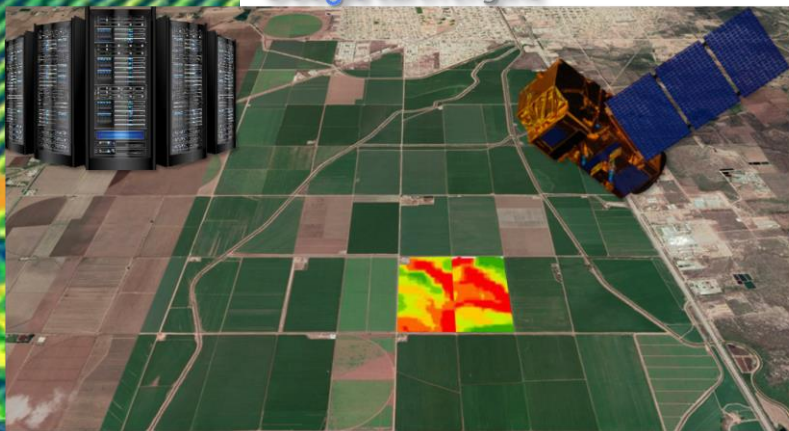


# TERCER SEMINARIO TEMÁTICO

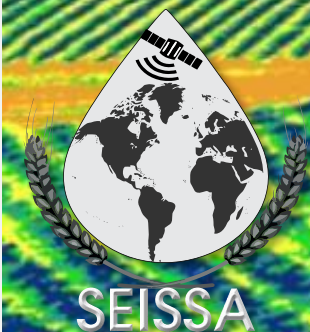
## La geomática aplicada a la Agricultura de Riego



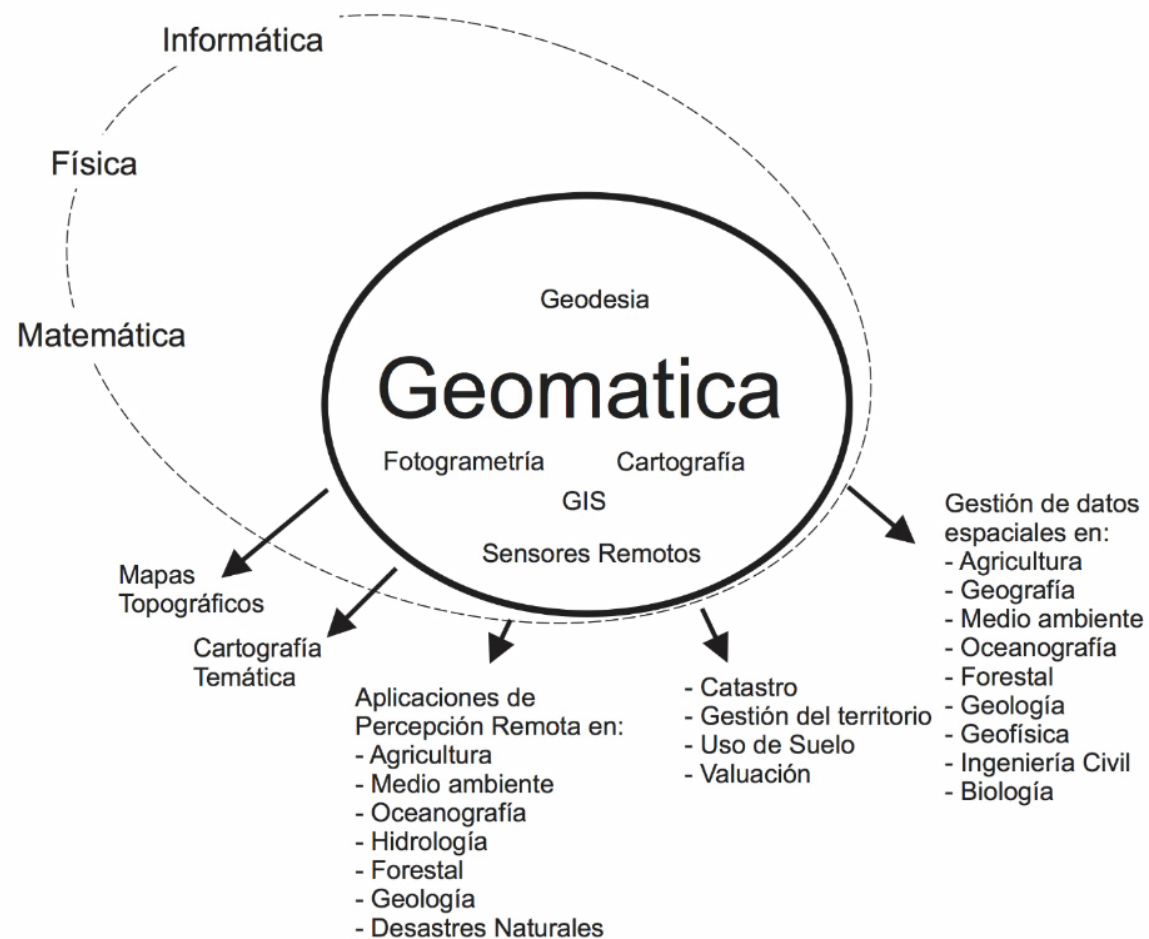
## Análisis Geomático en la Agricultura de Riego



Luis Alberto Palacios S.



12 de noviembre de 2020

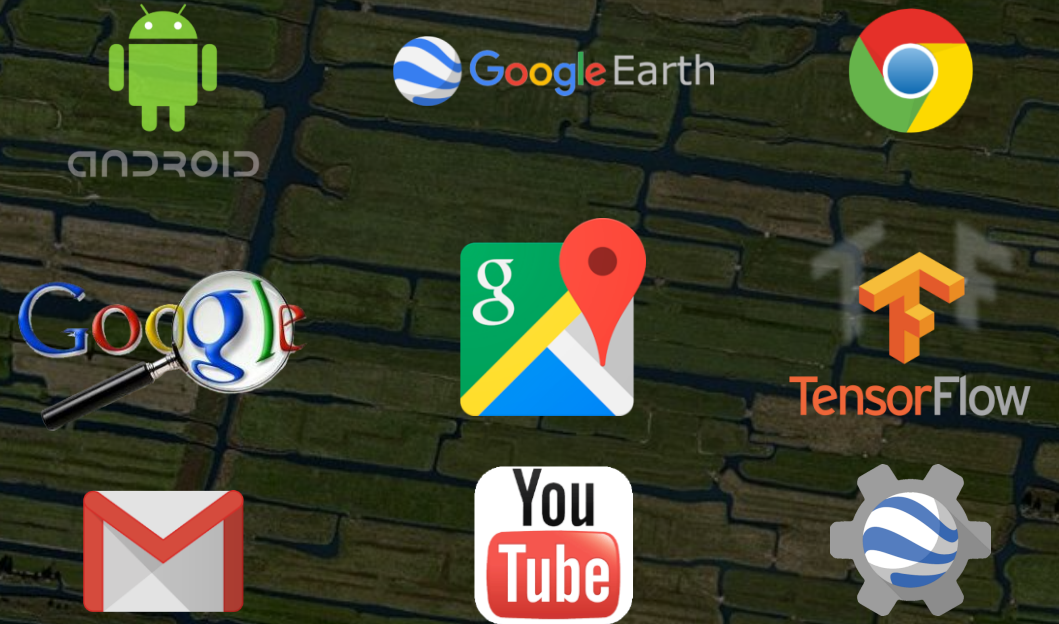


**Es la ciencia que se ocupa de la gestión de información geográfica mediante la utilización de tecnologías de la información y la comunicación. La gestión incluye la adquisición, captura, modelado, tratamiento, almacenamiento, recuperación, análisis, explotación, representación, visualización y difusión de la información geográfica y su aplicación en múltiples áreas.**

*Wikipedia*

# Google Earth Engine

Qué es Google Earth Engine?



Contiene diapositivas adaptadas de presentación de Google Earth Engine de Nicholas Clinton, Earth Engine Developer Relations, Google Inc.: <https://goo.gl/n5Gh5Q>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment.

# Catálogo de Datos de Earth Engine



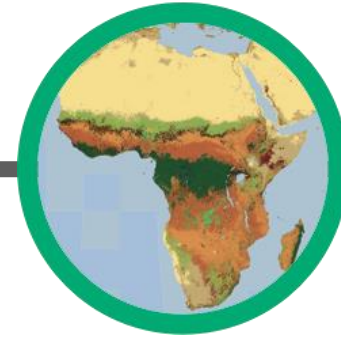
**Landsat & Sentinel 1, 2**  
10-30m, semanal



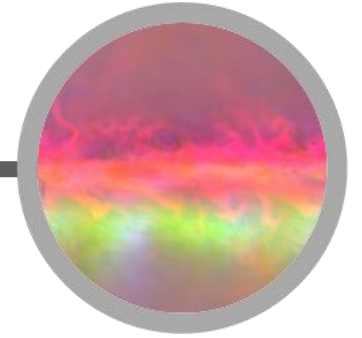
**MODIS**  
250m diario



**Datos Vectoriales**  
WDPAs, Tiger



**MDE y Cobertura terrestre**



**Atmósfera y Clima**  
NOAA NCEP, OMI, ...

... Y pueden agregar sus propios datos vectoriales, tablas e imágenes

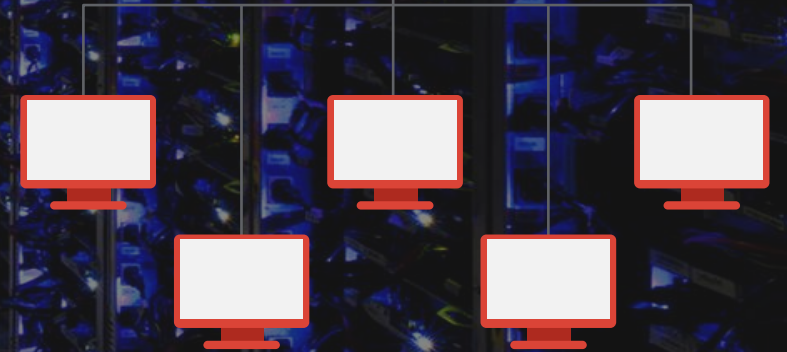
> 200 conjuntos de datos públicos

> 5 millones de imágenes

> 4000 nuevas imágenes diarias

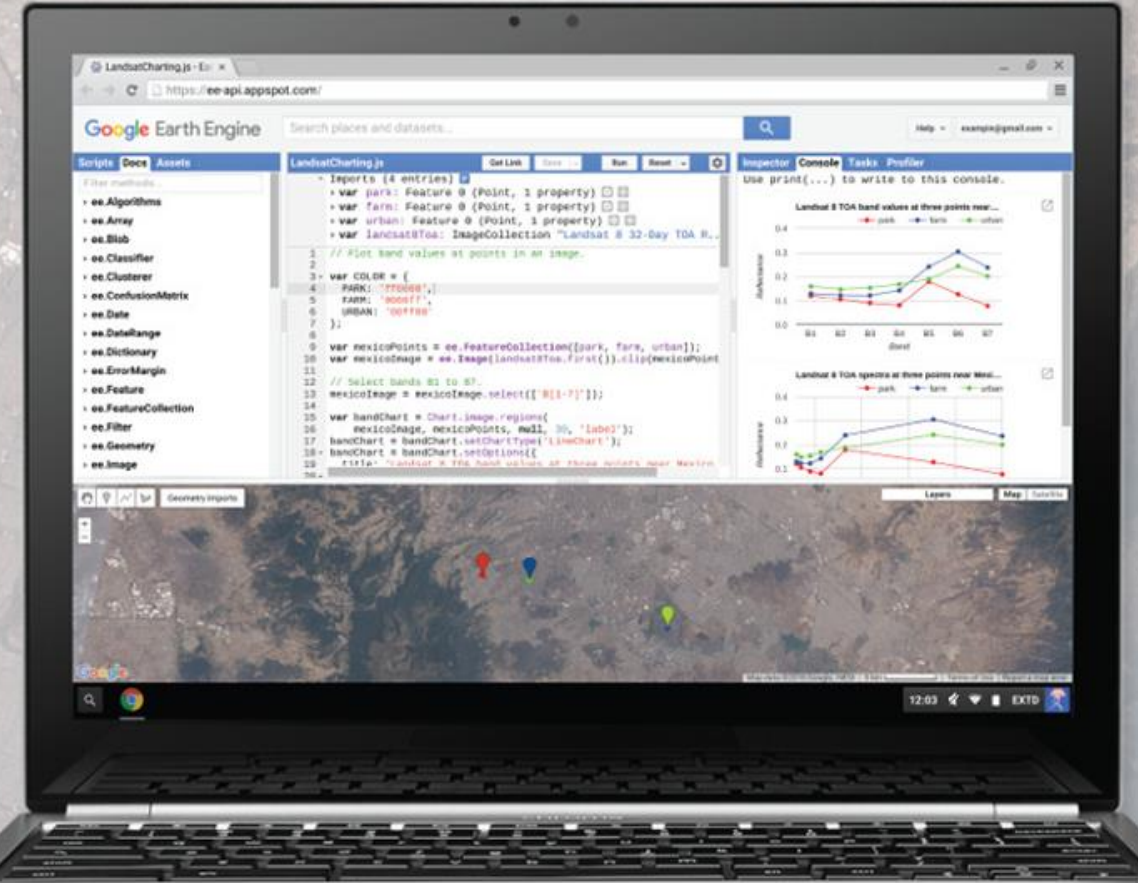
> 7 petabytes de datos

# Infraestructura computacional de Google



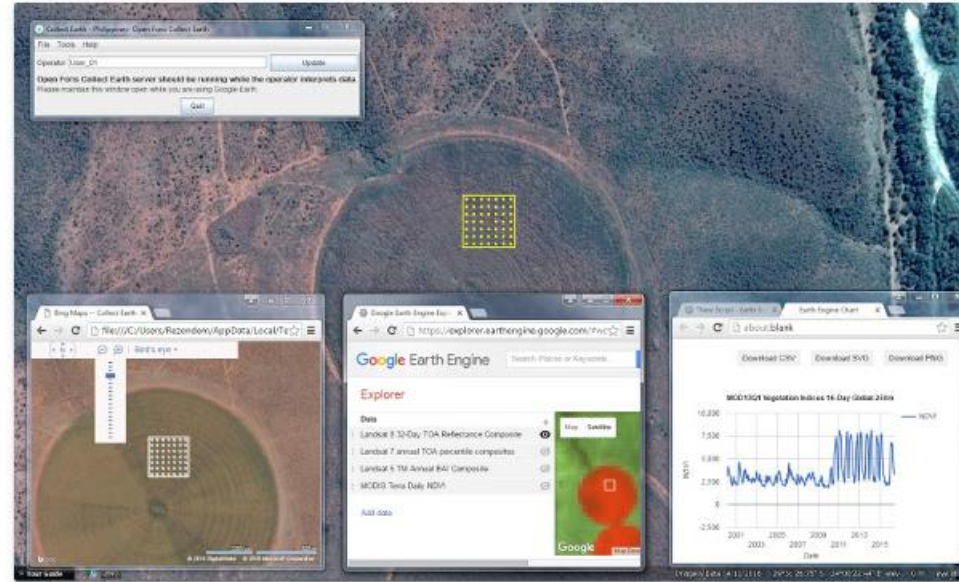
# Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)

JavaScript  
Python



# Collect Earth

**Collect Earth**, developed by the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, is a free, open source, and user-friendly tool using Google Earth and Google Earth Engine to visualize and analyze plots of land in order to assess deforestation and other forms of land-use-change. Launched in 2014, Collect Earth is part of the [Open Foris software suite](#), designed to help government, universities and non-profit organizations monitor land use, desertification, forest change, and land-use dynamics. [Learn more.](#)



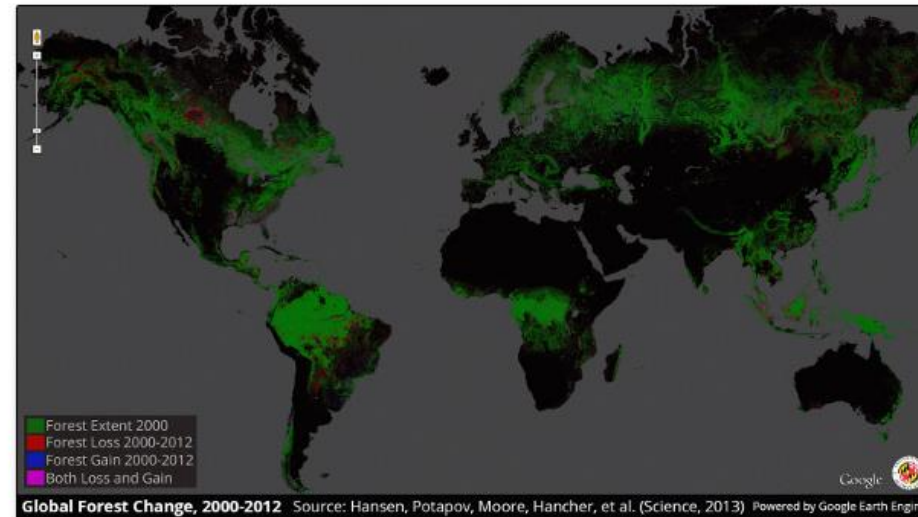
“

Collect Earth is a game changer – thanks to Google Earth Engine, we will be able to monitor the world’s forests much more efficiently together with all other actors.

- René Castro Salazar, FAO Assistant Director-General, Forestry Division

## Global Forest Cover Change

A team led by University of Maryland's [Matt Hansen](#) used Earth Engine to survey over a decade of global tree cover extent, loss, and gain. [The study](#), published in Science, analyzed nearly all global land, excluding only Antarctica and some Arctic islands. This area comprises 128.8 million km<sup>2</sup>, which is the equivalent of 143 billion pixels of Landsat data at a thirty-meter spatial resolution. To conduct such extensive analysis, Earth Engine performed computations in parallel across thousands of machines, as well as automatically managed data format conversion, reprojection and resampling, and image-to-pixel metadata association. [Learn more](#).



“

This is the first map of forest change that is globally consistent and locally relevant. What would have taken a single computer 15 years to perform was completed in a matter of days using Google Earth Engine computing.

- Professor Matt Hansen, University of Maryland



# EEFlux

This is version 0.20.3 of EEFlux. Automated calibration of ETrF is still evolving. The last update was Nov. 4, 2019. See the FAQ regarding the version numbers.

[Instructions](#)

[FAQ](#)

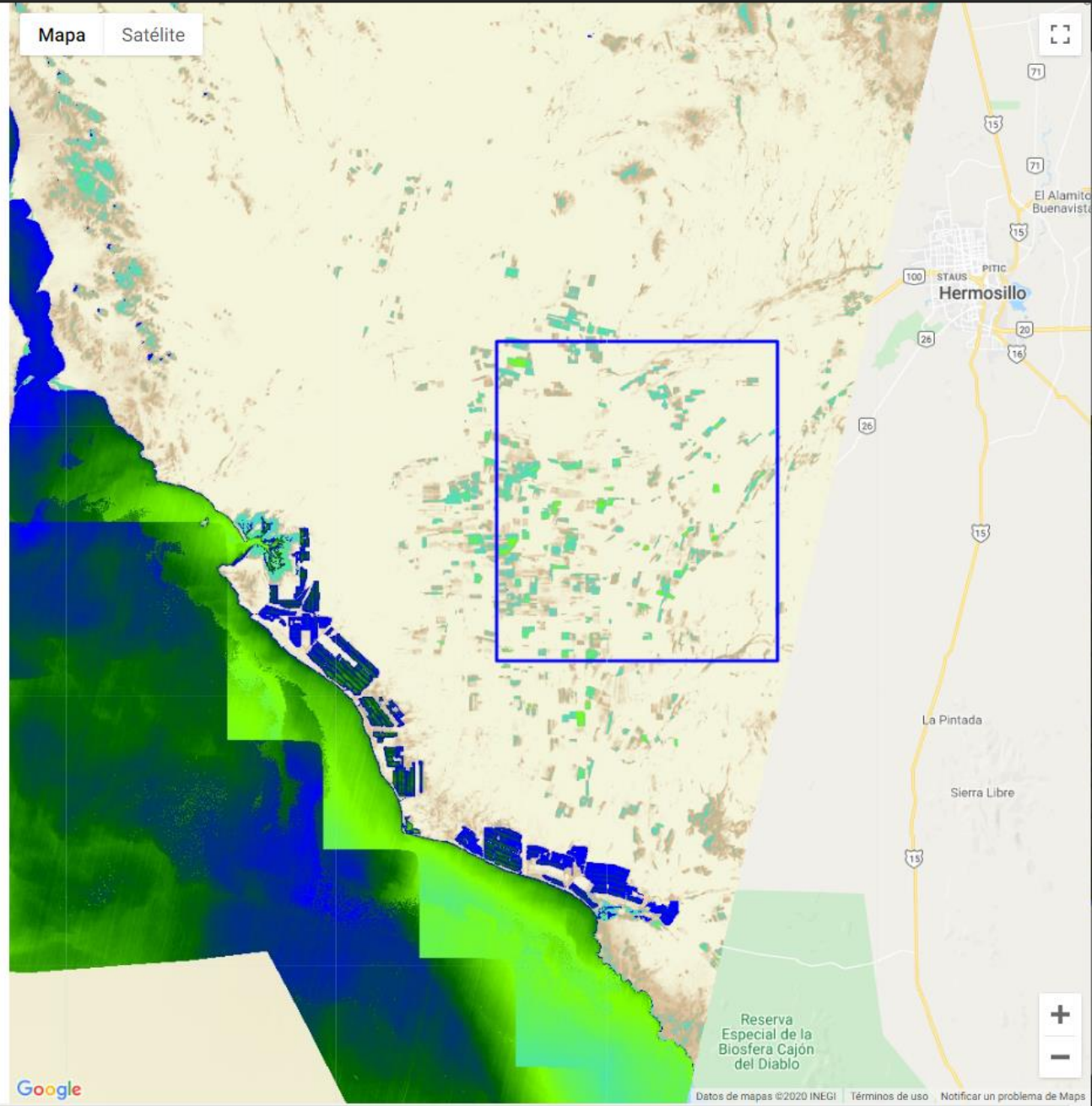
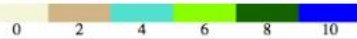
2019-05-11 / LC80360402019131LGN00 / Cloud 4% / Tier RT

[Products](#)

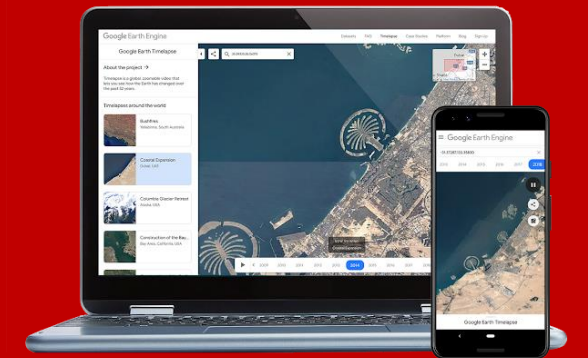
[Download Tiff](#)

- BASE MAP
- TRUE COLOR
- FALSE COLOR (4, 3, 2)
- FALSE COLOR (7, 5, 3)
- CLOUD MASK
- ALBEDO
- NDVI
- DEM
- LAND COVER
- SURFACE TEMPERATURE
- ALFAFA REFERENCE ET (ETr)
- GRASS REFERENCE ET (ETo)
- ETrF - std. calib.
- EToF - std. calib.
- ACTUAL ET - std. calib.

Actual ET (mm/day)



# Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)

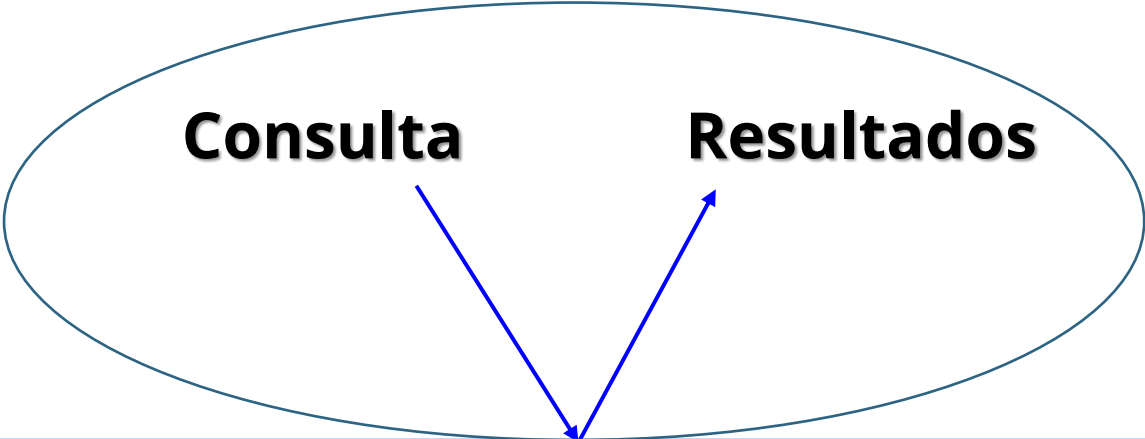


# Tipos de datos y funciones de procesamiento geoespacial

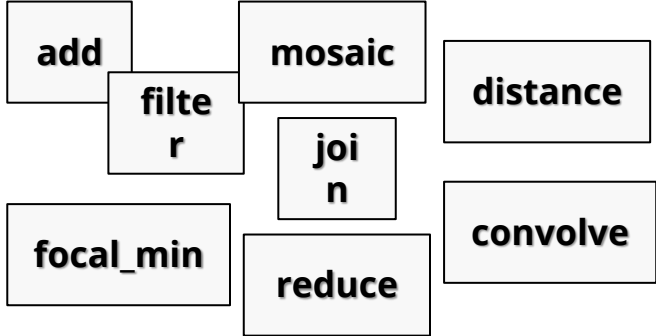
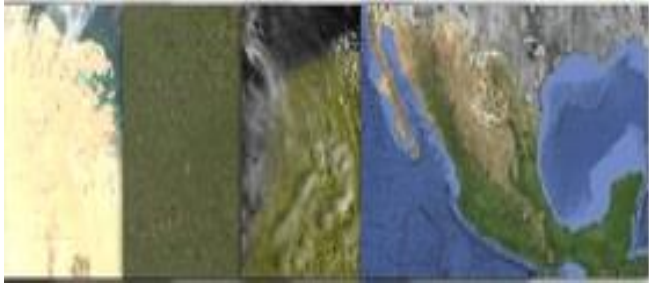
- **Image** - matemáticas de bandas, recorte, convolución, selección ...
- **Image Collection** - mapa, agregación, filtros, mosaicos, ordenamiento ...
- **Feature** - buffer, centroide, intersección, union, transformación ...
- **Feature Collection** - agregación, filtros, aplanado, unión, ordenamiento ...
- **Filter** - por límites, por distancia, fecha, día del año, metadatos...
- **Map, Iterate** – Se aplican funciones a todos los elementos de una colección...
- **Reducer** - media, regresión lineal, percentiles, histogramas ....
- **Join** - simple, interna, externa, invertida ...
- **Kernel** - cuadrado, círculo, gaussiano, sobel, kirsch ...
- **Machine Learning** - CART, random forests, bayes, SVM, kmeans, cobweb ...
- **Projection** - transformaciones, traslaciones, escala ...

Más de 1000 tipos de datos y operadores

**Cliente**



**Conjunto de Datos Geospaciales**



**Operaciones Básicas Algorítmicas**



**Servidor**

**Almacenamiento y Computación**

# Entorno de Desarrollo Integrado JavaScript de Earth Engine (Editor de Código)

The screenshot displays the Google Earth Engine JavaScript Editor interface. At the top, the Google Earth Engine logo and a search bar are visible. Below the search bar, there are tabs for 'Scripts', 'Docs', and 'Assets'. The 'Scripts' tab is active, showing a list of scripts under the user 'luispalacios59'. The main editor area is titled 'Validación' and contains the following JavaScript code:

```
1 // Monitoreo de parcelas para seguimiento del desarrollo
2 // (c) 2019, Luis Alberto Palacios Sánchez
3
4 // Redes neuronales para estimación de variables biofísicas y bioquímicas
5 var redn = require('users/luispalacios59/DesCultivos:RedNeuroBio');
6
7
```

To the right of the code editor is the 'Inspector' and 'Console' panel. The console shows the instruction: 'Use print(...) to write to this console.'

Below the code editor is a map interface. The map title is 'S2B - Sat, 16 Feb 2019 18:06:45 GMT'. The map shows a satellite image of a field with a color-coded overlay representing the estimated variables. The map interface includes a 'Layers' panel, 'Mapa', and 'Satélite' buttons. A zoom control is visible on the left side of the map.

On the left side of the map, there is a sidebar titled 'Estimación de variables biofísicas y bioquímicas del dosel'. It contains the following controls:

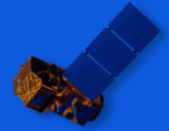
- Fecha inicial: 2018-11-01
- Fecha final: 2019-06-30
- Seleccione variables: fCob
- Seleccione cultivos: Trigo
- Buttons: Consultar, Exp. tabla

At the bottom right of the map, there is a data visualization panel titled 'Dar click en un punto de la gráfica para mostrar imagen'. It contains a scatter plot with the following data points:

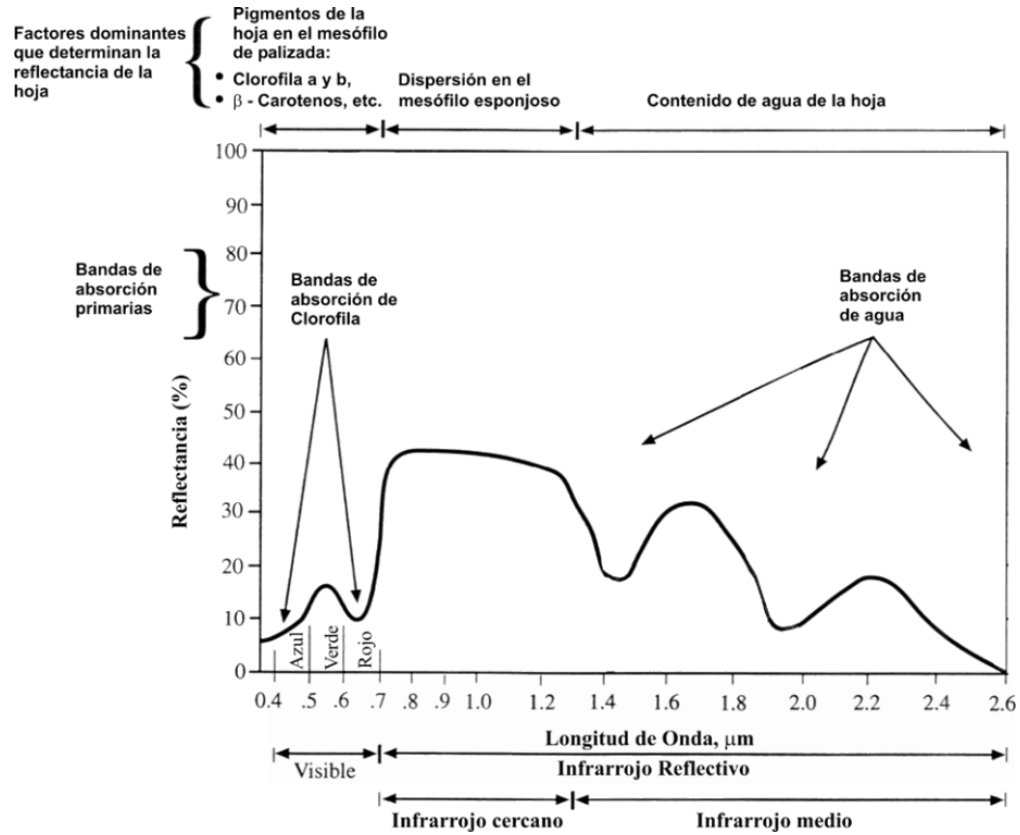
Fecha	fCob (S2A)	fCob (S2B)
November 2018	0.1	0.1
December 2018	0.2	0.2
January 2019	0.7	0.8
February 2019	0.9	0.9
March 2019	0.9	0.9
April 2019	0.9	0.9
May 2019	0.4	0.2
June 2019	0.1	0.1
July 2019	0.1	0.1

The plot shows a seasonal cycle in the fCob variable, peaking in late winter/early spring and reaching a minimum in late summer. The S2A and S2B data points are very similar, indicating high consistency between the two sensors.

# Ejemplos de aplicación en agricultura de riego



# Índices de Vegetación



## Hoja Saludable Hoja Estresada

IRC 50% Rojo 8%



NDVI = 0.72

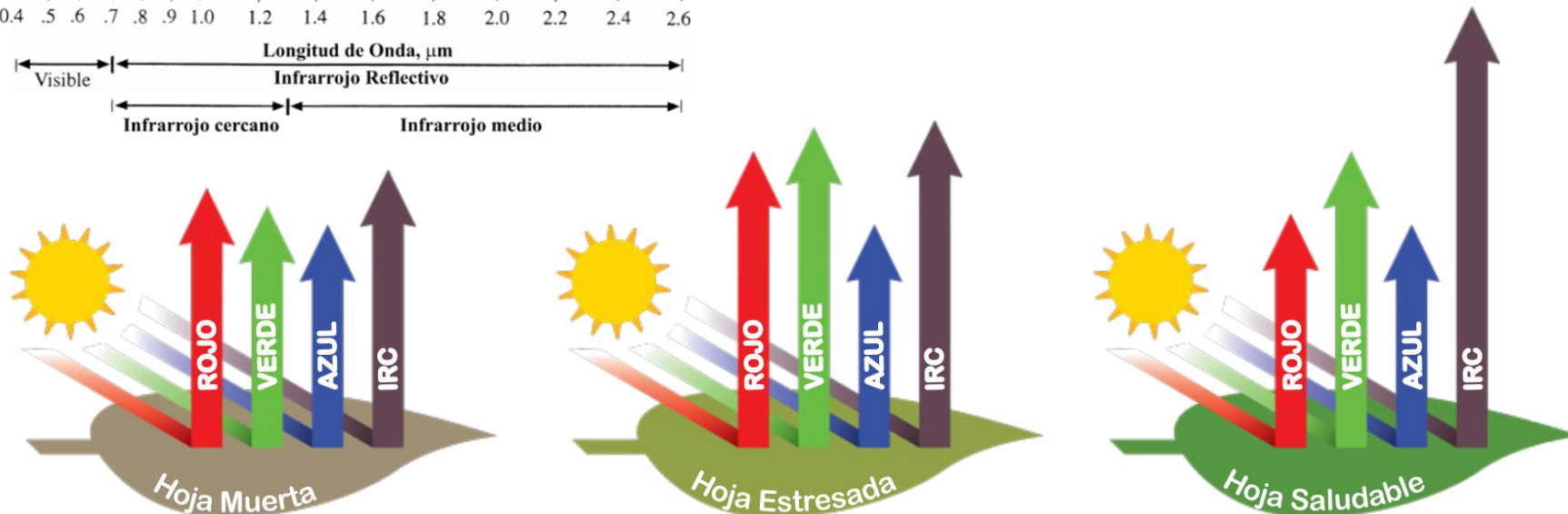
IRC 40% Rojo 30%



NDVI = 0.14

$$NDVI = \frac{IRC - Rojo}{IRC + Rojo}$$

(NDVI, índice de vegetación de la diferencia normalizada)



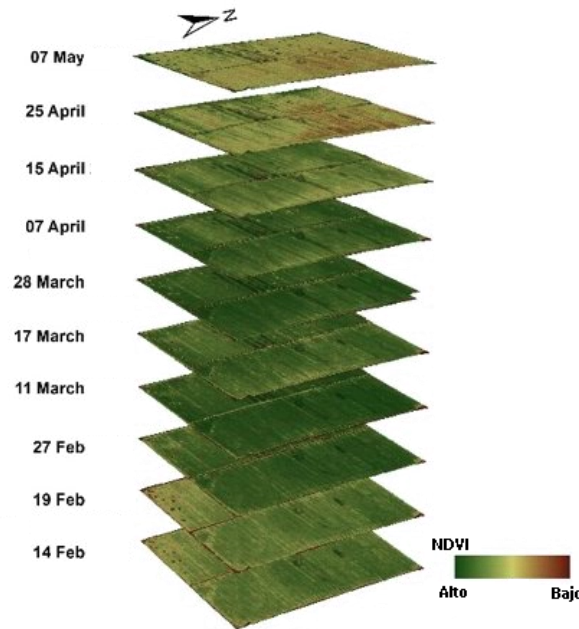
# Monitorizar Desarrollo de Cultivos

## Índices de Vegetación

- NDVI
- SAVI
- MSI
- EVI

## Satélites:

- Landsat 7
- Landsat 8
- Sentinel 2A
- Sentinel 2B



Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada

$$NDVI = \frac{IRC - Rojo}{IRC + Rojo}$$

Índice de Vegetación Ajustado por Suelo

$$SAVI = (1 + L) \frac{IRC - Rojo}{L + IRC + Rojo}$$

Índice de Estrés de Humedad

$$MSI = \frac{IRM1}{IRC}$$

Índice de Vegetación Mejorado

$$EVI = \frac{2.5 * (IRC - Rojo)}{IRC + 6.0 * Rojo - 7.5 * Azul + 1}$$



```

===== Armoniza ETM+ a OLI =====
Roy, D. P., Kovalskyy, V., Zhang, H. K., Vermote, E. F., Yan, L., Kumar, S. S., & Egorov, A. (2016).
Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation
index continuity. Remote sensing of Environment, 185, 57-70.
*/
function TMaOLI(imagen)
{
  var pendientes = ee.Image.constant([0.9785, 0.9542, 0.9825, 1.0073, 1.0171, 0.9949]);
  var ordorig = ee.Image.constant([-0.0095, -0.0016, -0.0022, -0.0021, -0.0030, 0.0029]);
  var imgArm = imagen.select(['blue', 'green', 'red', 'nir', 'swir1', 'swir2'])
    .multiply(pendientes).add(ordorig.multiply(10000))
    .int16()
    .copyProperties(imagen, ['SOLAR_ZENITH_ANGLE',
      "system:time_start", "satelite", "sensor", "tile"]);
  return imgArm;
}

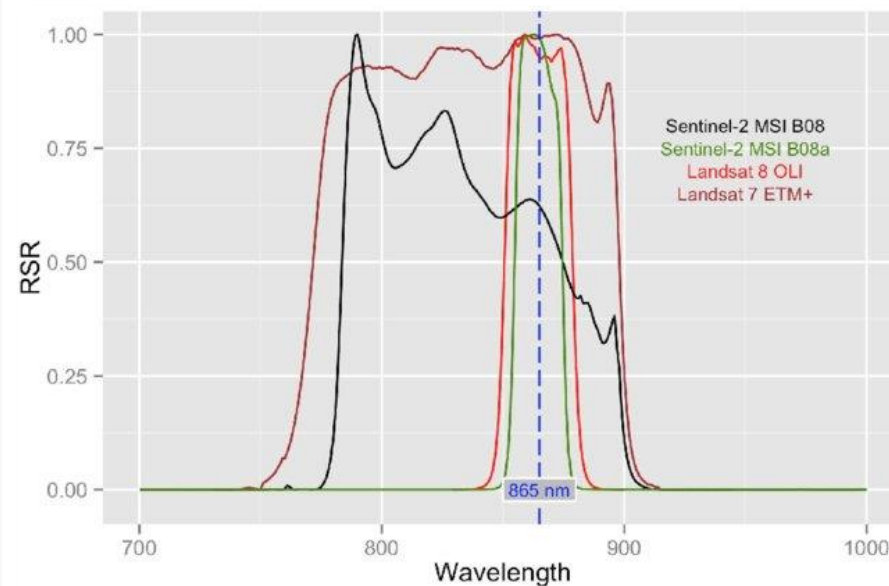
/*
===== Armoniza MSI a OLI =====
S. Skakun, J. Ju, M. Claverie, J.-C. Roger, E. Vermote, B. Franch, J. L. Dungan, J. Masek, December, 2018
Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS) Product User's Guide. Product Version 1.4
(https://hls.gsfc.nasa.gov/documents/)
*/
function MSIAOLI(imagen)
{
  var pendientes = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compareTo('S2A').eq(0),
    ee.Image.constant([0.9778, 1.0053, 0.9765, 0.9983, 0.9987, 1.0030]),
    ee.Image.constant([0.9778, 1.0075, 0.9761, 0.9966, 1.0000, 0.9867]]));
  var ordorig = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compareTo('S2A').eq(0),
    ee.Image.constant([-0.004, -0.0009, 0.0009, -0.0001, -0.0011, -0.0012]),
    ee.Image.constant([-0.004, -0.0008, 0.001, 0.000, -0.0003, 0.0004]]));

  var imgArm = imagen.select(['blue', 'green', 'red', 'nir', 'swir1', 'swir2'])
    .multiply(pendientes).add(ordorig.multiply(10000))
    .int16()
    .copyProperties(imagen, ['MEAN_SOLAR_ZENITH_ANGLE',
      "system:time_start", "satelite", "sensor", "tile"]);
  return imgArm;
}

```

## Armonización

### Banda Infrarroja Cercana



“Poner en armonía dos o más cosas que deben concurrir al mismo fin”

Scripts Docs Assets

Filter scripts... NEW

Owner (7)

- users/luispalacios59/Agua
- users/luispalacios59/AtCorS2
- users/luispalacios59/Clasifica
- users/luispalacios59/Curso
  - Indices
  - Pruebas
- users/luispalacios59/DesCultivos
- users/luispalacios59/METRIC
- users/luispalacios59/SeguroAgr

Writer

```

126
127 /*
128 ----- Armoniza MSI a OLI -----
129 S. Skakun, J. Ju, M. Claverie, J.-C. Roger, E. Vermote, B. Franch, J. L. Dungan,
130 Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS) Product User's Guide. Product Version 1.4
131 (https://hls.gsfc.nasa.gov/documents/)
132 */
133 function MSIaOLI(imagen)
134 {
135   var pendientes = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compa
136     ee.Image.constant([0.9778, 1.0053, 0.9765, 0.9983, 0.9987, 1
137     ee.Image.constant([0.9778, 1.0075, 0.9761, 0.9966, 1.0000, 0
138   var ordorig = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compare1
139     ee.Image.constant([-0.004, -0.0009, 0.0009, -0.0001, -0.0011
140     ee.Image.constant([-0.004, -0.0008, 0.001, 0.000, -0.0003, 0
141
142
  
```

Inspector Console Tasks

Use print(...) to write to this console.

### Monitor de desarrollo de cultivos

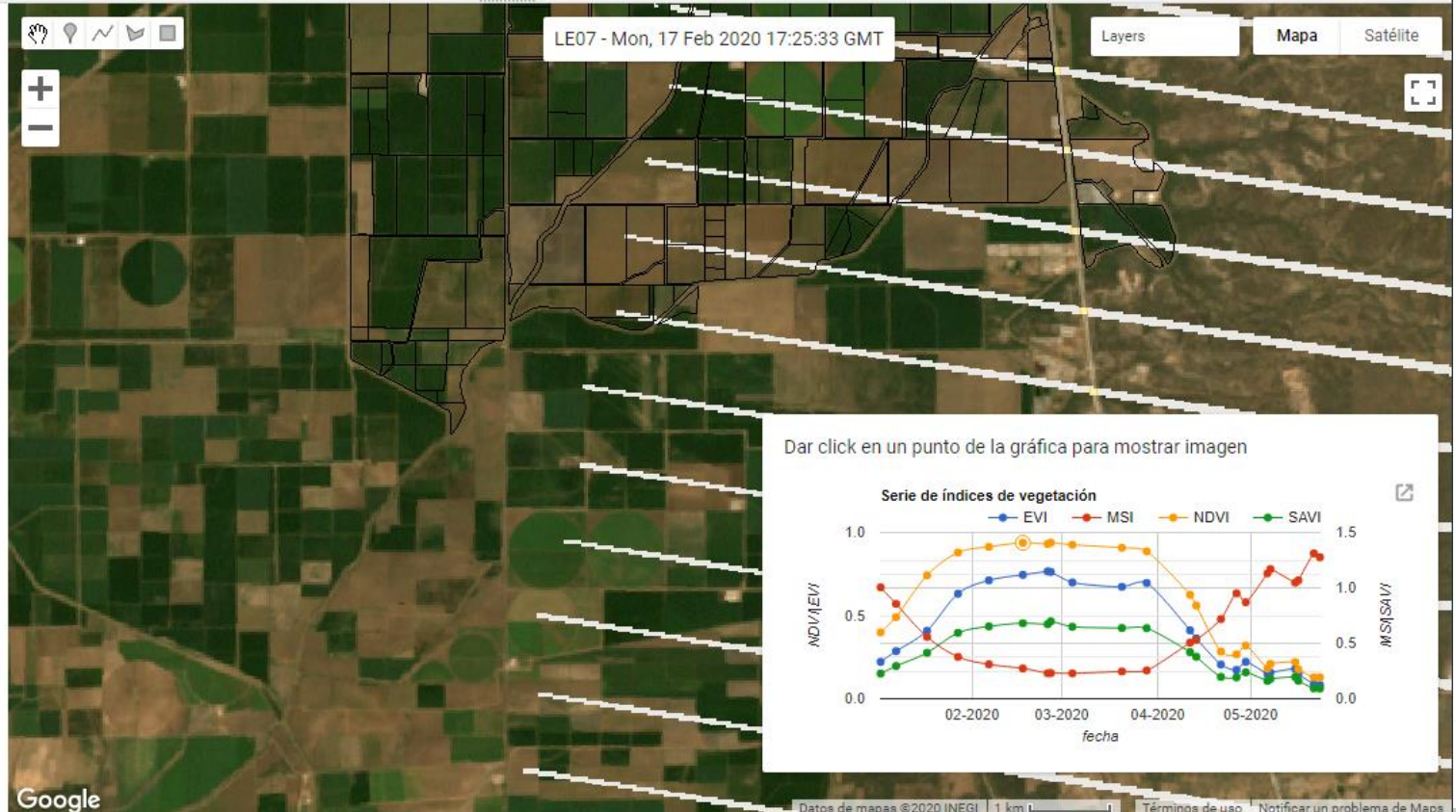
Esta aplicación permite ver el desarrollo de cultivos de imágenes Landsat y Sentinel 2.

Fecha inicial Fecha final

2020-01-01 2020-05-31

users/luispalacios59/Navojoa

Procesar



**Scripts** Docs Assets

Filter scripts... NEW ↻

Owner (7)

- users/luispalacios59/Agua
- users/luispalacios59/AtCorS2
- users/luispalacios59/Clasifica
- users/luispalacios59/Curso
  - Indices
  - Pruebas
- users/luispalacios59/DesCultivos
- users/luispalacios59/METRIC
- users/luispalacios59/SeguroAgr

Writer

```

126
127 /*
128 ----- Armoniza MSI a OLI -----
129 S. Skakun, J. Ju, M. Claverie, J.-C. Roger, E. Vermote, B. Franch, J. L. Dungan,
130 Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS) Product User's Guide. Product Version 1.4
131 (https://hls.gsfc.nasa.gov/documents/)
132 */
133 function MSIaOLI(imagen)
134 {
135   var pendientes = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compa
136     ee.Image.constant([0.9778, 1.0053, 0.9765, 0.9983, 0.9987, 1
137     ee.Image.constant([0.9778, 1.0075, 0.9761, 0.9966, 1.0000, 0
138   var ordorig = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compa
139     ee.Image.constant([-0.004, -0.0009, 0.0009, -0.0001, -0.0011
140     ee.Image.constant([-0.004, -0.0008, 0.001, 0.000, -0.0003, 0
141
142

```

**Inspector** Console Tasks

Use print(...) to write to this console.

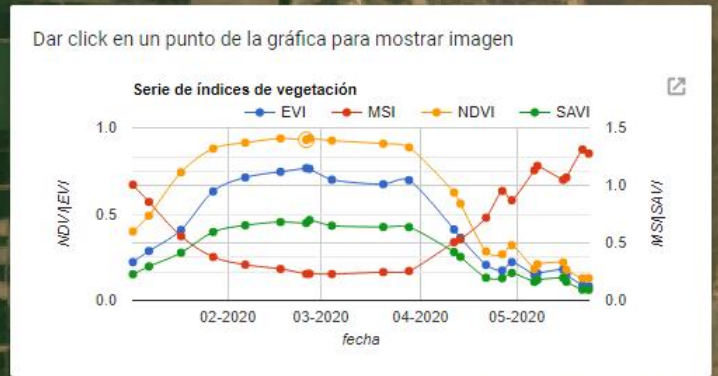
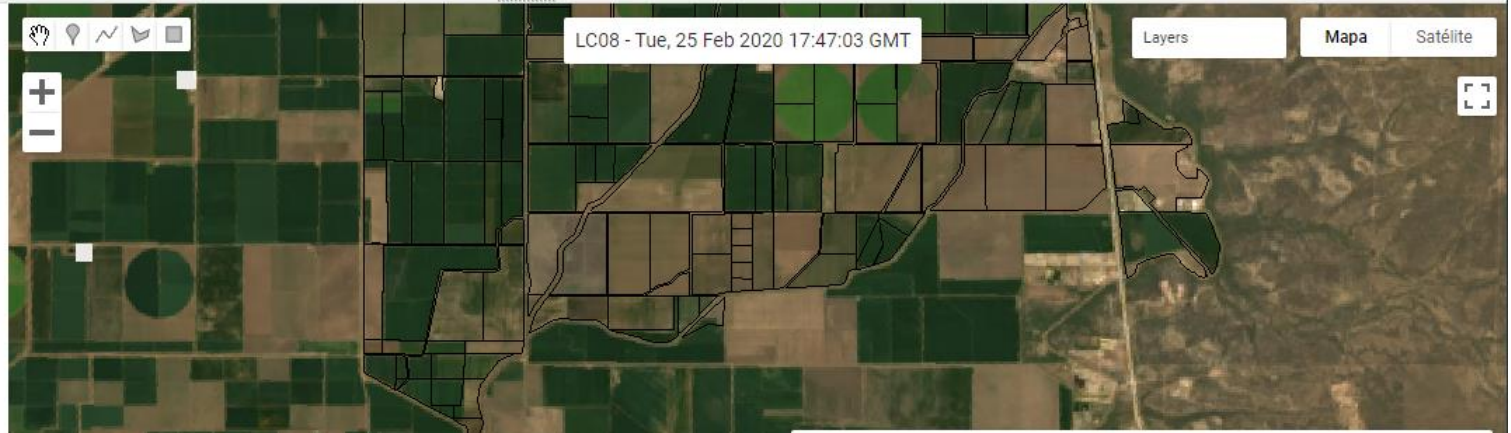
### Monitor de desarrollo de cultivos

Esta aplicación permite ver el desarrollo de cultivos de imágenes Landsat y Sentinel 2.

Fecha inicial: 2020-01-01 | Fecha final: 2020-05-31

users/luispalacios59/Navojoa

Procesar



Google Earth Engine | Search places and datasets...

Scripts | Docs | Assets

Indices | Get Link | Save | Run | Reset | Apps

```

126
127 - /*
128 ----- Armoniza MSI a OLI -----
129 S. Skakun, J. Ju, M. Claverie, J.-C. Roger, E. Vermote, B. Franch, J. L. Dungan,
130 Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS) Product User's Guide. Product Version 1.4
131 (https://hls.gsfc.nasa.gov/documents/)
132 */
133 function MSIaOLI(imagen)
134 {
135   var pendientes = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compa
136     ee.Image.constant([0.9778, 1.0053, 0.9765, 0.9983, 0.9987, 1
137     ee.Image.constant([0.9778, 1.0075, 0.9761, 0.9966, 1.0000, 0
138   var ordorig = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compa
139     ee.Image.constant([-0.004, -0.0009, 0.0009, -0.0001, -0.0011
140     ee.Image.constant([-0.004, -0.0008, 0.001, 0.000, -0.0003, 0
141
142
  
```

Inspector | Console | Tasks

Use print(...) to write to this console.

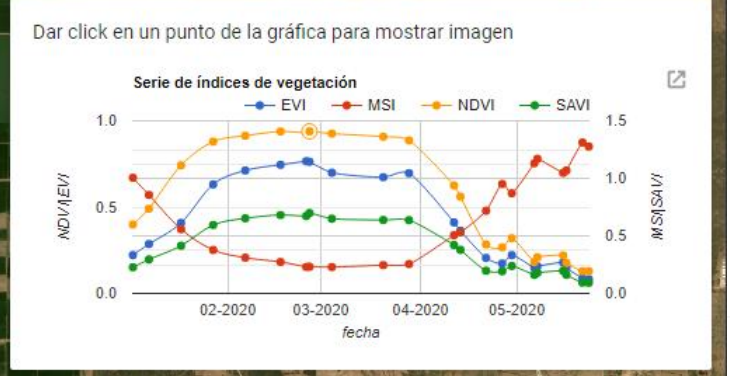
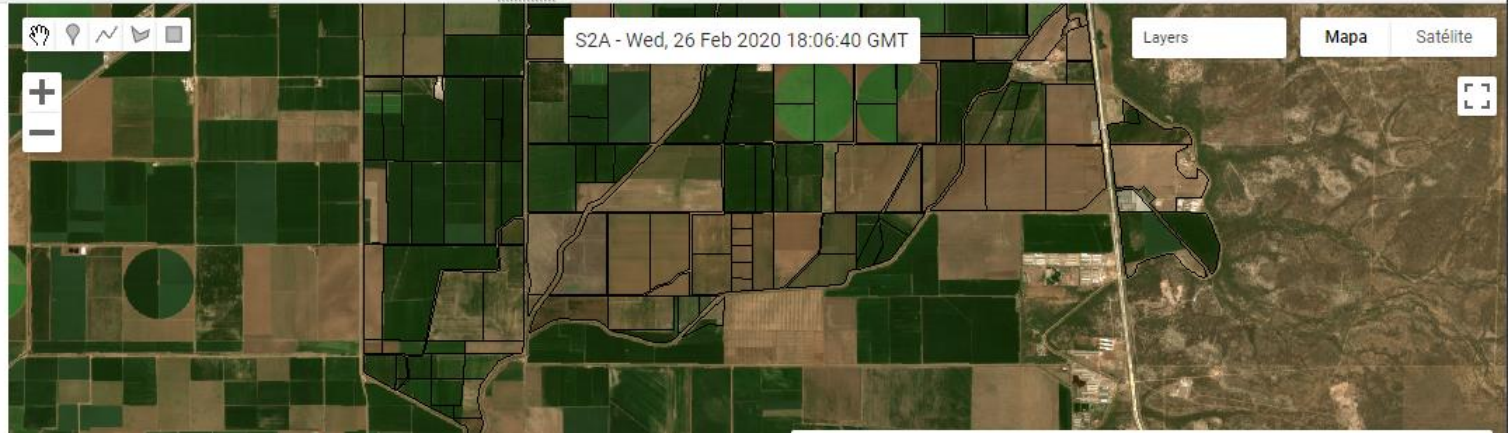
### Monitor de desarrollo de cultivos

Esta aplicación permite ver el desarrollo de cultivos de imágenes Landsat y Sentinel 2.

Fecha inicial: 2020-01-01 | Fecha final: 2020-05-31

users/luispalacios59/Navojoa

Procesar



**Scripts** Docs Assets

Filter scripts... NEW ↻

Owner (7)

- users/luispalacios59/Agua
- users/luispalacios59/AtCorS2
- users/luispalacios59/Clasifica
- users/luispalacios59/Curso
  - Indices
  - Pruebas
- users/luispalacios59/DesCultivos
- users/luispalacios59/METRIC
- users/luispalacios59/SeguroAgr

Writer

```

126
127 /*
128 ----- Armoniza MSI a OLI -----
129 S. Skakun, J. Ju, M. Claverie, J.-C. Roger, E. Vermote, B. Franch, J. L. Dungan,
130 Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS) Product User's Guide. Product Version 1.4
131 (https://hls.gsfc.nasa.gov/documents/)
132 */
133 function MSIaOLI(imagen)
134 {
135   var pendientes = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compa
136     ee.Image.constant([0.9778, 1.0053, 0.9765, 0.9983, 0.9987, 1
137     ee.Image.constant([0.9778, 1.0075, 0.9761, 0.9966, 1.0000, 0
138   var ordorig = ee.Image(ee.Algorithms.If(ee.String(imagen.get('sensor')).compa
139     ee.Image.constant([-0.004, -0.0009, 0.0009, -0.0001, -0.0011
140     ee.Image.constant([-0.004, -0.0008, 0.001, 0.000, -0.0003, 0
141
142
  
```

**Inspector** Console Tasks

Use print(...) to write to this console.

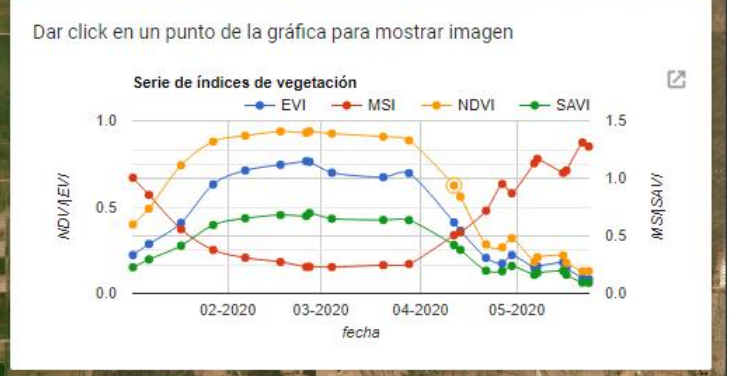
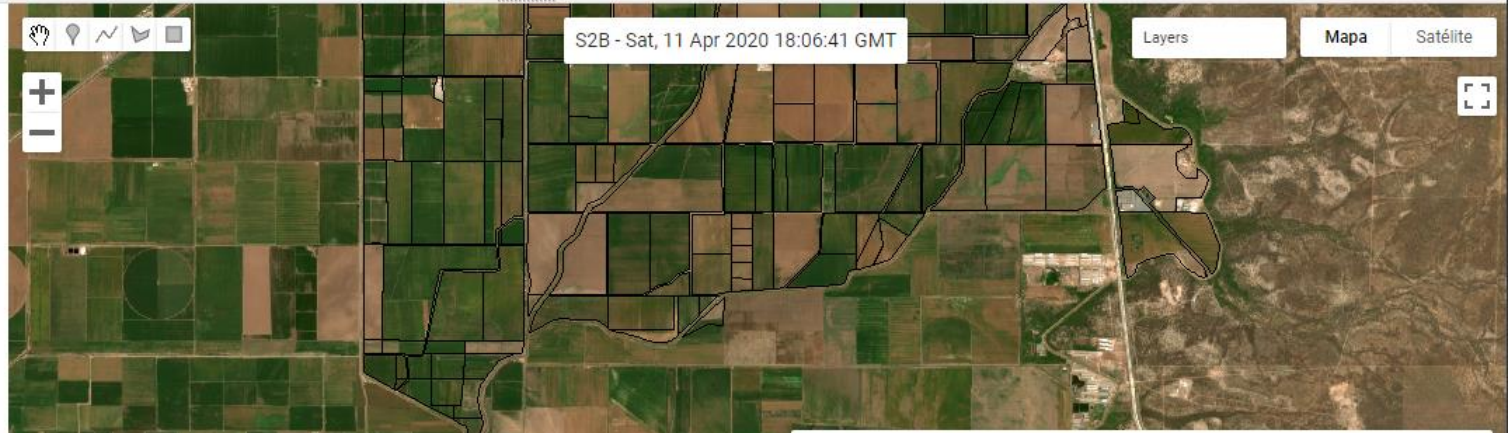
### Monitor de desarrollo de cultivos

Esta aplicación permite ver el desarrollo de cultivos de imágenes Landsat y Sentinel 2.

Fecha inicial: 2020-01-01 | Fecha final: 2020-05-31

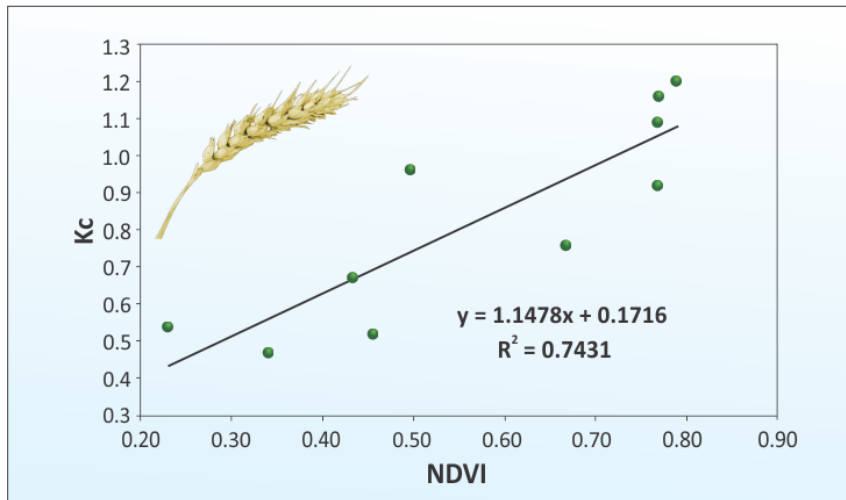
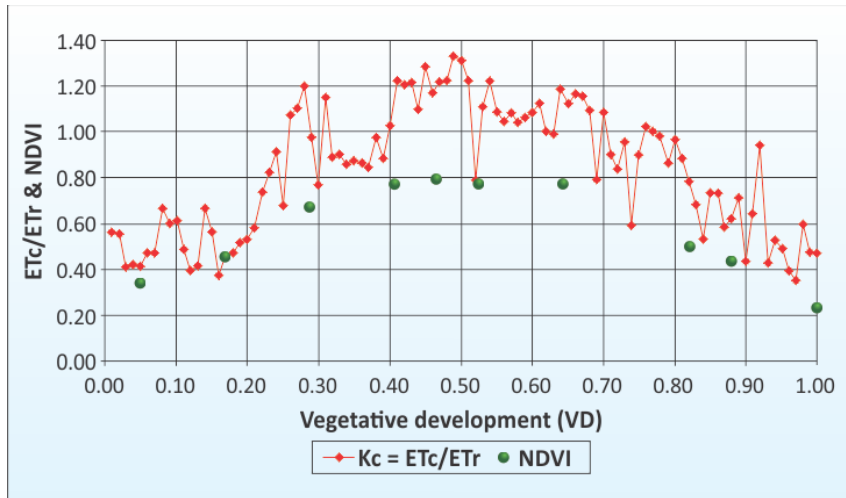
users/luispalacios59/Navojoa

Procesar

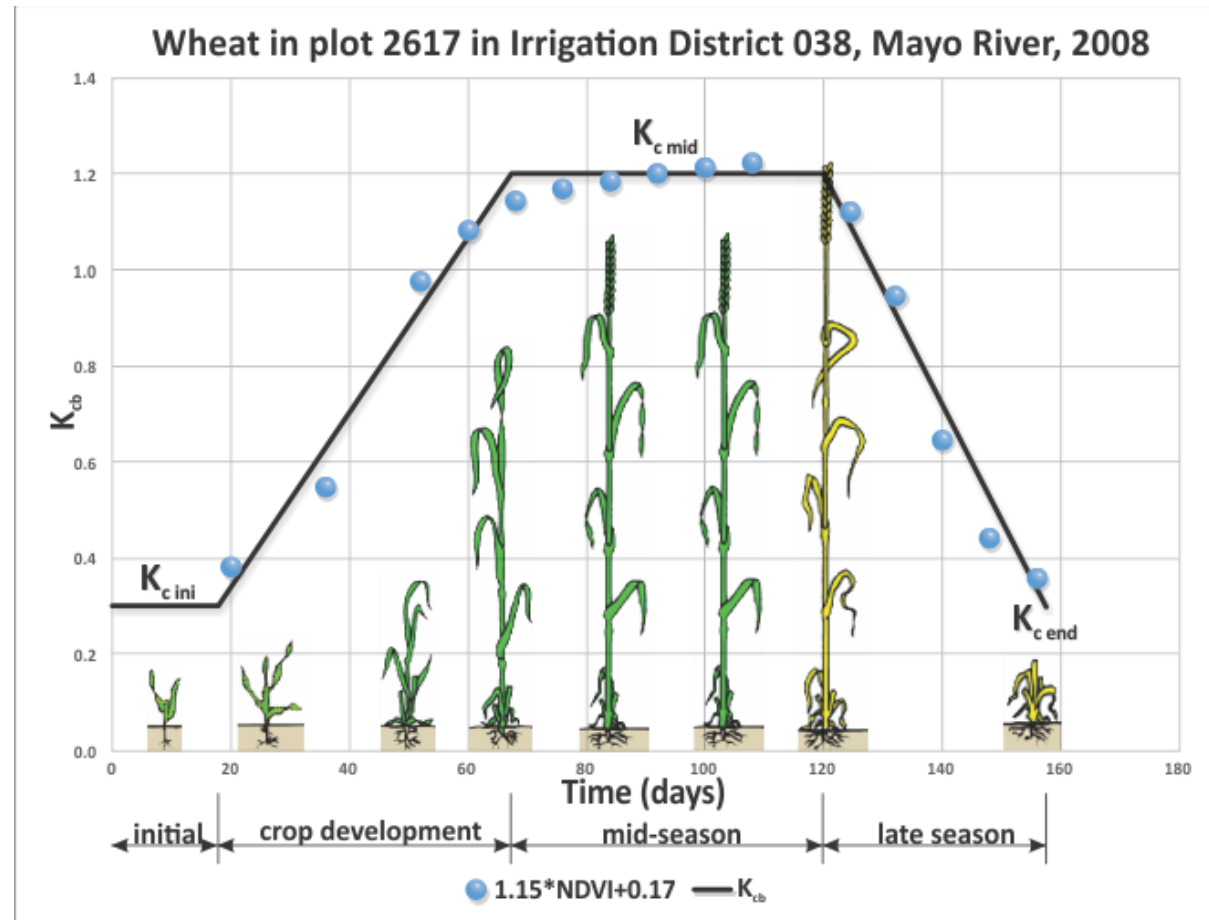


# Cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo

Varios trabajos han mostrado que existe una relación lineal entre el coeficiente Kc y el NDVI para cultivos y grupos de cultivos

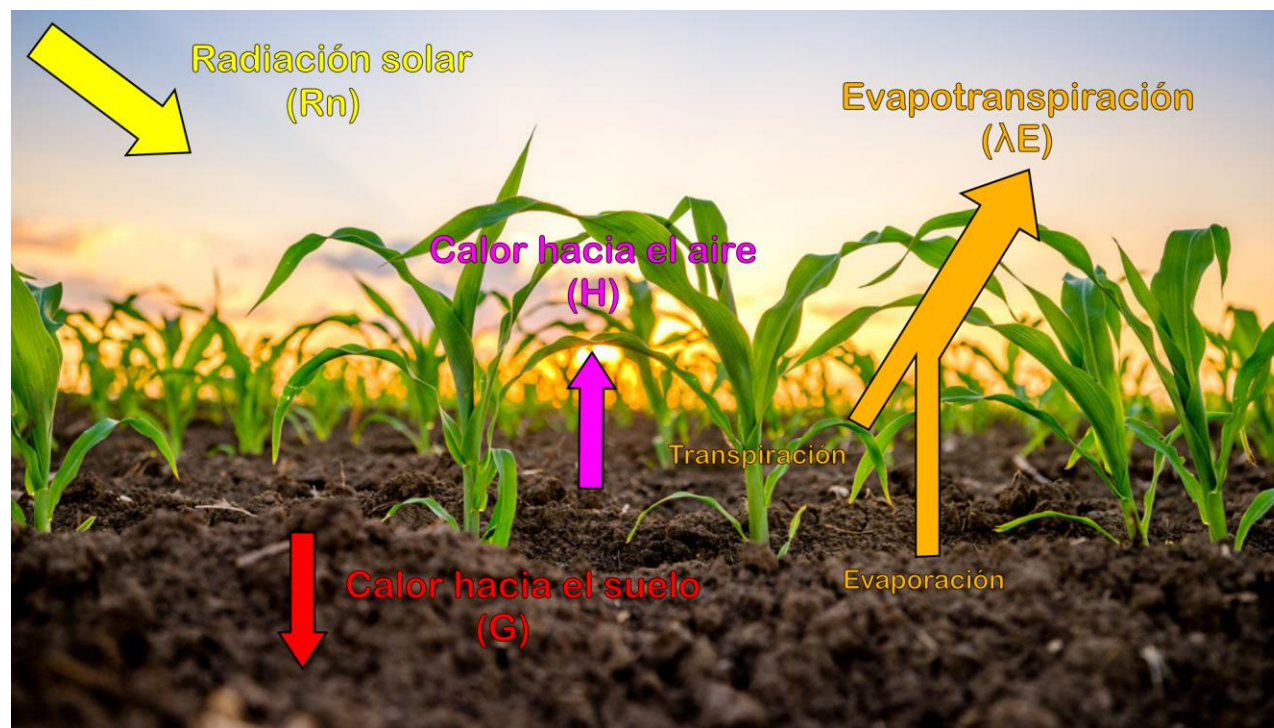


$$K_{cb} = a + b * NDVI$$



# Cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo

## Mapping evapotranspiration at high resolution with internalized calibration (METRIC)



Estima la evapotranspiración como un “residual” del balance de energía

$$\lambda E = R_n - G - H$$

Scripts Docs Assets

Filter scripts... NEW

Owner (7)

- users/luispalacios59/Agua
- users/luispalacios59/AtCors2
- users/luispalacios59/Clasifica
- users/luispalacios59/Curso
- users/luispalacios59/DesCultivos
- users/luispalacios59/METRIC

```
METRIC
1 // Implementación del Algoritmo Satellite-Based Energy Balance for Mapping
2 // Evapotranspiration with Internalized Calibration, METRIC desarrollado por:
3 // Richard G. Allen, Masahiro Tasumi y Ricardo Trezza, 2007.
4 //
5 // Autor: Luis Alberto Palacios Sánchez
6 // Fecha inicial: 15/09/2020
7
8 // Importa funciones básicas de METRIC
9 var mb = require('users/luispalacios59/METRIC:Metric_base');
10
11
```

Inspector Console Tasks

Use print(...) to write to this console.

```
fecha y hora de adquisición de la imagen JSON
2019-05-11 17:58:33.565725 - 7.0 JSON

Etr_h: 0.8719416743676098 JSON
Eto_h: 0.6490395948096203 Eto_d: 6.4599999245256186 JSON
```

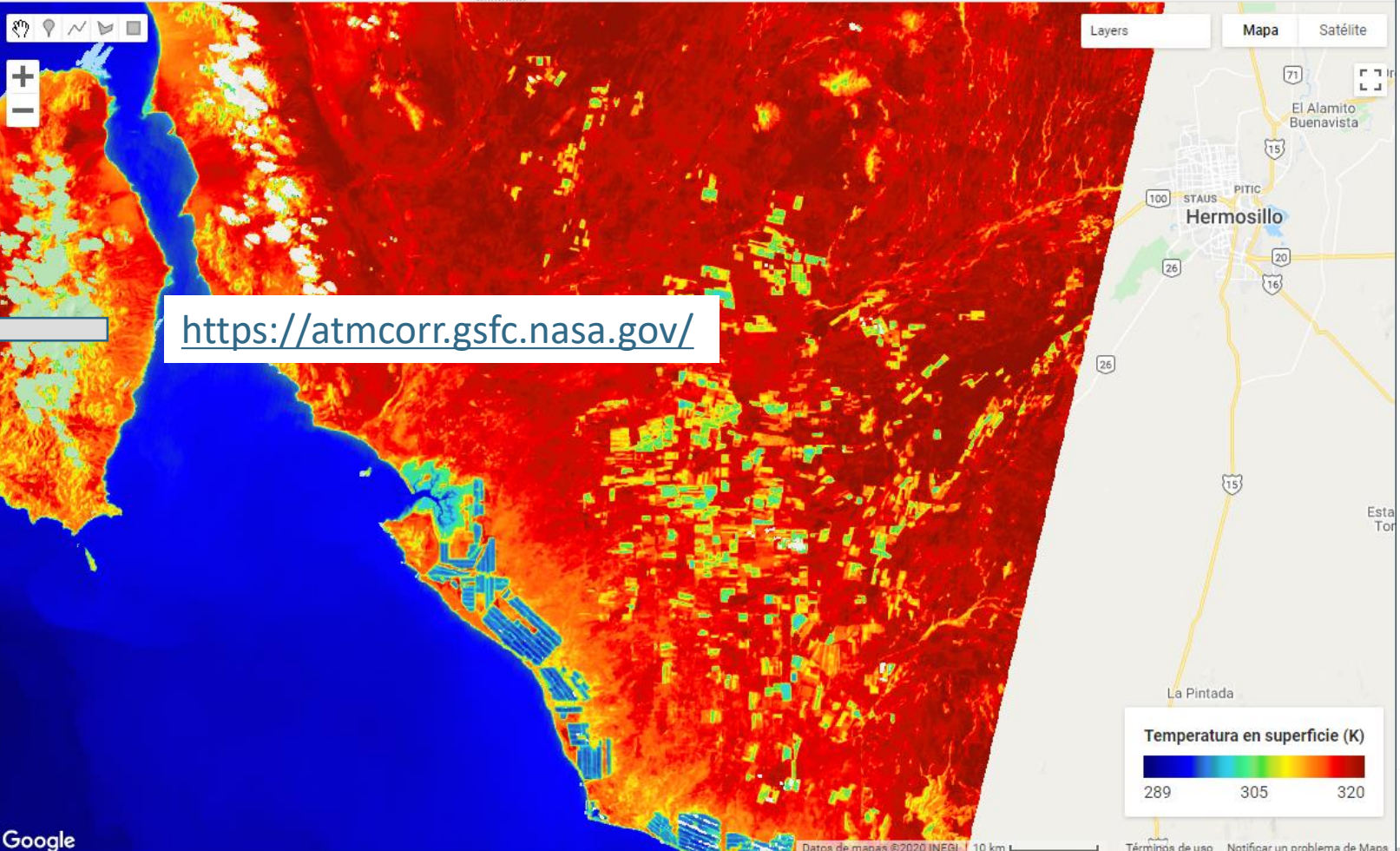
### Cálculo de la Evapotranspiración por Balance de Energía

WRS2 Path  WRS2 Row

Fecha inicial  Fecha final

Rp  Rsky  τNB

Exportar Et

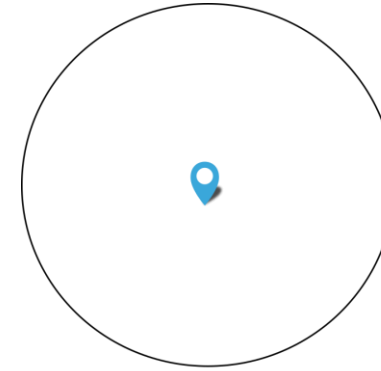




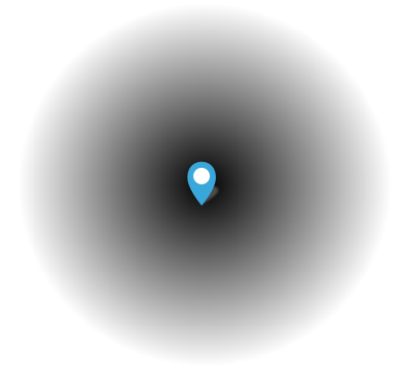
```

453
454 // Obtención de los píxeles frío y caliente utilizando algoritmo modificado propuesto en:
455 // A new optimized algorithm for automating endmember pixel selection in the SEBAL and METRIC models,
456 // Nishan Bhattarai, Lindi J. Quackenbush, Jung-ho Im, Stephen B. Shaw.
457 // Remote Sensing of Environment 196 (2017) 178-192
458
459 exports.PixelFrioCaliente = function(imagenLSR, ndvis, Tsdatum, alfa, estacionf)
460 {
461   // Crea un buffer de 30 km
462   var limite = estacionf.buffer(30000);
463
464   // extrae geometrías del círculo de 30 km y de la estación meteorológica
465   var geom1 = limite.geometry();
466
467   // obtiene las coordenadas de la imagen
468   var latlon = ee.Image.pixelLonLat();
469
470   // Crea raster de distancia de los píxeles al centro de cada punto con máximo de 30 km
471   var FC = ee.FeatureCollection([estacionf]);
472   var distancia = FC.distance(30000, 10).rename('dist');
473
474   // Píxel "frío" selecciona sólo vegetación de media y alta cobertura
475   var veg = ndvis.gt(0.4);
476
477   // Píxel "caliente" selecciona sólo suelo
478   var suelo = ndvis.gte(0.1).and(ndvis.lte(0.2));
479
480   // Proceso para cálculo del coeficiente de variación del NDVI y albedo
481   // Filtra media de NDVI con un kernel de 3 píxeles
482   var filtMNDVI = ndvis.reduceNeighborhood({
483     reducer: ee.Reducer.mean(),
484     kernel: ee.Kernel.square(3),
485   });
486   // Filtra desviación estándar de NDVI con un kernel de 3 píxeles
487   var filtDENDVI = ndvis.reduceNeighborhood({
488     reducer: ee.Reducer.stdDev(),
489     kernel: ee.Kernel.square(3),
490   });
491   // Calcula coeficiente de variación
492   var CVndvi = filtDENDVI.divide(filtMNDVI.abs()).multiply(100).rename('CV_NDVI');
493
494   // Filtra media del albedo con un kernel de 3 píxeles
495   var filtMalfa = alfa.reduceNeighborhood({
496     reducer: ee.Reducer.mean(),
497     kernel: ee.Kernel.square(3),
498   });
499   // Filtra desviación estándar del albedo con un kernel de 3 píxeles

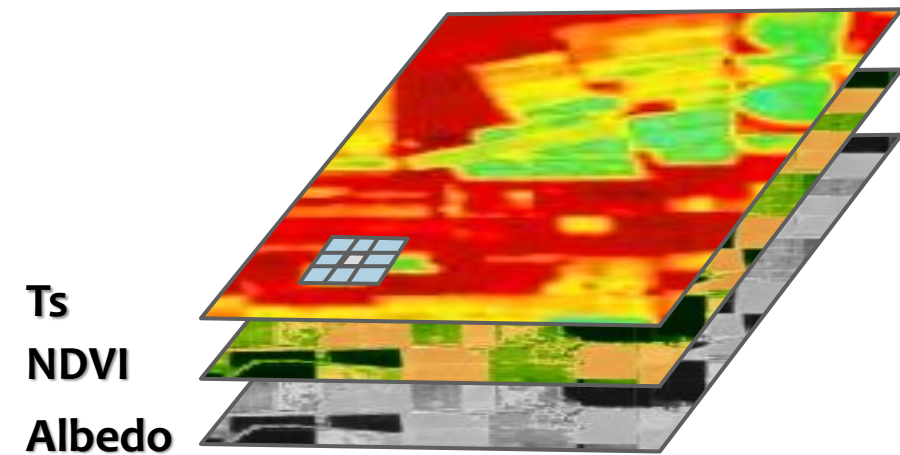
```



**Buffer**



**Distancia**



Scripts Docs Assets

Filter scripts... NEW ↻

Owner (7)

- users/luispalacios59/Agua
- users/luispalacios59/AtCors2
- users/luispalacios59/Clasifica
- users/luispalacios59/Curso
- users/luispalacios59/DesCultivos
- users/luispalacios59/METRIC

METRIC

```
1 // Implementación del Algoritmo Satellite-Based Energy Balance for Mapping
2 // Evapotranspiration with Internalized Calibration, METRIC desarrollado por:
3 // Richard G. Allen, Masahiro Tasumi y Ricardo Trezza, 2007.
4 //
5 // Autor: Luis Alberto Palacios Sánchez
6 // Fecha inicial: 15/09/2020
7
8 // Importa funciones básicas de METRIC
9 var mb = require('users/luispalacios59/METRIC:Metric_base');
10
11
```

Inspector Console Tasks

Use print(...) to write to this console.

fecha y hora de adquisición de la imagen	JSON
2019-05-11 17:58:33.565725 - 7.0	JSON
Etr_h: 0.8719416743676098	JSON
Eto_h: 0.6490395948096203 Eto_d: 6.4599999245256186	JSON

### Cálculo de la Evapotranspiración por Balance de Energía

WRS2 Path  WRS2 Row

Fecha inicial  Fecha final  Buscar

LC08\_L1TP\_036040\_20190511\_20190521\_01\_T1

Rp  Rsky  τNB

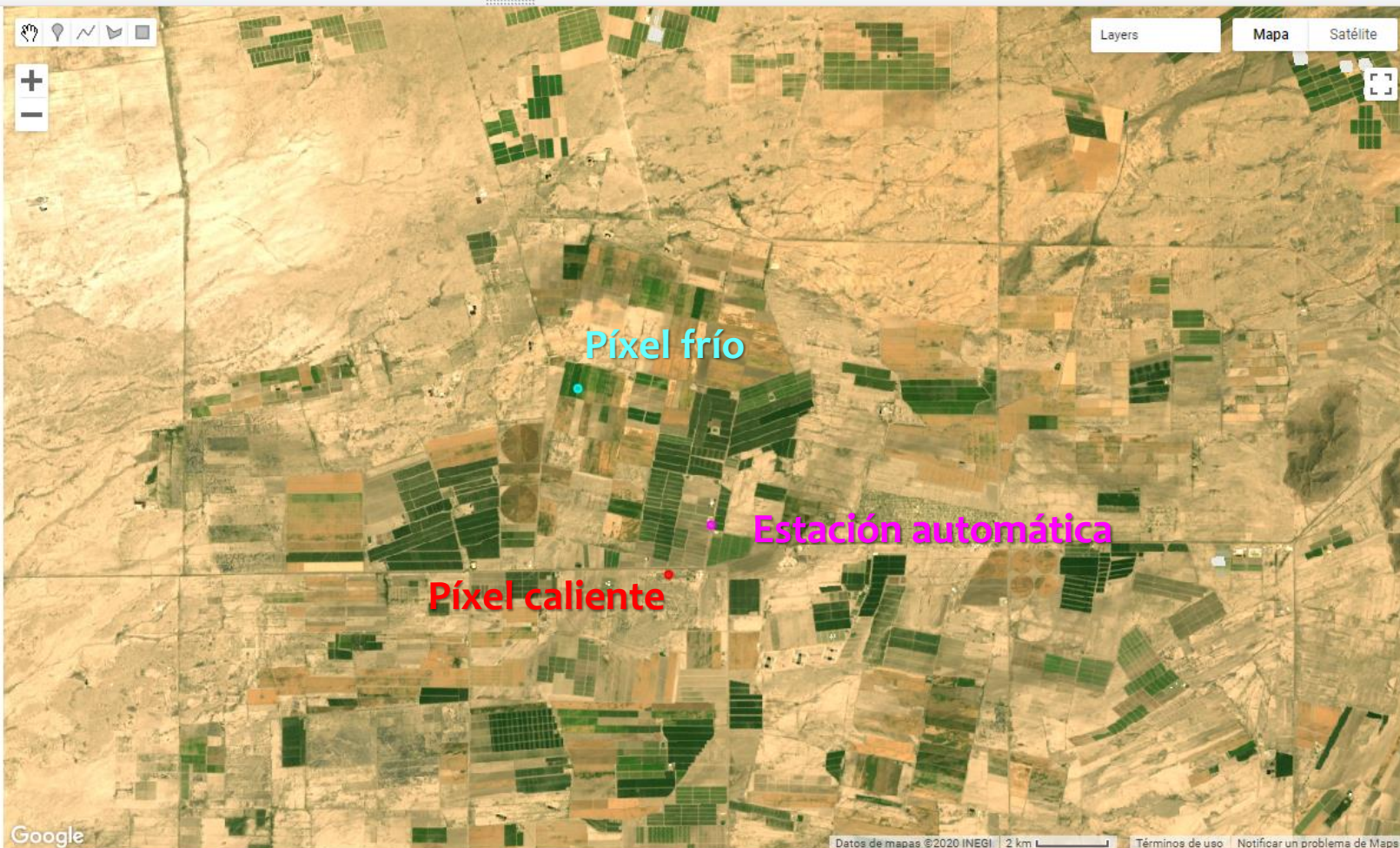
users/luispalacios59/Datos\_Santa\_Elena\_20190511

users/luispalacios59/EstacionSE

users/luispalacios59/Envolvente\_DR051

Exportar Et

Procesar



**Scripts** Docs Assets

Filter scripts... NEW ↻

Owner (7)

- users/luispalacios59/Agua
- users/luispalacios59/AtCors2
- users/luispalacios59/Clasifica
- users/luispalacios59/Curso
- users/luispalacios59/DesCultivos

**METRIC** Get Link Save Run Reset Apps

```
1 // Implementación del Algoritmo Satellite-Based Energy Balance for Mapping
2 // Evapotranspiration with Internalized Calibration, METRIC desarrollado por:
3 // Richard G. Allen, Masahiro Tasumi y Ricardo Trezza, 2007.
4 //
5 // Autor: Luis Alberto Palacios Sánchez
6 // Fecha inicial: 15/09/2020
7
8 // Importa funciones básicas de METRIC
9 var mb = require('users/luispalacios59/METRIC:Metric_base');
10
```

**Inspector Console Tasks**

Use print(...) to write to this console.

fecha y hora de adquisición de la imagen	JSON
2019-05-11 17:58:33.565725 - 7.0	JSON
Etr_h: 0.8719416743676098	JSON
Eto_h: 0.6490395948096203 Eto_d: 6.4599999245256186	JSON

### Cálculo de la Evapotranspiración por Balance de Energía

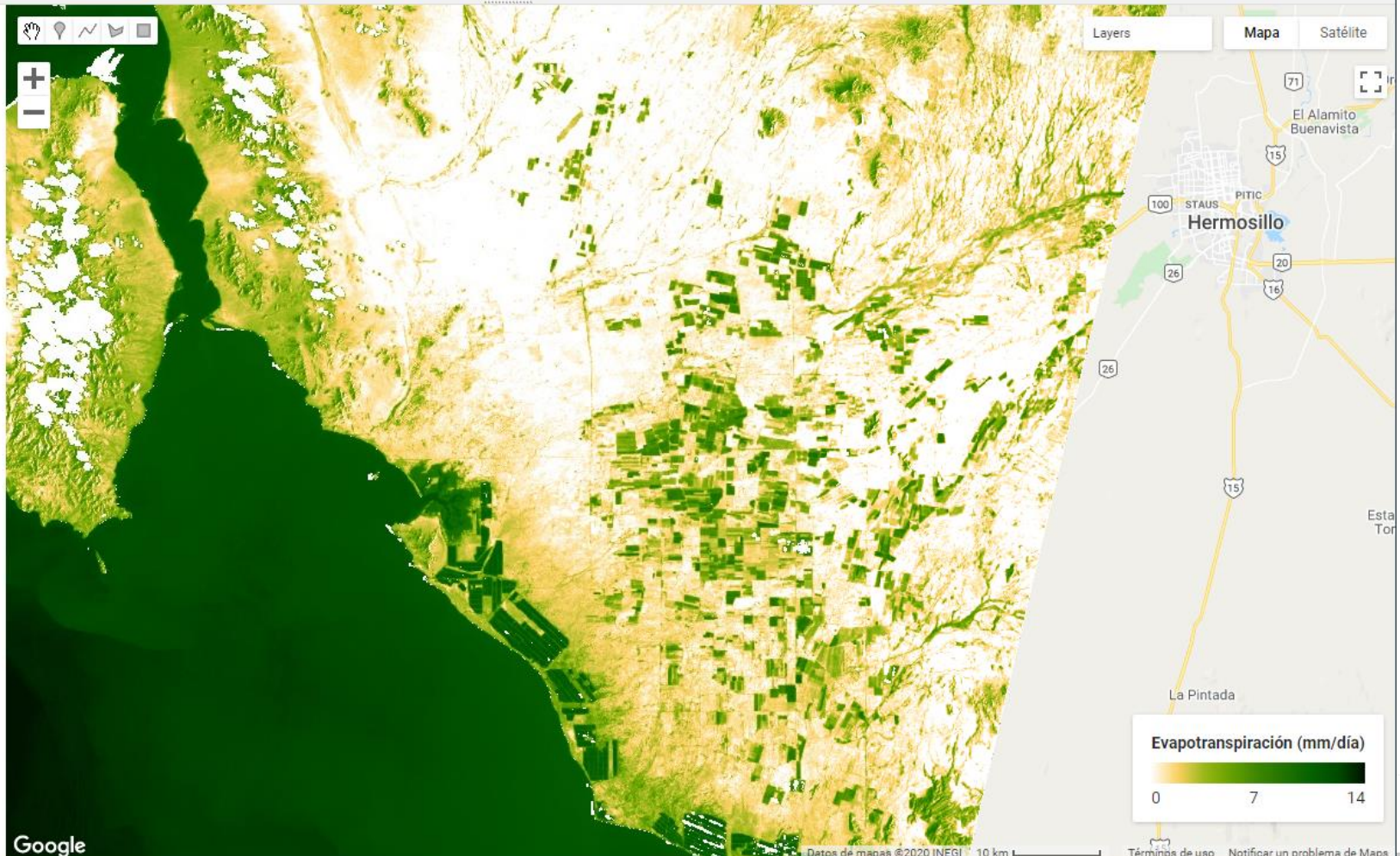
WRS2 Path  WRS2 Row

Fecha inicial  Fecha final  Buscar

Rp  Rsky  τNB

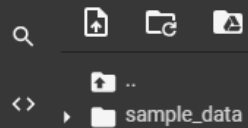
Exportar Et

Procesar



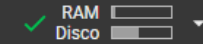


Archivos



sample\_data

+ Código + Texto



Editar

## Red neuronal para estimación de variables biofísicas

Copyright © 2019, Luis Alberto Palacios Sánchez

```
# Importa las bibliotecas a utilizar
from __future__ import absolute_import, division, print_function, unicode_literals
import pathlib
import math
import io
import matplotlib as mpl
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import seaborn as sns
import numpy as np
import statistics
from scipy.stats import gaussian_kde
from sklearn.metrics import mean_squared_error as mse1
from sklearn.metrics import r2_score as r2
# pide la versión 2.x de tensorflow
%tensorflow_version 2.x
import tensorflow as tf
from tensorflow import keras
from tensorflow.keras import layers
# Resetea el cuaderno
tf.keras.backend.clear_session()
# Carga archivo de Google Drive
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
```

```
[ ] # Callback para terminar entrenamiento cuando no hay mejora en la función de pérdida
# guarda la mejor evaluación del modelo
class EarlyStoppingAtMinLoss(tf.keras.callbacks.Callback):
    """Detener el entrenamiento cuando la pérdida está en su mínimo, i.e. la pérdida deja de disminuir.

    Argumentos:
        patience: Numero de épocas a esperar después de que el mínimo ha sido alcanzado.
        Después de este número de no mejoras, el entrenamiento se detiene.
    """
    def __init__(self, patience=0):
```

Disco 37.95 GB de espacio disponible

**Combinando:**



**Con:**



**Plugin de Google Earth Engine para QGIS (Python)**



Capas

Modulo15

1. Analizar imagen Sentinel 2
2. Calcular el NDVI
3. Calcular el promedio del NDVI para cada parcela



Consola de Python

```
1 Consola de Python
2 Usa iface para acceder a la interfaz de la API de QGIS o digita help(iface) para
  más información
3 Aviso de advertencia: digitar instrucciones desde una fuente no confiable puede
  conllevar a pérdida o fuga de datos
4
```

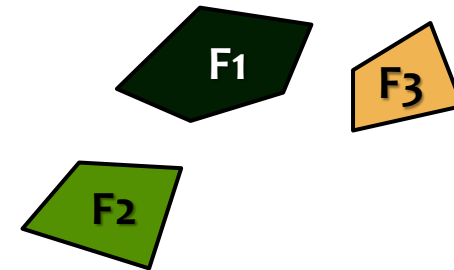
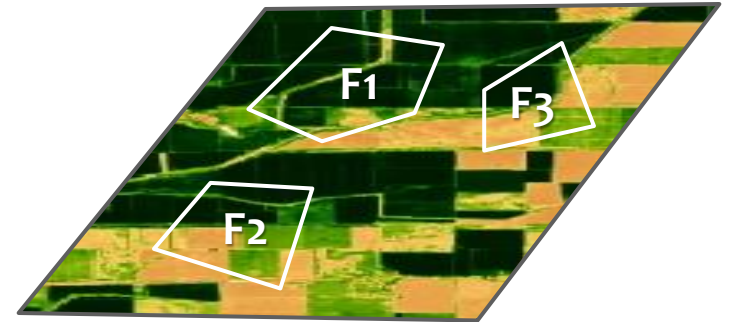
&gt;&gt;&gt;

```
Sin título-0 Sentinel2.py
1 #Calcula el promedio del ndvi para cada elemento de un feature colle
2 # Autor: Luis Alberto Palacios Sánchez
3 # fecha: octubre de 2020
4 import ee
5 from ee_plugin import Map
6 import json
7 from osgeo import ogr
```

```

1  # Calcula el promedio del ndvi para cada elemento de una feature collection
2  # Autor: Luis Alberto Palacios Sánchez
3  # fecha: octubre de 2020
4  import ee
5  from ee_plugin import Map
6  import json
7  from osgeo import ogr
8
9  # importa capa vectorial activa a GEE
10 layer = iface.activeLayer()
11 lista = []
12 for feature in layer.getFeatures():
13     geom = feature.geometry()
14     coordinates = json.loads(geom.asJson()['coordinates'])[0]
15     geometry = ee.Geometry.Polygon(coordinates)
16     id = feature[0]
17     parcela = ee.Feature(geometry, {'id': id})
18     lista.append(parcela)
19
20 fc = ee.FeatureCollection(lista)
21
22 # Carga imágenes Sentinel 2 que intersecan el shape
23 bandas = ['B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6', 'B7', 'B8', 'B8A', 'B11', 'B12', 'QA60']
24 NombreBandasSentinel2 = ['blue', 'green', 'red', 'redE1', 'redE2', 'redE3', 'nir', 'redE4', 'swir1', 'swir2', 'QA60']
25 ColecSentinelS2 = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR") \
26     .filterMetadata('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'less_than', 25) \
27     .filter(ee.Filter.eq('MGRS_TILE', '12RXQ')) \
28     .filterDate('2020-02-25', '2020-02-27') \
29     .select(bandas, NombreBandasSentinel2)
30
31 imagen = ColecSentinelS2.first()
32
33 # Calcula NDVI
34 ndvi = imagen.normalizedDifference(['nir', 'red']).rename('ndvi')
35
36 # Calcula la media del NDVI para todas las parcelas
37 media_ndvi = ndvi.reduceRegions(**{ \
38     'collection' : fc, \
39     'reducer' : ee.Reducer.mean(), \
40     'scale' : 10, \
41 })
42
43 vizParams = { \
44     'bands' : ['red', 'green', 'blue'], \
45     'min' : 0, \
46     'max' : 3000, \
47     'gamma' : [1.3, 1.4, 1.3] \
48 }
49
50 paletaIV = ['FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718', '74A901', '66A000', '529400', \
51     '3E8601', '207401', '056201', '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301']
52
53 Map.centerObject(fc, 12)
54 Map.addLayer(imagen, vizParams, 'RGB')
55 Map.addLayer(ndvi, {'min' : 0, 'max' : 1, 'palette' : paletaIV}, 'NDVI')
56 # convierte el FeatureCollection a geoJSON y lo agrega como capa
57 cadena = json.dumps(media_ndvi.getInfo())
58 layer = iface.addVectorLayer(cadena, "Prom_NDVI", "ogr")
59 layer.setOpacity(50)

```

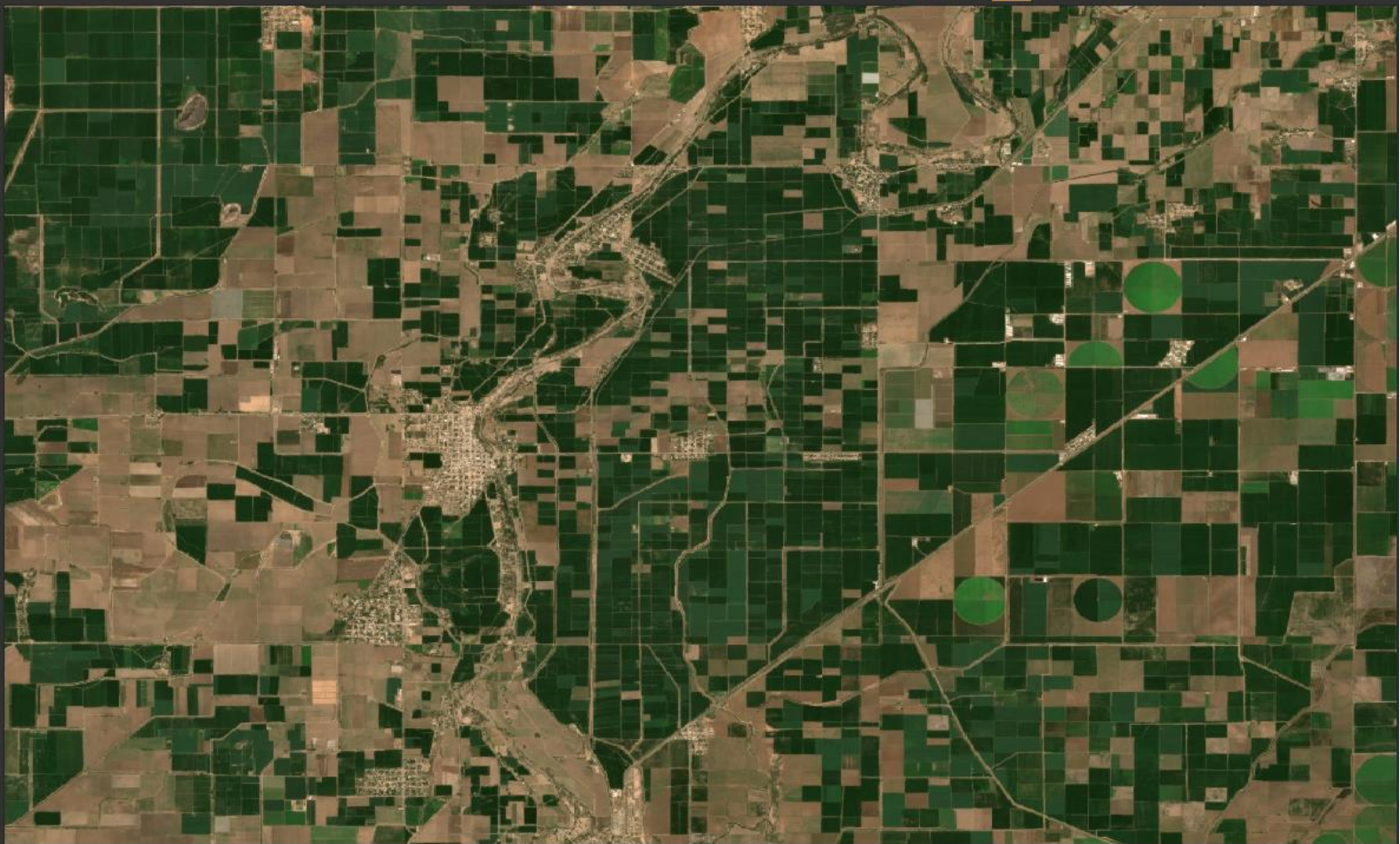


EjemploQGIS — QGIS

Proyecto Edición Ver Capa Configuración Complementos Vectrial Ráster Base de datos Web Malla Procesos Ayuda

Capas

- Prom NDVI OGRGeoJSON
  - 0.121 - 0.2
  - 0.2 - 0.3
  - 0.3 - 0.4
  - 0.4 - 0.5
  - 0.5 - 0.6
  - 0.6 - 0.7
  - 0.7 - 0.8
  - 0.8 - 0.9
  - 0.9 - 0.946
- NDVI
- RGB
- Modulo15



Consola de Python

```
2 Usa iface para acceder a la interfaz de la API de QGIS o digita help(iface) para más información
3 Aviso de advertencia: digitar instrucciones desde una fuente no confiable puede conllevar a pérdida o fuga de datos
4 >>> exec(open('D:/Cursos/GEE/Scripts/Sentinel2.py'.encode('utf-8')).read())
5
>>>
```

```
1 #Calcula el promedio del ndvi para cada elemento de un feature colle
2 # Autor: Luis Alberto Palacios Sánchez
3 # fecha: octubre de 2020
4 import ee
5 from ee_plugin import Map
6 import json
7 from osgeo import ogr
```

Escriba para localizar (Ctrl+K)    Obteniendo teselas.    Coordenada -109.4926,26.9303    Escala 1:60534    Amplificador 100%    Rotación 0,0 °    Representar    EPSG:4326

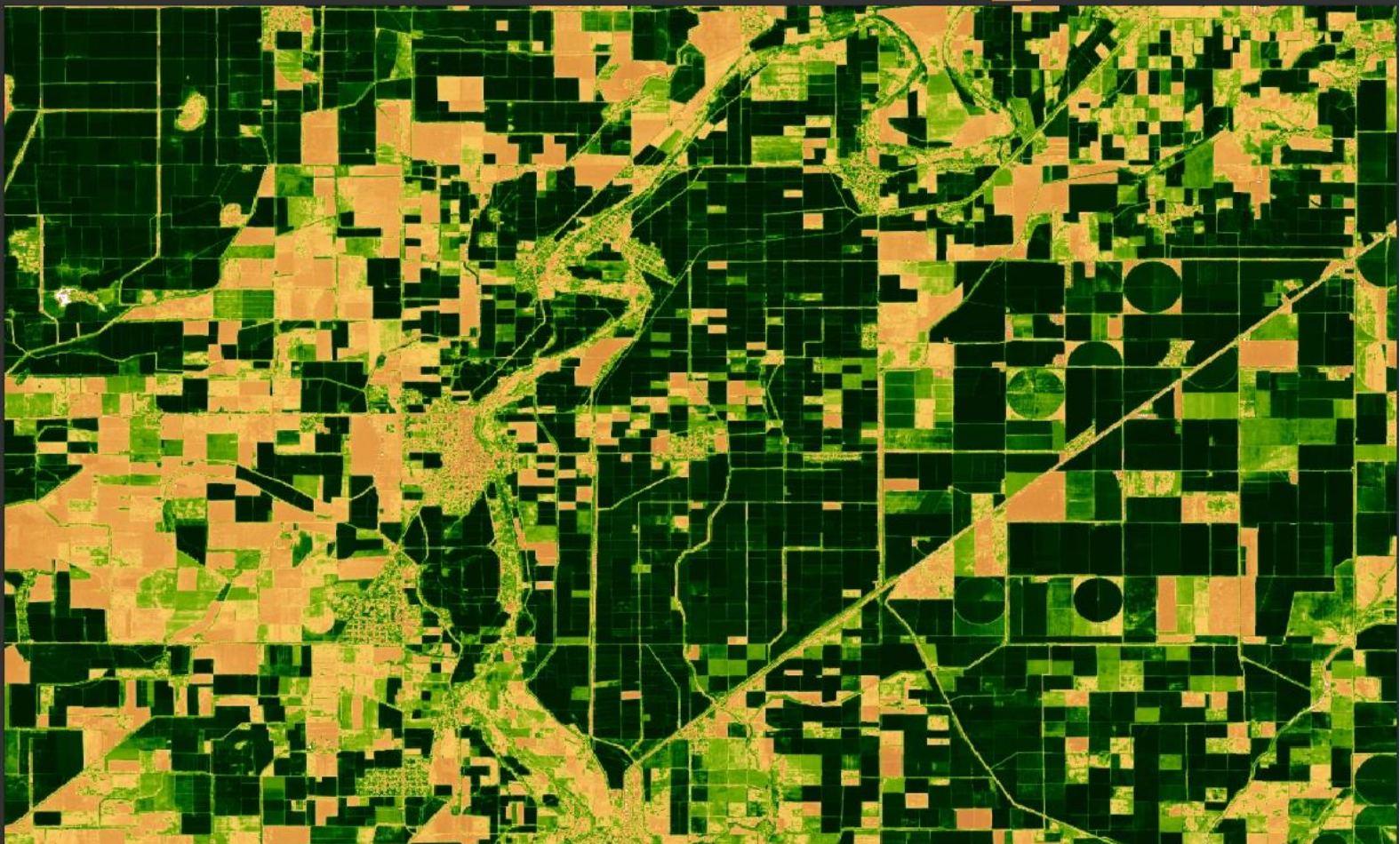


EjemploQGIS — QGIS

Proyecto Edición Ver Capa Configuración Complementos Vectrial Ráster Base de datos Web Malla Procesos Ayuda

Capas

- Prom NDVI OGRGeoJSON
  - 0.121 - 0.2
  - 0.2 - 0.3
  - 0.3 - 0.4
  - 0.4 - 0.5
  - 0.5 - 0.6
  - 0.6 - 0.7
  - 0.7 - 0.8
  - 0.8 - 0.9
  - 0.9 - 0.946
- NDVI
- RGB
- Modulo15



Consola de Python

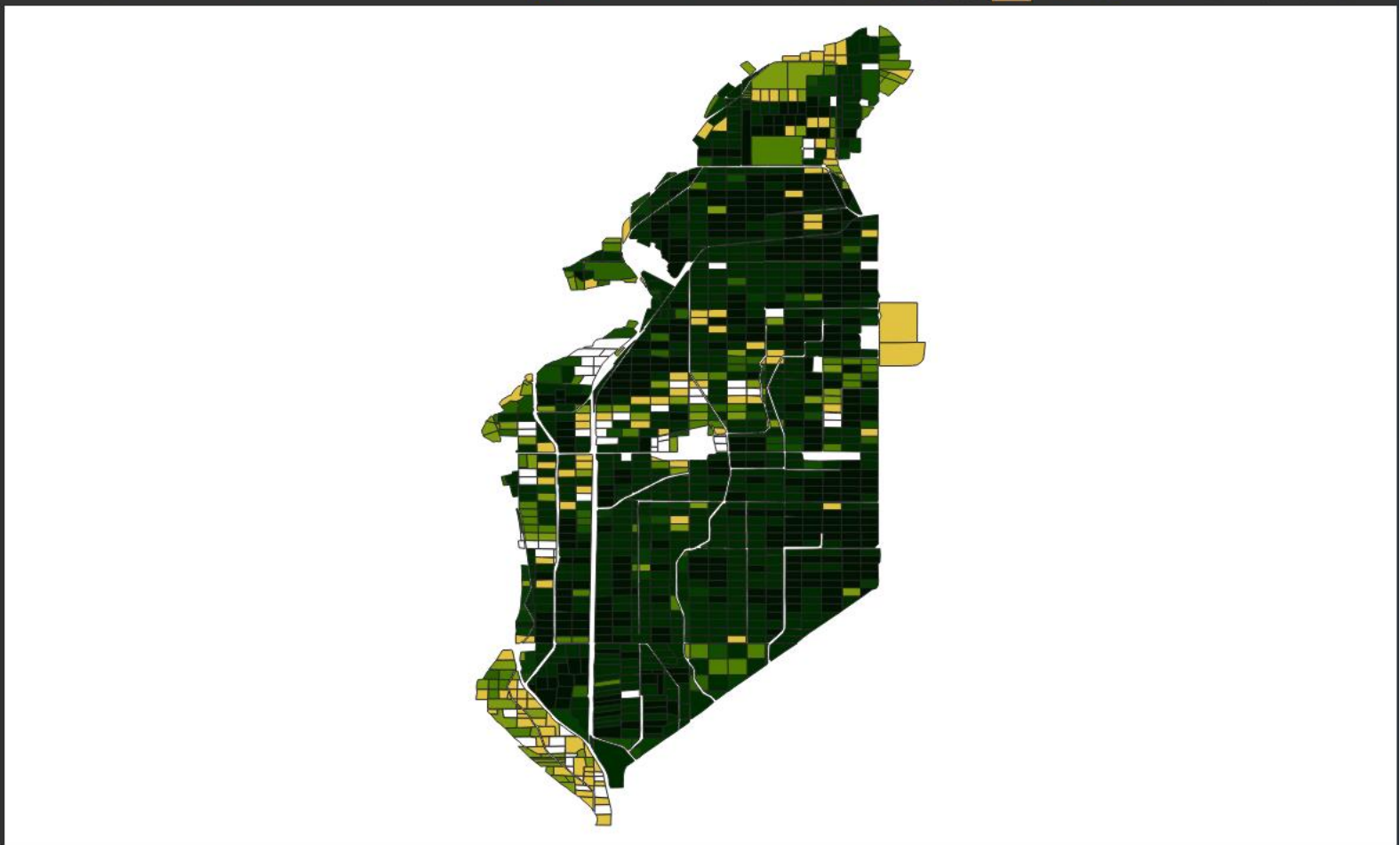
```
2 Usa iface para acceder a la interfaz de la API de QGIS o digita help(iface) para más información
3 Aviso de advertencia: digitar instrucciones desde una fuente no confiable puede conllevar a pérdida o fuga de datos
4 >>> exec(open('D:/Cursos/GEE/Scripts/Sentinel2.py'.encode('utf-8')).read())
5
```

```
1 #Calcula el promedio del ndvi para cada elemento de un feature collection
2 # Autor: Luis Alberto Palacios Sánchez
3 # fecha: octubre de 2020
4 import ee
5 from ee_plugin import Map
6 import json
7 from osgeo import ogr
```

Escriba para localizar (Ctrl+K)    Obteniendo teselas.    Coordenada -109.4912,26.9627    Escala 1:60534    Amplificador 100%    Rotación 0,0 °    Representar    EPSG:4326

Capas

- ▼ Prom NDVI OGRGeoJSON
  - 0.121 - 0.2
  - 0.2 - 0.3
  - 0.3 - 0.4
  - 0.4 - 0.5
  - 0.5 - 0.6
  - 0.6 - 0.7
  - 0.7 - 0.8
  - 0.8 - 0.9
  - 0.9 - 0.946
- ▼ NDVI
- ▼ RGB
- Modulo15

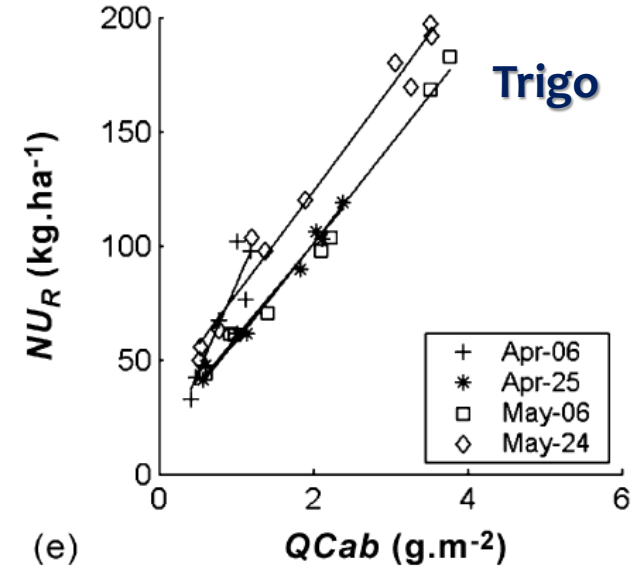
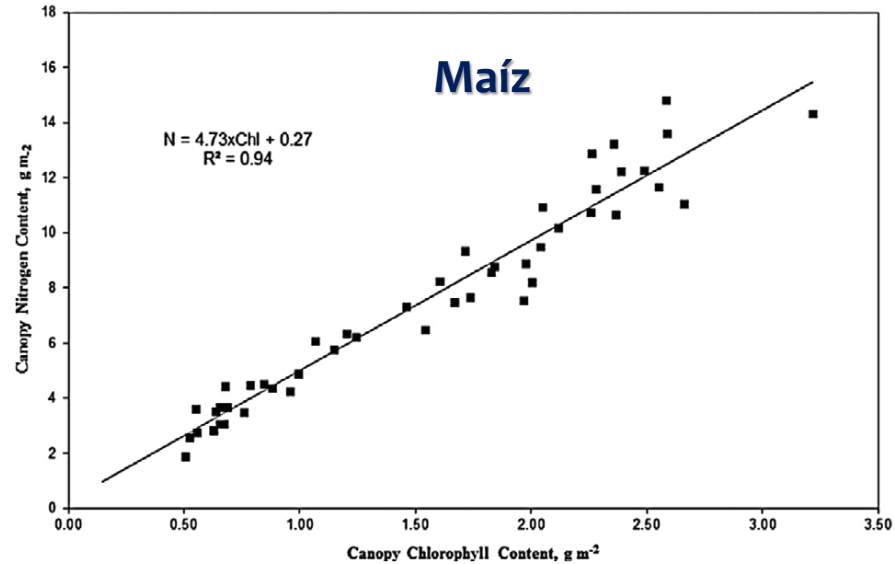


Consola de Python

```
2 Usa iface para acceder a la interfaz de la API de QGIS o digita help(iface) par
a más información
3 Aviso de advertencia: digitar instrucciones desde una fuente no confiable puede
conllevar a pérdida o fuga de datos
4 >>> exec(open('D:/Cursos/GEE/Scripts/Sentinel2.py'.encode('utf-8')).read())
5
>>>
```

```
Sin título-0 Sentinel2.py
1 #Calcula el promedio del ndvi para cada elemento de un feature colle
2 # Autor: Luis Alberto Palacios Sánchez
3 # fecha: octubre de 2020
4 import ee
5 from ee_plugin import Map
6 import json
7 from osgeo import ogr
```

# Mapas de Productividad Relativa (Nitrógeno)



Schlemmer, et al. "Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels" (2013). Agronomy & Horticulture.

Houlès, et al. Elaboration of a nitrogen nutrition indicator for winter wheat based on leaf area index and chlorophyll content for making nitrogen recommendations. (2007). European Journal of Agronomy 27 (1), 1–11.

## Red Neuronal Artificial para Sentinel 2

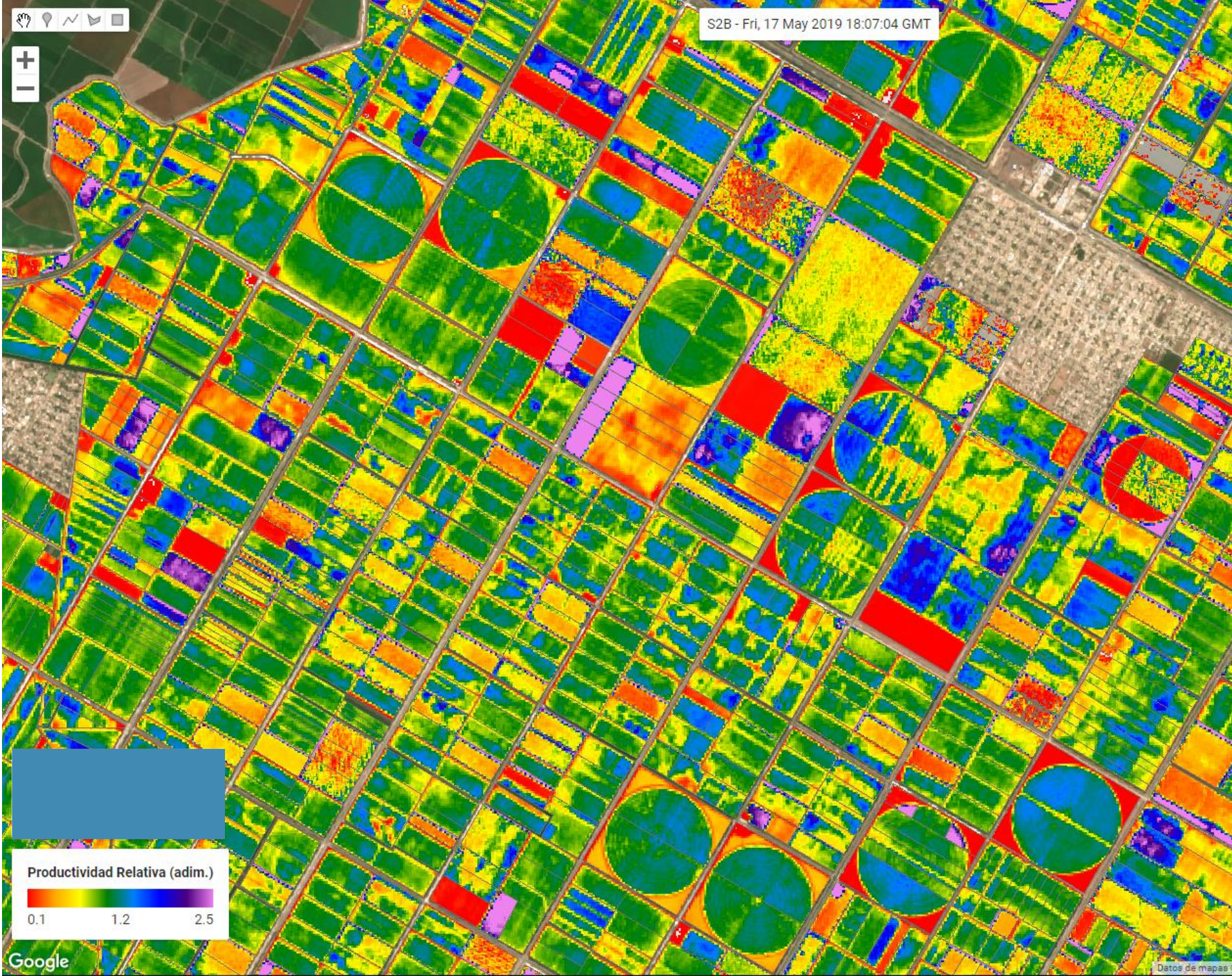
Weiss, M., Baret, F., 2016. S2ToolBox level 2 products: LAI, FAPAR, FCOVER. version 1.1. In: ESA Contract n°4000110612/14/I-BG (p. 52). INRA, Avignon, France.

# Contenido de Clorofila del Dosel



Soil Plant Analysis Development (SPAD) medidor de clorofila





## Mapas de Productividad Relativa

$$Pr = \frac{V_i}{\bar{V}}$$

Productividad Relativa (adim.)

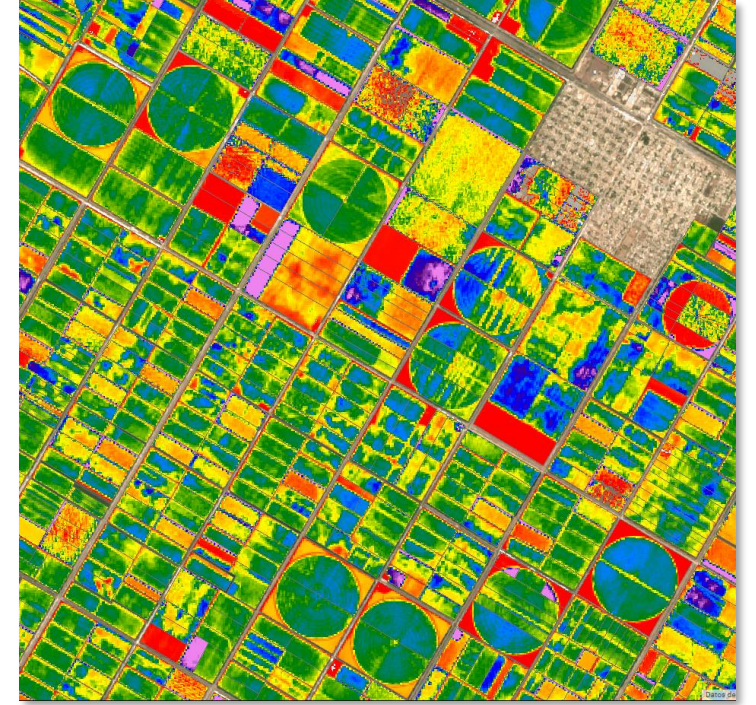




**RGB**



**Contenido de Clorofila (g/m<sup>2</sup>)**



**Productividad Relativa (adim.)**



# Aplicación a la evaluación del contenido de nitrógeno

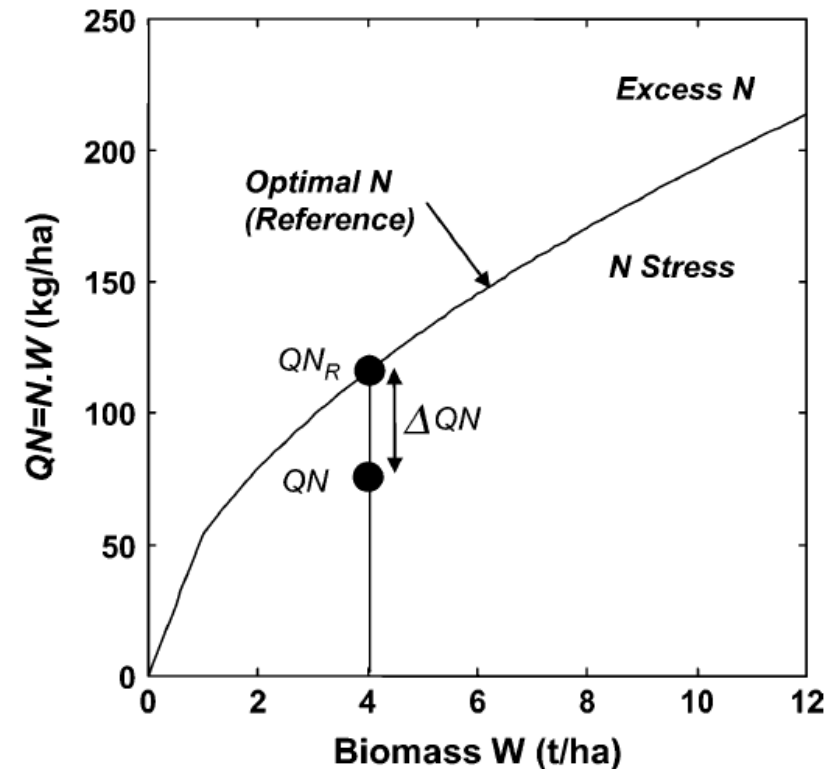
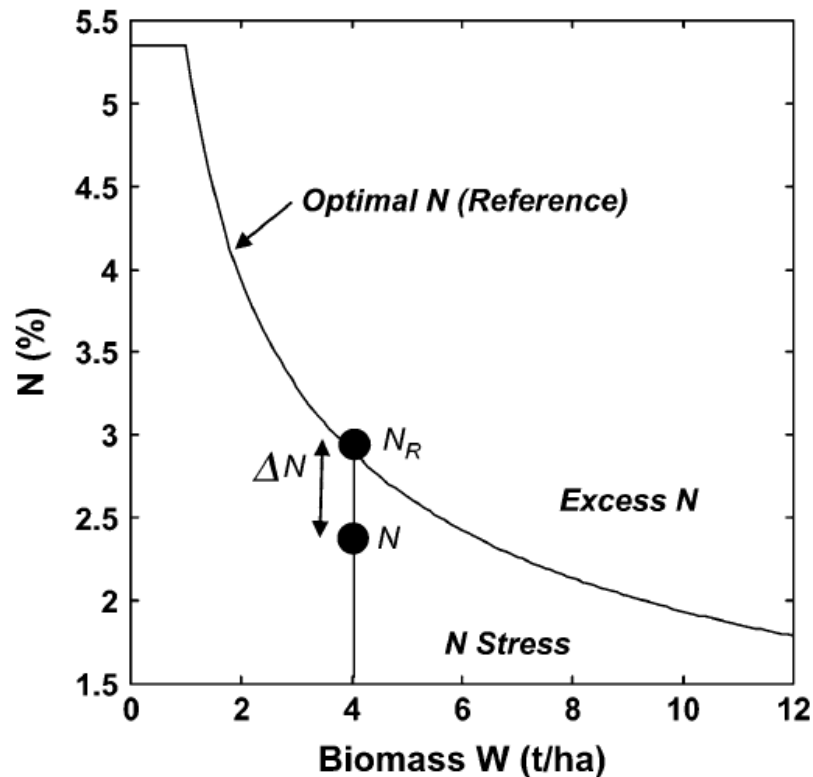
El concepto de concentración óptima de nitrógeno resulta pertinente ya que constituye el caso de referencia requerido para identificar el estrés de nitrógeno e incluso para cuantificarlo. El índice de nutrición de nitrógeno (NNI) se define con respecto a la concentración de nitrógeno óptima,  $N_R$ , logrando la producción máxima de biomasa. Los valores de  $N_R$  dependen de la cantidad de biomasa de acuerdo con la teoría de la dilución (Lemaire y Gastal,1997):

$$N_R = 5.35 \quad \text{si } W < 1 \frac{t}{ha}$$
$$N_R = 5.35W^{-0.442} \quad \text{si } W \geq 1 \frac{t}{ha}$$

El índice de nutrición de nitrógeno es simplemente la relación entre la concentración de nitrógeno real,  $N$ , y el valor óptimo,  $NR$ :  $NNI=N / NR$ . Si  $N > NR$ , entonces  $NNI > 1.0$  y el dosel no usará eficientemente la cantidad de nitrógeno que está en exceso. Por el contrario, se supone que un dosel está estresado si la concentración de nitrógeno está por debajo del valor óptimo, es decir,  $NNI < 1.0$ .

# Aplicación a la evaluación del contenido de nitrógeno

La cantidad de nitrógeno requerida por el dosel, suponiendo una eficiencia de uso de nitrógeno de 1.0, será  $\Delta QN = W (\Delta N)$ , donde  $W$  es la biomasa real del dosel y  $\Delta N = N_R - N$ . Por lo tanto, sería más útil expresar el nivel de nitrógeno óptimo en términos de contenido de nitrógeno (kg/ha) en lugar de en términos de concentración (%). La Figura a la derecha, ilustra el concepto de contenido de nitrógeno óptimo,  $QN_R$ , con  $QN_R = WN_R$ .




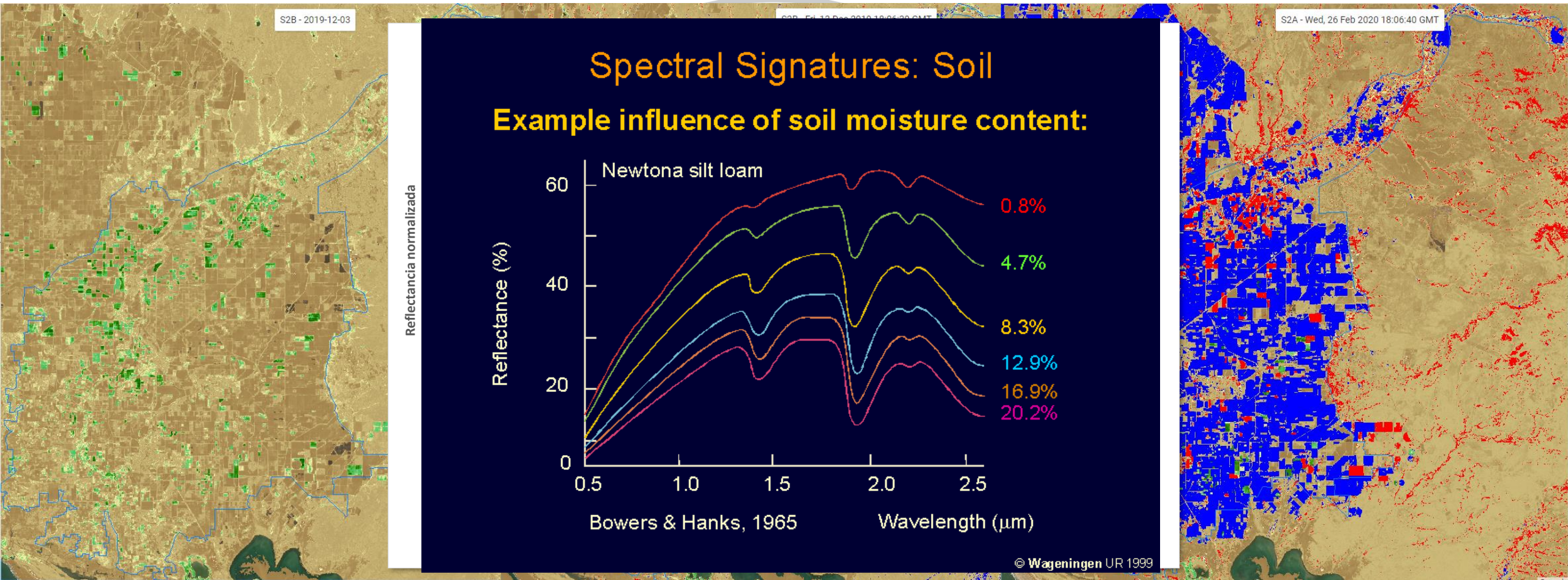


# Avances de Siembras y Cosechas

 Vegetación => Suelo

 Sin cambio

 Suelo => Vegetación

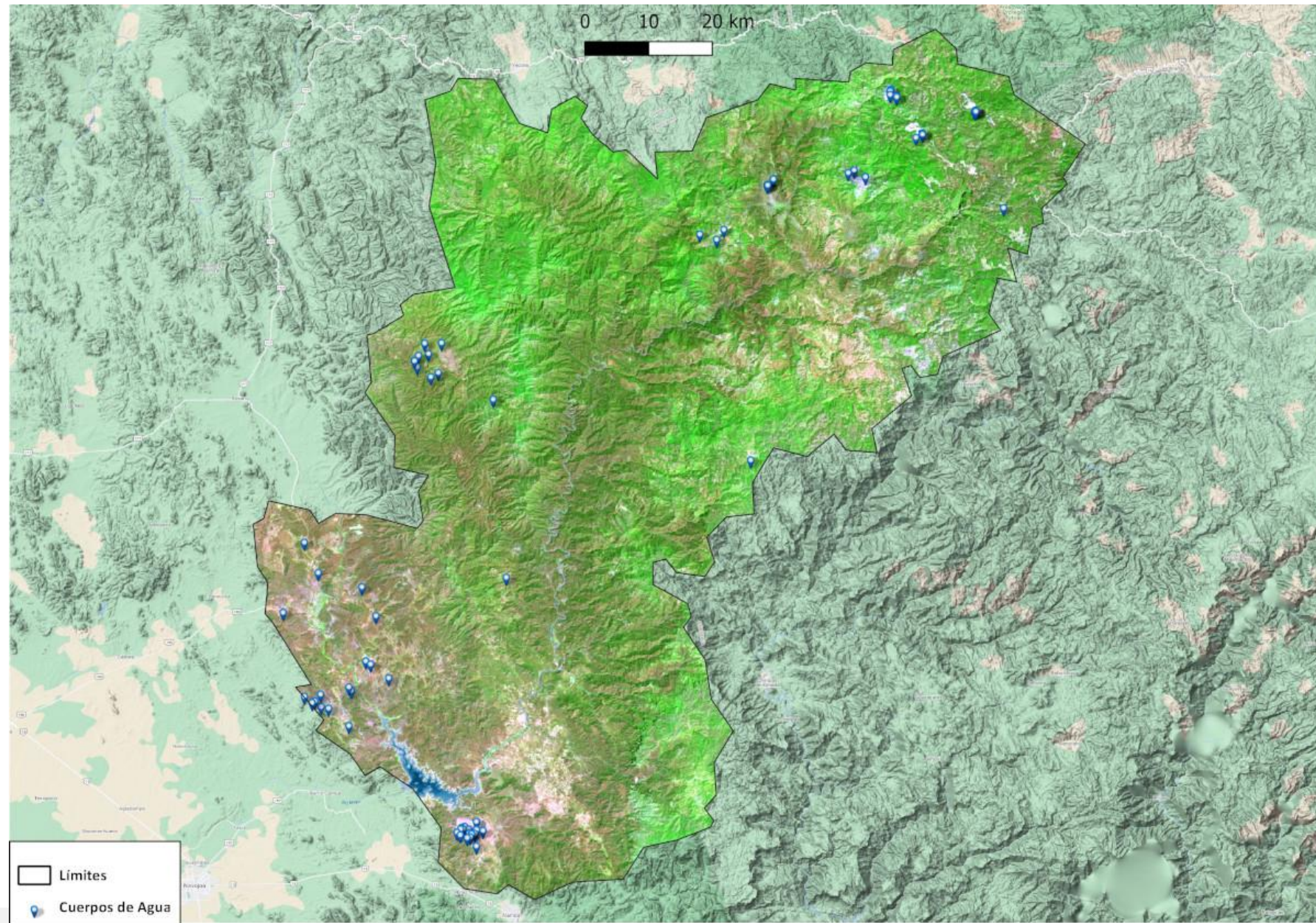


Fracción de cobertura vegetal (03/12/2019)

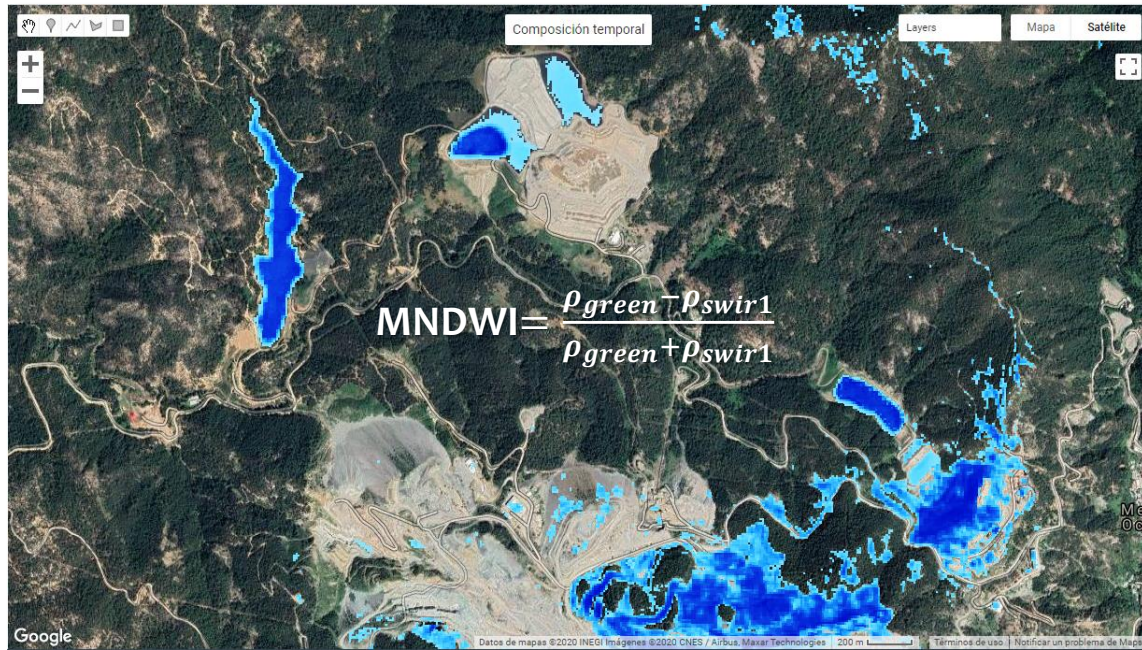
Avance al 13/12/2019

Avance al 26/02/2020

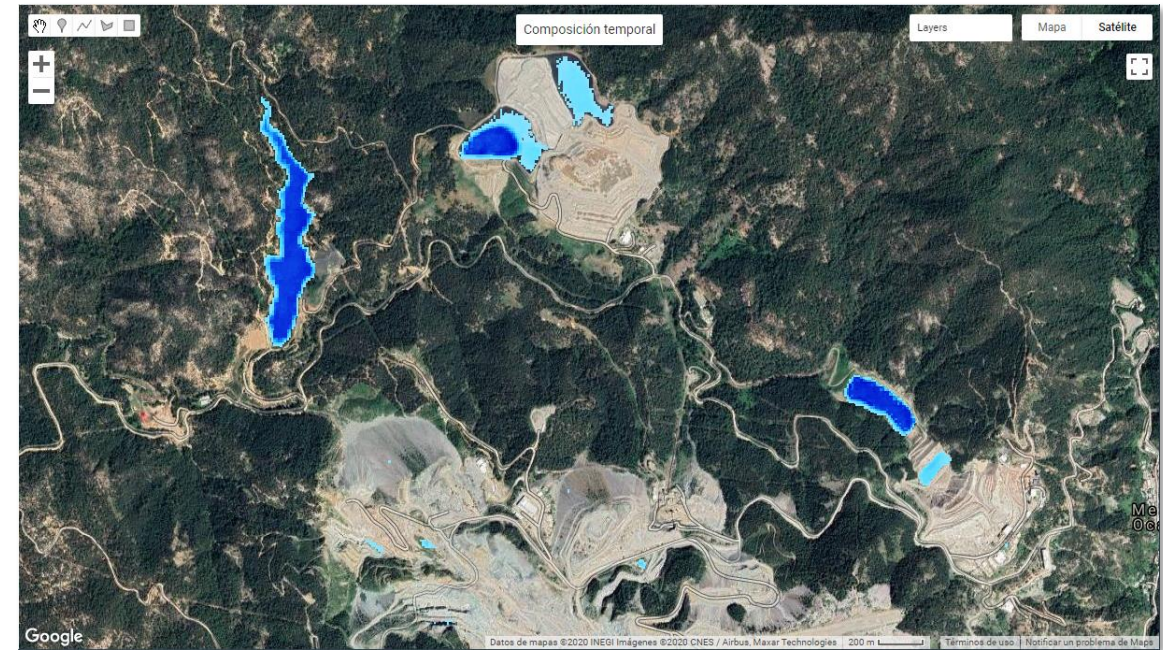
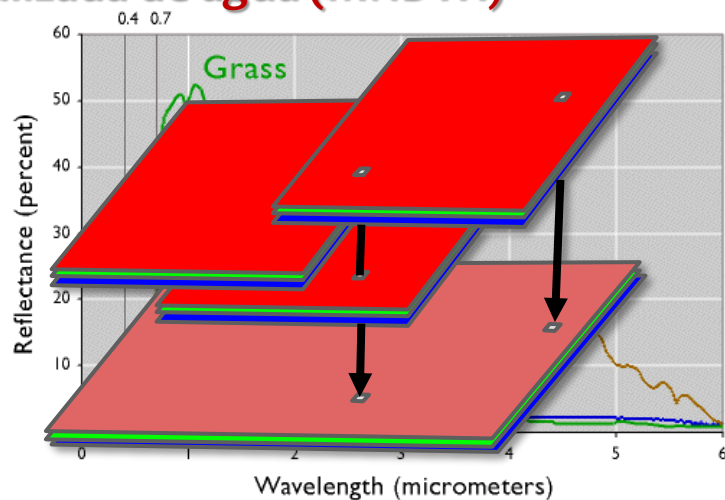
# Detección de Cuerpos de Agua



# Detección de Cuerpos de Agua



**Mediana anual del índice modificado de diferencia normalizada de agua (MNDWI)**



**“Probabilidad” de ocurrencia de agua a partir de imágenes clasificadas**

Hanqiu Xu. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 27:14, 3025-3033.

Palacios-Sánchez, L. A., F. Paz-Pellat, J. L. Oropeza-Mota, B. Figueroa-Sandoval, M. Martínez-Menes, C. A. Ortiz-Solorio y A. Exebio-García. 2006. Clasificador genérico de objetos en imágenes ETM+. *Agrociencia* 40: 613-626.

# Análisis Geomático en la Agricultura de Riego

Sombreado de relieve en MDE SRTM



Compuesto mediana RGB Landsat 8 2019

Clasificación Genérica de Objetos

<https://signup.earthengine.google.com>

Es necesario tener cuenta registrada en Google

# Muchas gracias



**Dr. Luis Alberto Palacios Sánchez**

**Consultor Independiente**

Correo-e: [luis.palacios59@gmail.com](mailto:luis.palacios59@gmail.com)

**Para citar esta presentación:**

Palacios Sánchez, L. A. 2020. **Análisis Geomático en la Agricultura de Riego**. Tercer Seminario Temático “La geomática aplicada a la Agricultura de Riego”. 12 de noviembre de 2020. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMIIR). México. 45 pp.



Consulta el portal del COMIIR y sus redes sociales:

[www.comeii.com](http://www.comeii.com) y [www.riego.mx](http://www.riego.mx)