



Universidad Nacional de Entre Ríos

FACULTAD DE INGENIERÍA

Aplicación de un modelo  
epidemiológico para la predicción del  
crecimiento y difusión del vector que  
transmite el dengue utilizando  
sensores remotos en la  
localidad de Oro Verde

TRABAJO INTEGRADOR FINAL  
*TIC Y Geomática*

Autor:  
Justo Garcia  
Docente a cargo:  
Walter Elías

Junio 2024

## Tabla de contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>3</b>
2.1	Área de estudio . . . . .	3
2.2	Obtención de imágenes . . . . .	4
2.2.1	Dispositivo de sensado . . . . .	4
2.2.2	Análisis visual . . . . .	5
2.3	Procesamiento de imágenes . . . . .	6
2.4	Descripción del modelo . . . . .	7
2.5	Cálculo de índices . . . . .	8
2.5.1	NDVI . . . . .	9
2.5.2	NDWI . . . . .	10
2.6	Clasificación . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>11</b>

# 1 Introducción

## 2 Desarrollo

### 2.1 Área de estudio

Para este estudio, se utilizaron datos recolectados a partir de la utilización de ovitrampas por parte de un proyecto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos en Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. El área de interés se definió mediante un procesamiento en Python, utilizando las bibliotecas Folium y Pandas. Este enfoque nos permitió generar gráficos detallados que representan los puntos geográficos con información sobre la densidad de mosquitos registrada experimentalmente. En la siguiente imagen (Fig.1), se muestra la salida de este procesamiento, con un marcador representando cada ovitrampa.

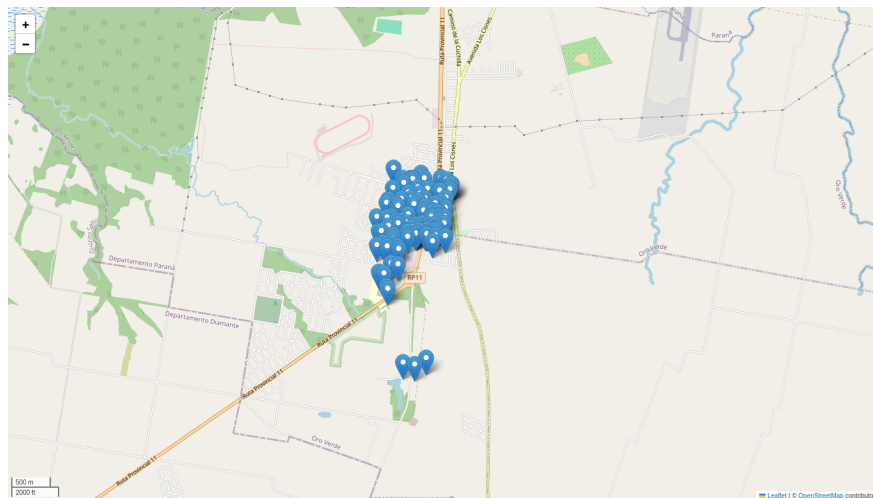


Fig. 1: Posiciones de ovitrampas en Oro Verde.

A partir de estos marcadores, se extendió el procesamiento de los datos definiendo un cuadrado que encierra a todos los puntos con un margen adicional de 1km (Fig.2). Esta delimitación nos permitió enfocarnos en el área específica para la cuál tenemos datos, es decir, nuestra región de interés (ROI, Region of Interest).

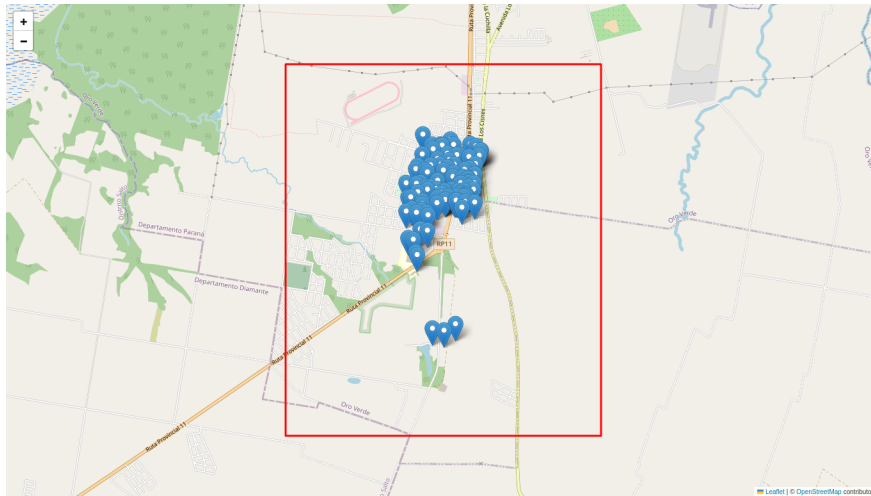


Fig. 2: Posiciones de ovitrampas en Oro Verde con ROI delimitada.

## 2.2 Obtención de imágenes

Para el análisis, se utilizaron imágenes satelitales provenientes de Landsat 8, las cuales se obtendrán a través del Earth Explorer del USGS (United States Geological Survey) CITA. Estas imágenes, con un nivel de análisis L2, proporcionan la información necesaria para estudiar la densidad de mosquitos en el área de interés a través de distintas técnicas.

### 2.2.1 Dispositivo de sensado

El Landsat 8 es un satélite de observación terrestre que forma parte del Programa Landsat, administrado por el USGS y la NASA CITA. Este satélite consta de dos sensores principales:

- OLI (Operational Land Imager)
- TIRS (Thermal Infrared Sensor)

A su vez, cada uno de estos sensores posee diversas bandas. Estas son listadas en la tabla 1.

Banda	Longitud de onda ( $\mu$ )	Resolución espacial ( $m$ )
1 - Coastal/Aerosol	0.435-0.451	30
2 - Azul	0.452-0.512	30
3 - Verde	0.533-0.590	30
4 - Roja	0.636-0.673	30
5 - NIR	0.851-0.879	30
6 - SWIR-1	1.566-1.651	30
7 - SWIR-2	2.107-2.294	30
8 - Pancromático	0.503-0.676	15
9 - Cirro	1.363-1.384	30
10 - TIR-1	10.60-11.19	100
11 - TIR-2	11.50-12.51	100

Tabla 1: Tabla con información sobre las diferentes bandas que capta el Landsat 8

Para este estudio es muy relevante la diversidad de bandas espectrales, permitiendo analizar diversas características del terreno. Esta información, combinada con los datos de las ovitrampas, proporciona una visión integral y detallada del entorno.

### 2.2.2 Análisis visual

Como se mencionó previamente, se analizó la disponibilidad de imágenes a través de Earth-Explorer. Se seleccionó la región de interés en esta plataforma y se estableció un rango de fechas según la disponibilidad de datos, comenzando con datos de octubre de 2017. Se identificaron dos opciones de pasada del Landsat 8: una del path 227 y otra del 226, ambas para row 82. Estas opciones fueron marcadas en el mapa para evaluar la cobertura del área que proporcionaba cada una, como se muestra en Fig.3



Fig. 3: Opciones de cobertura.

Finalmente, se decidió utilizar la opción de la izquierda, ya que en la opción de la derecha, Oro Verde se encuentra sobre el borde de la imagen, lo que limitaría la capacidad de ampliar la región de interés. Por lo tanto, se procedió a la descarga de las imágenes correspondientes a la fecha de interés, utilizando el path 227 y el row 82.

Una vez obtenidos los datos de sensado de interés, se procedió a realizar un análisis visual detallado de la región utilizando el software QGIS. Este proceso incluyó la superposición de bandas espectrales como capas ráster y de los datos de coordenadas de las ovitrampas como vectores.

## 2.3 Procesamiento de imágenes

Con el objetivo de reducir el costo computacional y evitar el desperdicio de recursos, se procedió a definir un polígono delimitado por las coordenadas del área de interés. Este proceso incluyó la conversión de las coordenadas de las ovitrampas desde EPSG:4326 a EPSG:32620, seguido de la creación de un archivo de polígono con extensión *.shp*.

Una vez que se estableció correctamente el archivo de polígono, se realizó una verificación visual utilizando QGIS para validar los cálculos (Fig.4). Posteriormente, se implementó el recorte de todos los archivos *.TIF* utilizando la herramienta *gdalwarp* de *GDAL*. REFERENCIA



Fig. 4: Polígono generado.

## 2.4 Descripción del modelo

$$\frac{\partial \rho(P, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (D_R \nabla \rho) - \nabla \cdot (\rho D_W V) - \nabla \cdot (\rho K_H \nabla H) + \alpha - \beta$$

Donde:

Símbolo	Variable	Valor
P	Densidad de mosquitos	No homogéneo
$\alpha$	Tasa de nacimientos	$6(m^2/dia)$
$\beta$	Tasa de muertes	0.2
V	Velocidad Viento Superficie	No homogéneo
$K_H$	Tensor de atracción	100
H	Campo de atracción	No homogéneo
$D_R$	Tensor de difusión	No homogéneo / ver Tabla 2
$D_W$	Tensor de rugosidad	No homogéneo / ver Tabla 2



Desglosando:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}(P, t) = \text{Rozamiento}(P, t) - \text{Transporte}(P, t) - \text{Atraccion}(P, t) + \alpha(P, t) - \beta(P, t)$$

Donde:

$$\text{Rozamiento}(P, t) = \text{div}[D_R(P, t) \cdot \nabla \rho(P, t)]$$

$$\text{Transporte}(P, t) = [D_W(P, t) \vec{W}(P, t) \cdot \nabla \rho(P, t)]$$

$$\text{Atraccion}(P, t) = \text{div}[K_H \cdot \rho(P, t) \cdot \nabla H(P, t)]$$

Con:

- $\rho(P, t)$  = densidad de mosquitos
- $D_R(P, t)$  = tensor de rozamiento
- $D_W(P, t)$  = tensor de viento
- $W(P, t)$  = velocidad del viento
- $K_H$  = constante de atracción
- $H(P, t)$  = campo de atracción
- $\alpha(P, t)$  = razón de nacimientos
- $\beta(P, t)$  = razón de muertes

## 2.5 Cálculo de índices

El cálculo de índices en geomática es una herramienta crucial para llevar a cabo diversos análisis y aplicaciones a partir de la transformación de la información contenida en las imágenes satelitales. Por esta razón, en este trabajo se utiliza una selección de algunos de estos índices que son relevantes para cumplir con el objetivo, a continuación se detallan aquellos utilizados.

## 2.5.1 NDVI

### 2.5.1.1 Cálculo

El NDVI (Landsat Normalized Difference Vegetation Index) es usado para cuantificar cuán verde está la vegetación y es de utilidad a la hora de comprender la densidad de la vegetación. REFERENCIA.

Su cálculo de forma generalizada se lleva a cabo con la siguiente combinación de bandas:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

En el caso específicos de bandas de Landsat 8:

$$NDVI = \frac{Banda\ 5 - Banda\ 4}{Banda\ 5 + Banda\ 4}$$

En primer instancia, se llevó a cabo el cálculo con la función de calculadora raster de QGIS. Sin embargo, luego se procedió a llevar a cabo una implementación en Python para su cálculo con el fin de tener el código necesario para automatizar su cálculo. Se evaluó una comparativa de los resultados obtenidos y el grado de precisión del cálculo era el mismo para ambos (Fig.5)

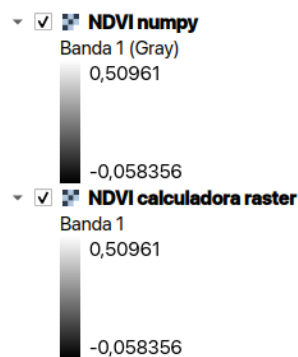


Fig. 5: Comparativa de cálculos del NDVI.

### 2.5.1.2 Clasificación

Para la clasificación del tipo de vegetación en base al NDVI se consideraron cuatro clases: 1) Suelo expuesto, 2) Vegetación baja, 3) Vegetación alta; las cuales se etiquetaron con el siguiente criterio (Tabla2):

Rango	Tipo
Suelo expuesto	0.0 – 0.25
Vegetación baja	0.25 – 0.4
Vegetación alta	> 0.4

Tabla 2: Criterio de clasificación en base al NDVI.

## 2.5.2 NDWI

El Índice Normalizado de Diferencia de Agua (NDWI) se emplea para destacar áreas de agua en una imagen captada por un satélite. Se utiliza principalmente para la detección y monitoreo de masas de agua

### 2.5.2.1 Cálculo

El cálculo de este índice se lleva a cabo a partir de las bandas verdes y de infrarrojos cercanos, respetando la siguiente fórmula:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Reformulando teniendo en cuenta la información correspondiente a las bandas del Landsat 8:

$$NDWI = \frac{Banda\ 3 - Banda\ 5}{Banda\ 3 + Banda\ 5}$$

El cálculo de este índice se realizó de la misma forma que en la sección 2.5.1.

### 2.5.2.2 Clasificación

A las clases descritas en 2.5.1.2, se añade una nueva que representa cuerpos de agua. Se define como cuerpos de agua aquellos puntos con un valor de  $NDWI$  superior a cero.

## 2.6 Clasificación de superficies

### 3 Conclusiones