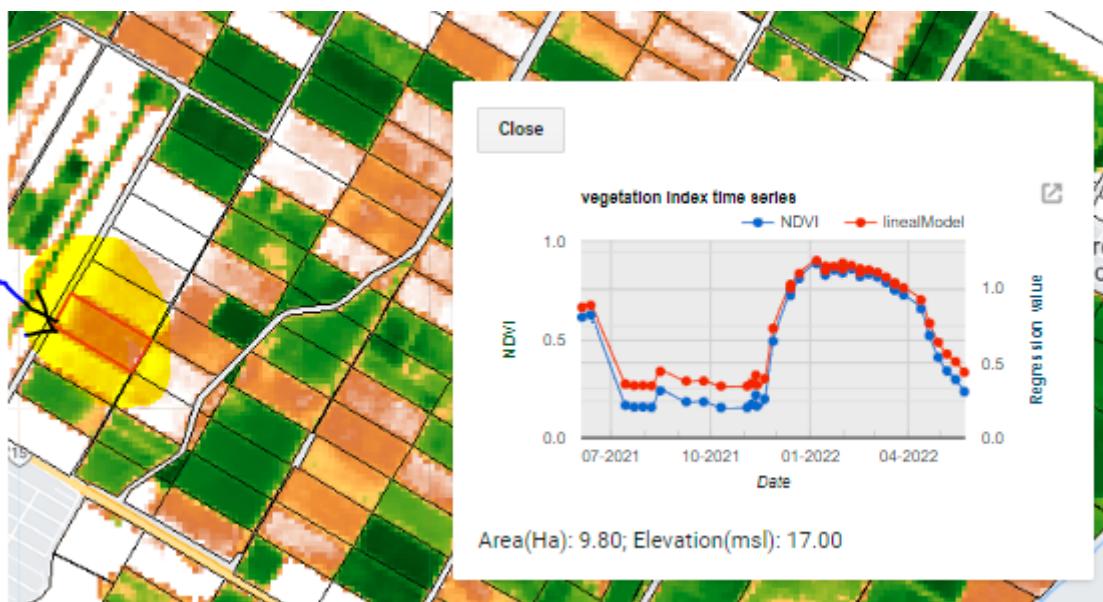


Figura 5.11: Serie de tiempo del IV para la parcela indicada

## 5.5 Descargar información

Se pueden descargar tres capas de las cinco que se muestran en el mapa. Estas opciones (botones) se muestran en la parte inferior de la sección de configuración (Figura 5.12). Las capas que se permiten descargar son:

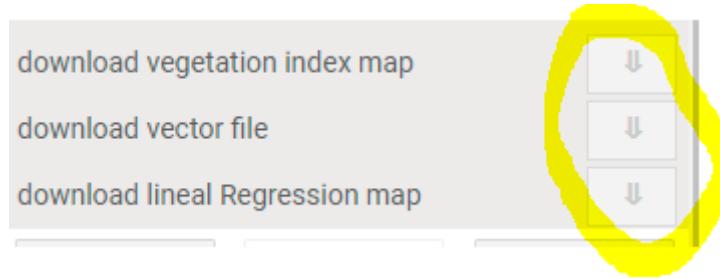


Figura 5.12: opciones de descarga

- Mapa de vegetación:** Se descarga la imagen Raster con valores del índice de vegetación calculada y recortada para la zona de interés, la descarga se realiza en formato TIF que puede ser visualizado por ejemplo en QGIS (*Figura 5.13*).
- Archivo vector:** Se descarga el polígono digitalizado o bien el archivo vector en formato kml, que puede ser visualizado por ejemplo en Google Earth.
- Mapa de regresión:** Esta opción está disponible si se activa la casilla de “regression map”, se descarga la imagen raster con valores del mapa de regresión y recortada para la zona de interés, la descarga se realiza en formato TIF que puede ser visualizado por ejemplo en QGIS.

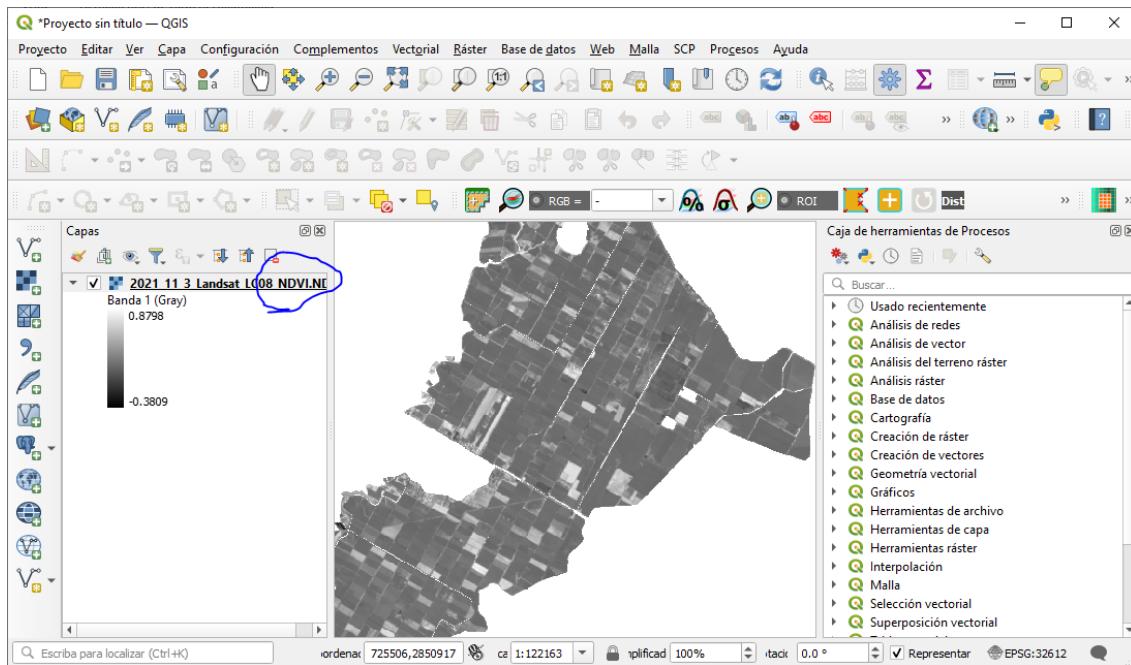


Figura 5.13: Imagen de NDVI visualizado en QGIS



# Capítulo 6

## VICAL en GEE

En esta sección se muestra cómo usar los archivos de VICAL para implementarlos en un script propio de GEE.

VICAL cuenta con tres archivos que puede importar a su Script, estos son:

```
// archivo para las colecciones de imagenes;
var imp = require('users/InifapCenidRaspa/VICAL:Exportaciones');
// archivo para los indices de vegetacion
var imp2= require('users/InifapCenidRaspa/VICAL:VegetationIndex');
// archivo para las visualizaciones
var St= require('users/InifapCenidRaspa/VICAL:Style');
```

### 6.1 Coleccion de imagenes

Antes de importar el conjunto de colecciones de imágenes se deben definir ciertas variables que van a ser útiles para filtrar la colección, estos son: i) un punto o polígono; ii) intervalo de fechas y iii) valor umbral de nubes en las imágenes; esto se muestra a continuación:

```
var fecha = ['2021-01-01', '2022-03-18']; //Fecha inicial y final
//poligono o punto
var table = ee.FeatureCollection("projects/calcium-verbena-328905/assets/Bate");
var p_nubes= 30;//Porcentaje de nubes
```

#### 6.1.1 Landsat

Si se desea usar imágenes LandSat (4, 5, 7, 8 y 9) corregidas atmosféricamente libre de nubes se puede usar el código siguiente, donde se crea una función para unir las colecciones de imágenes. Para ello se usa el archivo *imp*.

```
function ColeccionImagenSR(fecha, recorte, umbral)
{
  // se importan las colecciones de imagenes usando el archivo "imp"
  var L9sr = imp.ColeccionLandsatSR(fecha, 'LC09', recorte, umbral);
  var L8sr = imp.ColeccionLandsatSR(fecha, 'LC08', recorte, umbral);
  var L7sr = imp.ColeccionLandsatSR(fecha, 'LE07', recorte, umbral);
  var L5sr = imp.ColeccionLandsatSR(fecha, 'LT05', recorte, umbral);
  var L4sr = imp.ColeccionLandsatSR(fecha, 'LT04', recorte, umbral);
  //Los datos de ETM y ETM+ se ajustan espectrales a OLI y OLI-2
  var L7a = L7sr.map(imp.TMaOLI);
```

```

var L5a = L5sr.map(imp.TMaOLI);
var L4a = L4sr.map(imp.TMaOLI);
// Une las tres series de imágenes
var serieT = L9sr.merge(L8sr).merge(L7a).merge(L5a).merge(L4a).sort('system:time_start');
return serieT;
}
//SE importa la colección usando la función anterior
var l8Sergio=ColeccionImagenSR(fecha, table, p_nubes);
//podemos imprimir las imágenes usando la función print() para ver
//si se llevó a cabo el filtrado de la colección de imágenes (Figura 6.1)
print (l8Sergio);

```

Con estas colecciones de imágenes se pueden calcular series de tiempo de diferentes índices de vegetación.

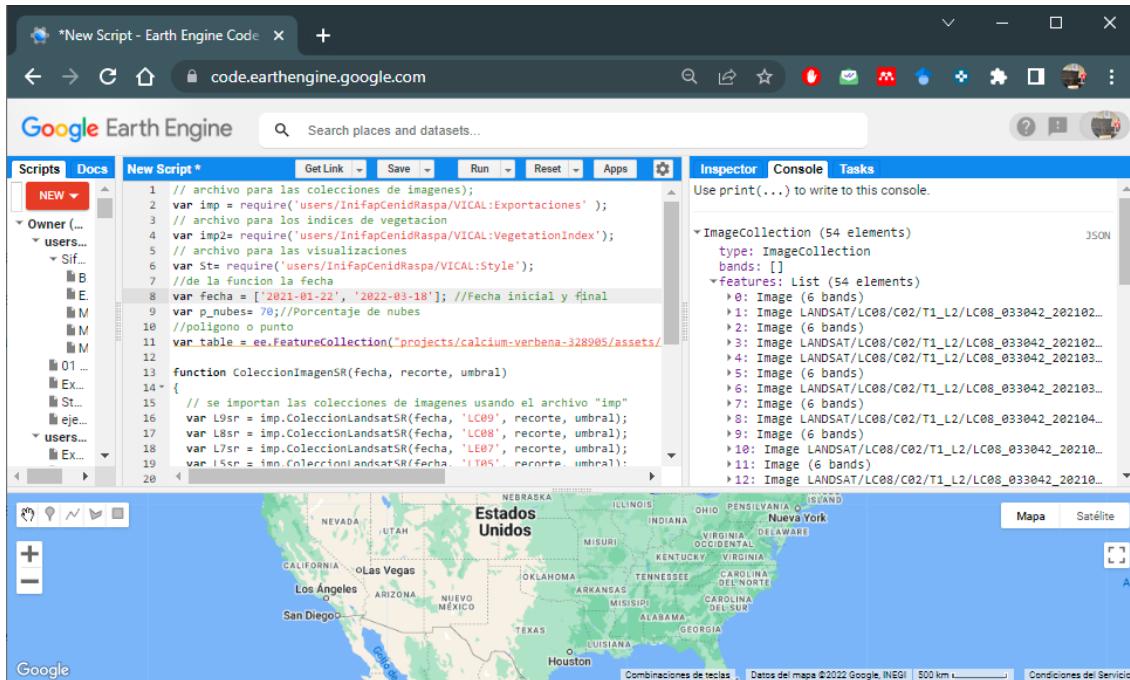


Figura 6.1: Impresión de colección de imágenes Landsat

### 6.1.2 Sentinel-2

Si se desea usar imágenes Sentinel-2 corregidas atmosféricamente libre de nubes se puede usar el siguiente código.

```

//SE importa la colección usando el siguiente código
var S2sr = imp.ColeccionImagenSentinelSR(fecha, table, p_nubes);
//podemos imprimir las imágenes usando la función print() para ver
//si se llevó a cabo el filtrado de la colección de imágenes (Figura 6.2)
print (S2sr);

```

### 6.1.3 Landsat y Sentinel-2

Si se desea usar imágenes LandSat y Sentinel-2 corregidas atmosféricamente libre de nubes se puede usar el siguiente código, los datos se ajustaron espectralmente a las bandas espectrales de Landsat 8. Se emplean las funciones descritas en la Sección 6.1:

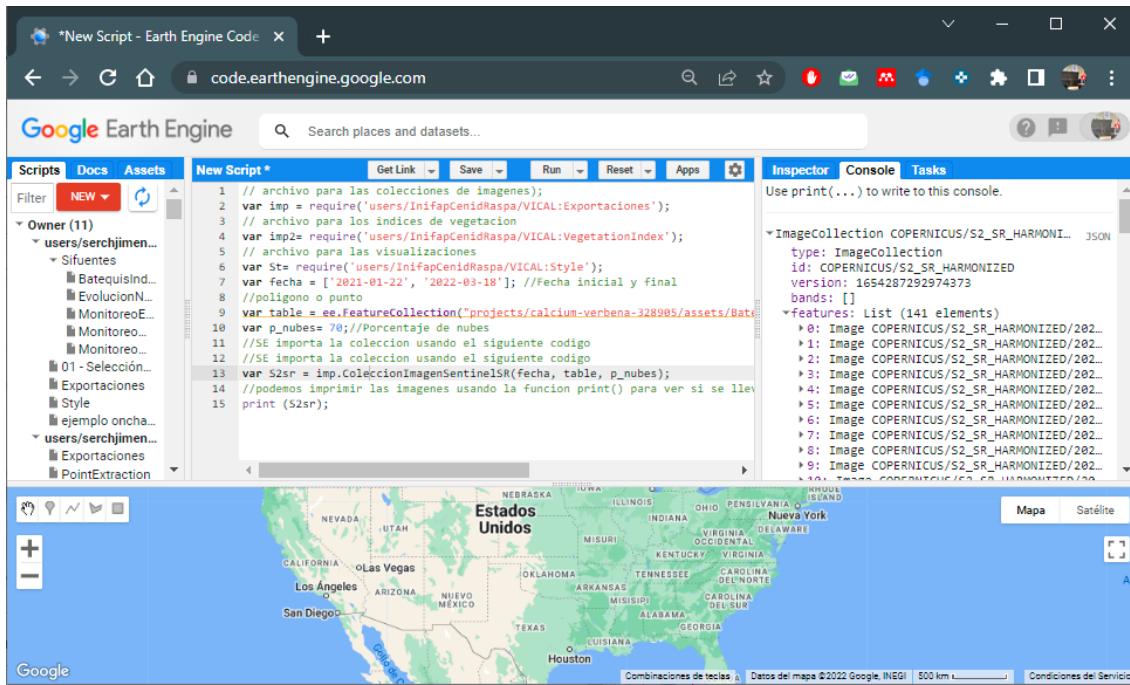


Figura 6.2: Impresión de colección de imágenes Sentinel-2

```

function ColecciónImagenAMBOS(fecha, recorte, umbral)
{
    //Se lee la function para imágenes Landsat con ajuste espectral
    var L8Conjunto=ColecciónImagenSR(fecha, recorte, umbral)
    //colección sentinel
    var S2sr = imp.ColecciónImagenSentinelSR(fecha, recorte, umbral);
    var S2a = S2sr.map(imp.MSIaOLI); //Se hace el ajuste espectral de sentinel-2 a Landsat
    var serieT = S2a.merge(L8Conjunto).sort('system:time_start');
    return serieT;
}

//SE importa la colección usando el siguiente código
var S2B = ColecciónImagenAMBOS(fecha, table, p_nubes);
//podemos imprimir las imágenes usando la función print() para ver
//si se llevó a cabo el filtrado de la colección de imágenes (Figura 6.3)
print (S2sr);

```

Para revisar un Script de ejemplo clic aquí [\(link\)](#)

## 6.2 Indices de vegetación

Para usar el código de índices de vegetación de **VICAL** se tienen que usar el archivo **imp2**; y se mandan a llamar estos IV usando los nombres de la columna **ExpresionGEE** que se muestran en la **Tabla 6.1**.

Por ejemplo, para calcular el NDVI con la colección de imágenes LandSat y Sentinel-2 de la sección 6.1.3 se usaría el siguiente código:

```
//Normalized Difference Vegetation Index- NDVI
var ivs = ee.ImageCollection(S2B.map(imp2.NDVI));
```

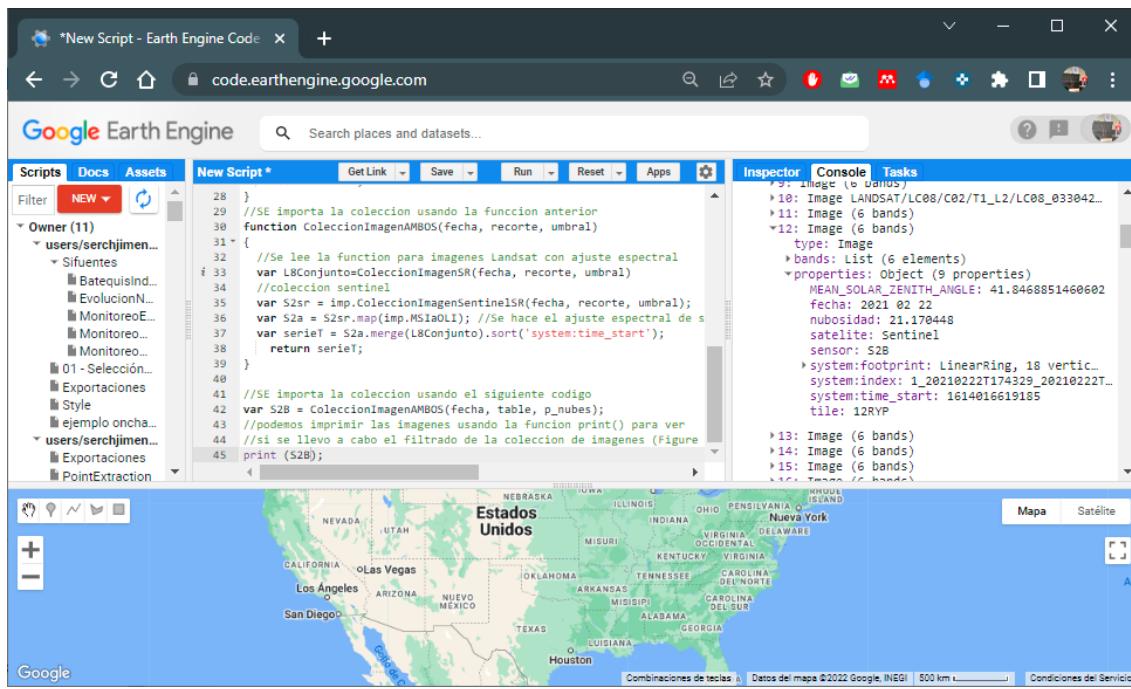


Figura 6.3: Impresion de colección de imágenes Landsat y Sentinel-2

```
//para imprimir y ver la banda de NDVI
print(ivs);
```

En la Figura 6.4 se muestra que en la colección de imágenes del conjunto armonizado aparece una sola banda que se llama **NDVI**.

Ahora, para visualizar en el mapa el **NDVI** de la primera imagen de la colección y recortado para la zona quedaría como se muestra en el código siguiente; donde para ver la paleta de colores se utilizaría el archivo **st** de "VICAL".

```
//Se obtiene el NDVI de la primera imagen en la colección
var iv = ivs.first();
//Paleta de colores donde se usa el archivo st
var ivVis = {min :0, max : 1, palette : St.paletaIV};
Map.addLayer(iv.clip(table), ivVis,'NDVI'); //Indice
//se centra el mapa a la zona
Map.centerObject(table, 13);
```

En la Figura 6.5. se muestra el mapa de NDVI para la zona de interés.

Para revisar el codigo del ejemplo clic aquí

Si se desea visualizar el NDVI de una imagen en particular se debe convertir a lista de después mandar a llamarlo.

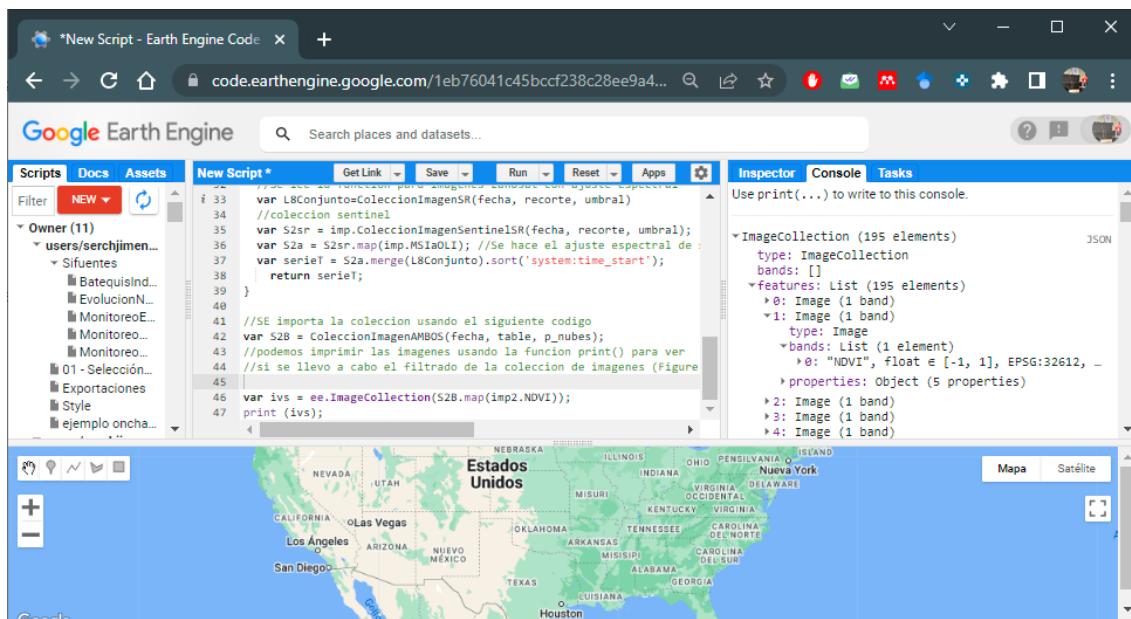


Figura 6.4: Impresion de colección de imagenes con banda NDVI

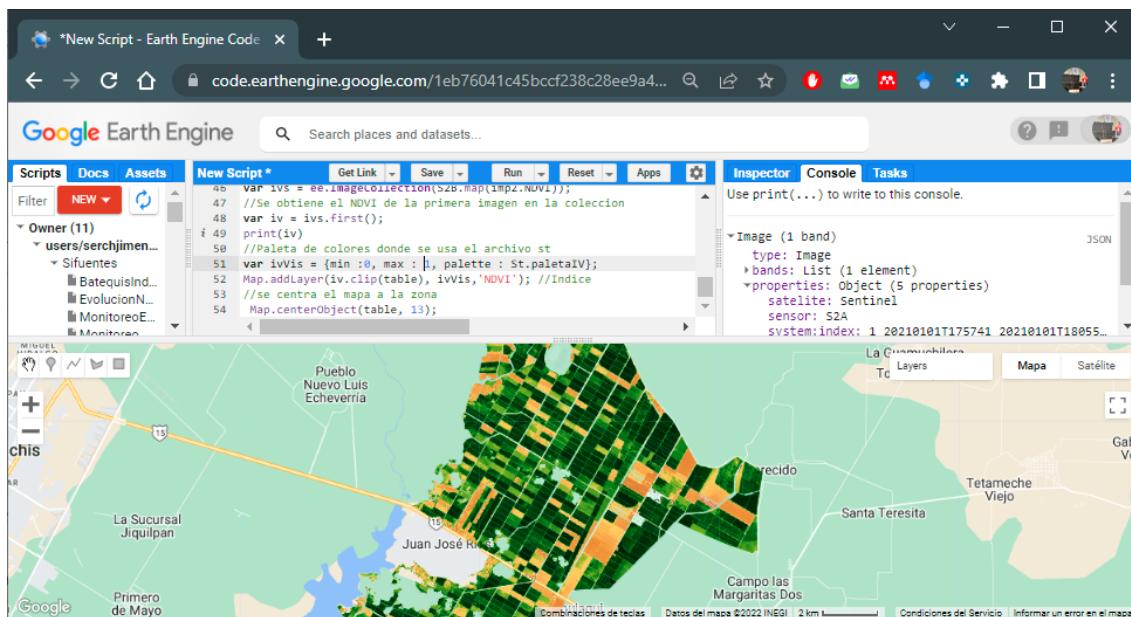


Figura 6.5: mapa de NDVI para el area de interes

Cuadro 6.1: Código de índices de vegetación considerados en VICAL

Número	Indice	Abreviatura	Expresión GEE	Coeficientes
1	Atmospherically resistant vegetation index	ARVI*	ARVI	=1.0
2	Adjusted transformed soil-adjusted vegetation index	ATSAVI*	ATSAVI	
3	Difference vegetation index	DVI	DVI	
4	Enhanced vegetation index	EVI	EVI	C1=6.0, C2= 7.5; L=1.0
5	Enhanced vegetation index	EVI2*	EVI2	C1=2.4
6	Green normalized difference vegetation index	GNDVI	GNDVI	
7	Modified soil adjusted vegetation index	MSAVI2	MSAVI2	
8	Moisture stress index	MSI	MSI	
9	Modified triangular vegetation index	MTVI	MTVI	
10	Modified triangular vegetation index-2	MTVI2	MTVI2	
11	Normalized difference tillage index (NDTI)	NDTI	NDTI	
12	Normalized difference vegetation index	NDVI	NDVI	
13	Normalized difference water index	NDWI	NDWI	
14	Optimized soil adjusted vegetation index	OSAVI*	OSAVI	X=0.16
15	Renormalized difference vegetation index	RDVI	RDVI	
16	Redness index	RI	RI	
17	Ratio vegetation index	RFVI	RFVI	
18	Soil adjusted vegetation index	SAVI*	SAVI	L=0.5
19	Triangular vegetation index	TVI	TVI	
20	Transformed soil adjusted vegetation index	TSAVI*	TSAVI	a= 1 ; b=0;
21	Visible atmospherically resistant index	VARI	VARI	
22	Vegetation index number or simple ratio	VIN	VIN	
23	Wide dynamic range vegetation index	WDRVI*	WDRVI	=0.2

## Capítulo 7

### Citar



# Capítulo 8

## Actualizaciones

Si tiene preguntas o encuentra que las actualizaciones introducen errores, envíe un correo electrónico a Justin a: [jimenez.sergio@inifap.gob.mx](mailto:jimenez.sergio@inifap.gob.mx)

### 8.1 02 de Mayo del 2022

-El usuario puede ingresar la **URL** de un archivo vector cargado desde GEE. -Se puede exportar el polígono digitalizado en formato *.kml*.



# Bibliografía

- Bannari, Morin, B. . H. (2009). *A review of vegetation indices*. *Remote Sensing Reviews*, 13(1–2), 95–120.
- Claverie, Ju, e. a. (2018). *The Harmonized Landsat and Sentinel-2 surface reflectance data set*. *Remote Sensing of Environment*, 219, 145–161.
- Roy, Kovalskyy, e. a. (2016). *Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity*. *Remote Sensing of Environment*, 185, 57–70.
- Xue, S. (2017). *Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications*. *Journal of Sensors*.