



# **Diseño y desarrollo de un software para adquisición y procesamiento de datos de las bandas espectrales del satélite Sentinel 2 como una herramienta de teledetección**

## **Design and development of software for data acquisition and processing of the spectral bands of the Sentinel 2 satellite as a remote sensing tool**

Jesús Bojorquez-Delgado<sup>1</sup>, Gilberto Bojorquez-Delgado<sup>1</sup>, Andrés Gálvez-Rodríguez<sup>1,2</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México – ITS Guasave, Sinaloa, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Indígena de México, Los Mochis, Sinaloa, México.

---

Recibido: 31-10-2022

Aceptado: 06-12-2022

Autor correspondal: [gilberto.bd@guasave.tecnm.mx](mailto:gilberto.bd@guasave.tecnm.mx)

**Resumen**

Los avances científicos y tecnológicos de los últimos años, y especialmente desde el lanzamiento en 1972 del primer satélite del programa espacial Landsat, de ha abierto la posibilidad de obtener información a través de sensores remotos. La teledetección y los sistemas de información geográfica, se han convertido en recursos con valor científico potencial para los investigadores en diversos campos como el estudio de la dinámica urbana, la agricultura de precisión entre otras aplicaciones que utilizan índices espectrales como NDVI, NDMI, y EVA para detectar anomalías. Existen diversas herramientas computacionales para procesar información espectral y calcular los índices espectrales, sin embargo, requieren computadoras de altas prestaciones para esta labor y su uso especializado requiere de personal con alto dominio de estas tecnologías. En el presente trabajo se presenta el diseño y desarrollo de un software desarrollado en el lenguaje de programación Python para adquisición y procesamiento de datos de las bandas espectrales del satélite Sentinel 2 como una herramienta de teledetección.

**Palabras clave:** Teledetección, Sentinel 2, Python.

**Abstract**

The scientific and technological advances of recent years, and especially since the launch in 1972 of the first satellite of the Landsat space program, have opened up the possibility of obtaining information through remote sensing. Remote sensing and geographic information systems have become resources with potential scientific value for researchers in various fields such as the study of urban dynamics, precision agriculture, among other applications that use spectral indices such as NDVI, NDMI, and EVA. to detect abnormalities. There are various computational tools to process spectral information and calculate spectral indices, however, they require high-performance computers for this task and their specialized use requires personnel with a high command of these technologies. This paper presents the design and development of software developed in the Python programming language for the acquisition and processing of data from the spectral bands of the Sentinel 2 satellite as a remote sensing tool.

**Keywords:** Remote Sensing, Sentinel 2, Python.

## Introducción

Los avances científicos y tecnológicos de los últimos años, y especialmente desde el lanzamiento en 1972 del primer satélite del programa espacial Landsat (Rodríguez, 2021), que ha abierto la posibilidad de obtener información a través de la teledetección (Mogrovejo, 2021). La teledetección y los sistemas de información geográfica, se han convertido en recursos muy útiles para la gestión y organización de las regiones, especialmente la de las imágenes de satélite (Balaguera, Leguizamón, Valiente, 2018), tiene un valor científico potencial para los investigadores en diversos campos (Arroyave, Posada, Nowak Y Hoehn, 2019), incluida la utilidad en el estudio de la dinámica urbana (Cáceres, 2019), la agricultura de precisión (Perez, Hernández, Gustabello y Becerra-de Armas, 2019), la detección de la contaminación (López, Solorzano y Ávila, 2021), entre otros. Con el lanzamiento de los satélites Sentinel-2 entre 2015 y 2017, la resolución de la teledetección ha mejorado, ya que cada píxel puede manejar una resolución de 10 m, 20 m y 60 m (Paulino, Gamarra, Villanueva, y Siguyro, 2022), además de la imagen multiespectral de 13 bandas, en el espectro visible, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta y espectro electromagnético (Campos, García, Martínez y Gilabert, 2020). La combinación de diferentes bandas espectrales ha dado origen a los Índices Espectrales como el “Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)”, “Índice de Vegetación Mejorado (EVI)”, “Índice de Vegetación ajustado con el suelo (SAVI)”, “Índice de Vegetación ajustado modificado (MSAVI)” y “Índice Normalizado de la Diferencia de Humedad (NDMI)” ha venido a mejorar las detecciones de anomalías en tierra, agua o vegetación (Solis, Revelo, Campos y Gaviria, 2021; García, 2022). Existen herramientas de sistema de información geográfica como Google Earth, que muestra un globo terráqueo virtual para visualizar varios mapas basados en imágenes satelitales (Venkatappa, Sasaki y Abe, 2021), Herramientas de procesamiento de diferentes espectros como qgis, arcgis, grass, gis, arcmap que permite trabajar con índices espectrales (Congedo, 2021; Cabeza, Razo y Cajas, 2022), y aun que estas herramientas son muy buenas, también presenta una curva significativa de aprendizaje para su uso, ya que el la cantidad de opciones y la cantidad de recursos computacionales que requiere las convierte en herramientas algo pesadas y se requiere equipos de cómputo especializados (Lemenkova, 2021; Dimitriadou y Nikolakopoulos, 2021).

Existen computadoras basadas en procesadores ARM de bajo consumo de energía, y altas prestaciones como lo es la raspberry pi 4, que es capaz de ejecutar diversas versiones de sistemas operativos basados en GNU Linux (Maragatham, Balasubramanie y Vivekanandhan, 2021) y sobre todo el lenguaje de programación Python, lo cual hace de estas minicomputadoras herramientas óptimas para la utilización de servir de datos con bajo flujo de usuarios, pero con las prestaciones suficientes para procesar imágenes (Castillo, 2021).

Este trabajo presenta el diseño y desarrollo de un software para adquisición y procesamiento de datos de las bandas espectrales del satélite Sentinel 2 como una herramienta de teledetección sobre la computadora ARM embebida Raspberry pi 4, como servidor de datos, una ventaja que presenta sobre los herramientas SIG existentes es que puede ser operado con script para especificar las coordenadas geográficas, las fechas y los índices espectrales deseados, y el sistema podrá realizar la descarga de datos multispectrales, procesarlos y arrojar los resultados para simplificar la forma de obtener información desde una computadora embebida que pueda ser instalada incluso en zonas adversas y climas extremos, como en procesos agroindustriales, como invernaderos, granjas acuícolas o campos agrícolas, para estudios que requiera la teledetección para resolver algún problema enfocado al sector agroindustrial.

## Materiales y métodos

El software para adquisición y procesamiento de datos de las bandas espectrales del satélite Sentinel 2 está integrado por 6 APIs para solicitar, adquirir y procesar imágenes espectrales para el desarrollo de los índices espectrales como se muestra en la Figura 1.

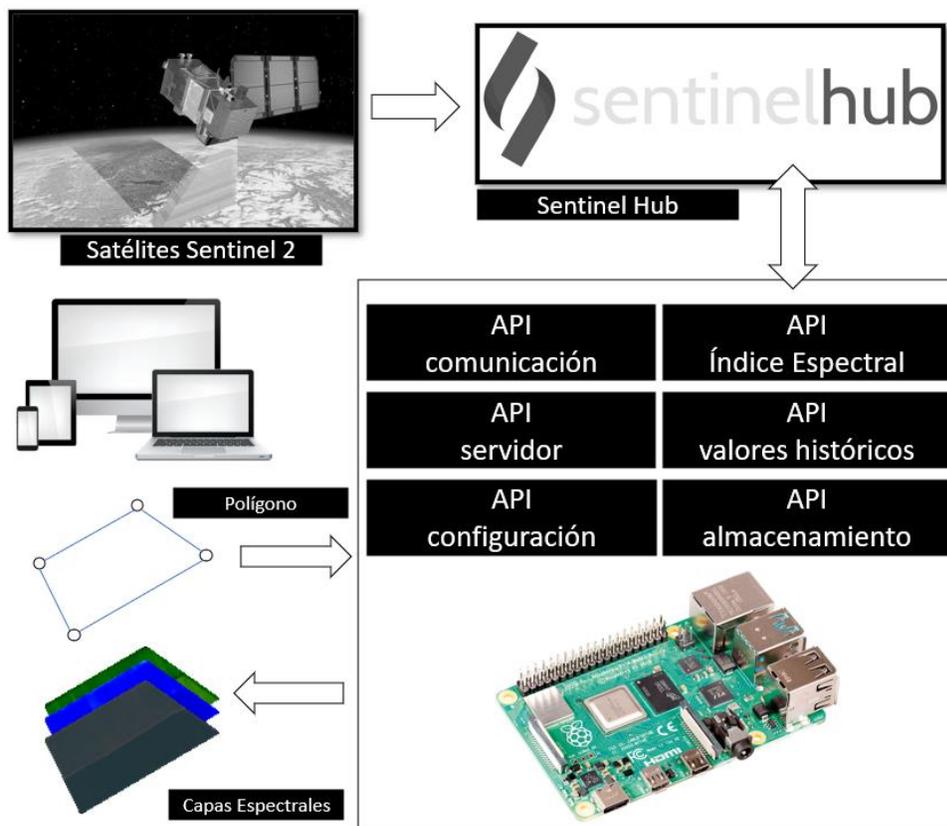


Figura 1. Diagrama del Sistema.

Hardware del sistema:

El hardware del sistema está basado en Raspberry Pi como aparece en la Figura 2, una computadora económica y compacta, del tamaño de una tarjeta de crédito, que se puede conectar a un monitor de computadora o televisión y se usa con un mouse y un teclado estándar (Atiquir, 2020).



Figura 2. Raspberry pi 4.

Es una pequeña computadora con sistema operativo Linux que permite a ejecutar aplicaciones informáticas y lenguajes como Scratch y Python. Puede manejar las tareas de escritorio más típicas, desde navegar por la web, reproducir videos de alta definición, manejar documentos de oficina e incluso jugar juegos (Dattani, 2020).

La Raspberry pi 4 tiene un procesador con una frecuencia de 1.5 GHz, en la tabla 1 se muestran las características de la minicomputadora.

Tabla 1. Etapas de integración

<b>PROCESADOR</b>	ARM Cortex-A72
<b>FRECUENCIA DE RELOJ</b>	1.5 GHz
<b>GPU</b>	VideoCore VI (con soporte para OpenGL ES 3.x)
<b>MEMORIA</b>	1 GB / 2 GB / 4 GB LPDDR4 SDRAM
<b>CONECTIVIDAD</b>	Bluetooth 5.0, Wi-Fi 802.11ac, Gigabit Ethernet
<b>PUERTOS</b>	GPIO 40 pines 2 x micro HDMI 2 x USB 2.0 2 x USB 3.0 CSI (cámara Raspberry Pi) DSI (pantalla tácil) Micro SD Conector de audio jack USB-C (alimentación)

Software del sistema:

El software fue desarrollado en el lenguaje de programación Python y se ejecuta sobre el sistema operativo Raspberry pi OS 64 bits y su lógica computacional se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 3.

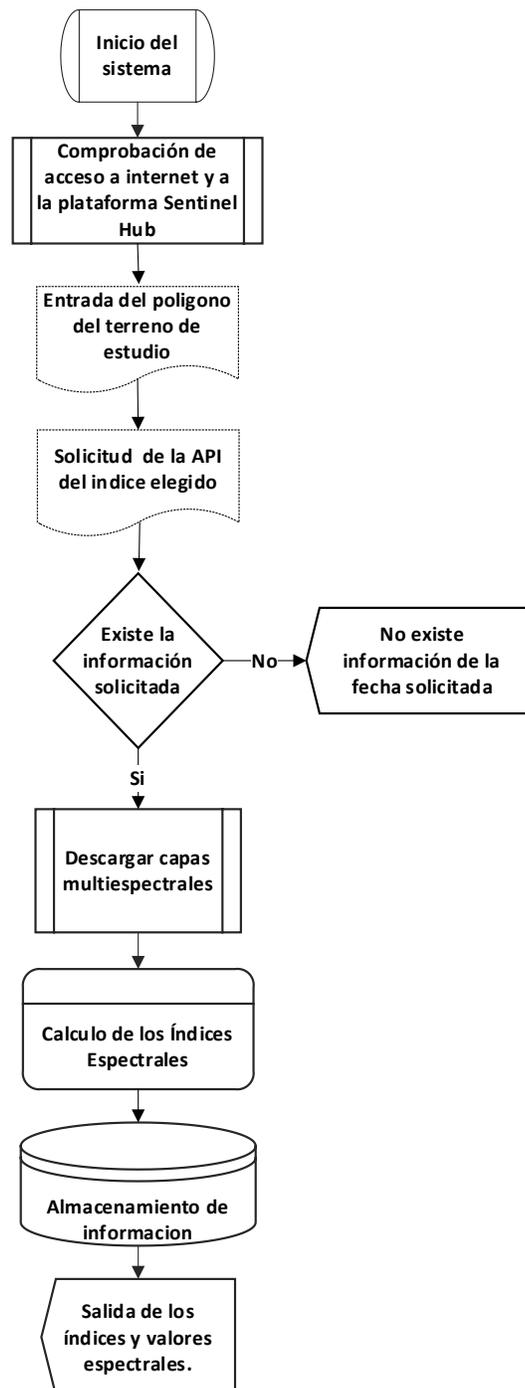


Figura 3. Diagrama de Flujo del software para obtener los índices espectrales.

Como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 3, el software este constituido de los siguientes puntos:

**Inicio:** El software se ejecuta en modo consola para crear un servidor web y recibir peticiones.

**Comprobación de conexión:** Se realiza una inspección de conexión a internet y al servidor de Sentinel-Hub.

**Entrada de datos:** Por medio de la interface del servidor web se da ingreso al polígono del terreno mediante una cadena GeoJSON.

**APIs de Índices Espectrales:** Se selecciona por medio de las APIs del sistema el índice o índices espectrales deseados por el usuario.

**Módulo de Descarga:** Se encarga gestionar los recursos con el servidor Sentinel-Hub para descargar las capas espectrales que se requieran de acuerdo al Índice elegido por el usuario.

**Cálculo de los Índices Espectrales:** El cálculo de los índices espectrales se realizan mediante las siguientes ecuaciones (Shammi y Meng, 2021):

Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{Ecuación 1}$$

Índice de Vegetación Mejorado (EVI)

$$EVI = 2.5 \frac{NIR - RED}{(NIR + 6 RED - 7.5 BLUE) + 1} \quad \text{Ecuación 2}$$

Índice Normalizado de la Diferencia de Humedad (NDMI)

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad \text{Ecuación 3}$$

En las Ecuaciones 1, 2 y 3 se muestran los Índices Espectrales NDVI, EVI y NDMI respectivamente.

Donde:

RED: Representa la capa B4 de las imágenes captadas por la cámara multispectral montada en el satélite Sentinel 2 con una longitud de onda de 665 nm del espectro electromagnético.

BLUE: Representa la capa B2 de las imágenes captadas por la cámara multispectral montada en el satélite Sentinel 2 con una longitud de onda de 490 nm del espectro electromagnético.

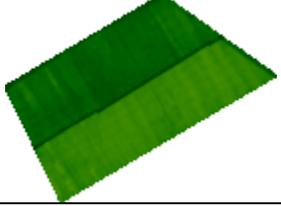
NIR: Representa la capa B8 de las imágenes captadas por la cámara multispectral montada en el satélite Sentinel 2 con una longitud de onda de 842 nm del espectro electromagnético.

SWIR: Representa la capa B11 de las imágenes captadas por la cámara multispectral montada en el satélite Sentinel 2 con una longitud de onda de 1610 nm del espectro electromagnético.

## Resultados y discusión

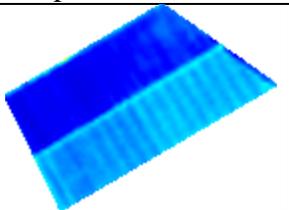
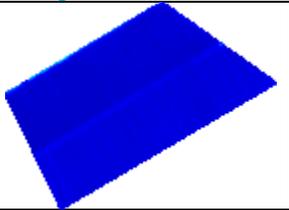
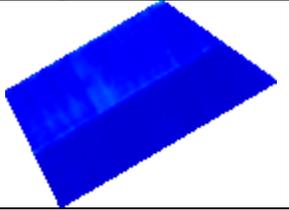
Con la ejecución del software desarrollado y la utilización de las API's de entrada correspondientes al Índice de Vegetación Normalizado en diferentes fechas se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 1. (192.168.1.250 corresponde a la dirección de la raspberry pi 4 local)

Tabla 1. Respuestas a la ejecución de las API's de entrada para el Índice de Vegetación Normalizado.

API Ejecutada	Respuesta
<code>http://192.168.1.250:8080/{'type': 'Polygon','coordinates': [[[ -108.39749123901129, 25.509927102266545],[-108.40027470141649, 25.51513971195282],[-108.39242856949568, 25.519282224198676],[-108.38669769465923, 25.515627465323853],[-108.39749123901129, 25.509927102266545]]], 'DateTime': '2021-11-30', 'Index': 'NDVI',}</code>	
<code>http://192.168.1.250:8080/{'type': 'Polygon','coordinates': [[[ -108.39749123901129, 25.509927102266545],[-108.40027470141649, 25.51513971195282],[-108.39242856949568, 25.519282224198676],[-108.38669769465923, 25.515627465323853],[-108.39749123901129, 25.509927102266545]]], 'DateTime': '2021-12-30', 'Index': 'NDVI',}</code>	
<code>http://192.168.1.250:8080/{'type': 'Polygon','coordinates': [[[ -108.39749123901129, 25.509927102266545],[-108.40027470141649, 25.51513971195282],[-108.39242856949568, 25.519282224198676],[-108.38669769465923, 25.515627465323853],[-108.39749123901129, 25.509927102266545]]], 'DateTime': '2022-01-29', 'Index': 'NDVI',}</code>	

En la Tabla 2 se muestra la respuesta a la petición de la API del Índice Normalizado de la Diferencia de Humedad, se puede observar que la estructura de la petición esta constituida por una dirección IP, que para este caso es <http://192.168.1.250:8080/> la dirección local de la raspberry, una cadena GeoJSON que contiene el polígono del terreno que deseamos observar, la fecha de captura de las imágenes y por último el índice espectral que deseamos calcular, que para este caso es el NDMI.

Tabla 2. Respuestas a la ejecución de las API's del Índice Normalizado de la Diferencia de Humedad.

API Ejecutada	Respuesta
<code>http://192.168.1.250:8080/{'type': 'Polygon','coordinates': [[[[-108.39749123901129, 25.509927102266545],[-108.40027470141649, 25.51513971195282],[-108.39242856949568, 25.519282224198676],[-108.38669769465923, 25.515627465323853],[-108.39749123901129, 25.509927102266545]]]], 'DateTime': '2021-11-15', 'Index': 'NDMI',}</code>	
<code>http://192.168.1.250:8080/{'type': 'Polygon','coordinates': [[[[-108.39749123901129, 25.509927102266545],[-108.40027470141649, 25.51513971195282],[-108.39242856949568, 25.519282224198676],[-108.38669769465923, 25.515627465323853],[-108.39749123901129, 25.509927102266545]]]], 'DateTime': '2021-12-30', 'Index': 'NDMI',}</code>	
<code>http://192.168.1.250:8080/{'type': 'Polygon','coordinates': [[[[-108.39749123901129, 25.509927102266545],[-108.40027470141649, 25.51513971195282],[-108.39242856949568, 25.519282224198676],[-108.38669769465923, 25.515627465323853],[-108.39749123901129, 25.509927102266545]]]], 'DateTime': '2022-01-29', 'Index': 'NDMI',}</code>	

## Conclusiones

El diseño y desarrollo del software para adquisición y procesamiento de datos de las bandas espectrales del satélite Sentinel 2 como una herramienta de teledetección es una utilidad que permite la automatización de descarga y procesamiento de índices espectrales para diversas aplicaciones destacando la de agricultura de precisión. En este trabajo se presentaron resultados preliminares del servidor de imágenes espectrales, cuyos trabajos futuros estarían en el aumento de mayor cantidad de índice y opciones de automatización en las descargas. La importancia de crear este tipo de tecnología radica en el incremento de prototipos o dispositivos que se enfoquen a sectores agroindustriales para mejorar las técnicas y herramientas de los sectores de mayor relevancia en el desarrollo regional.

## Referencias bibliográficas

- Arroyave-Maya, M. D. P., Posada-Posada, M. I., Nowak, D. J., & Hoehn, R. E. (2019). Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá. *Colombia forestal*, 22(1), 5-16.
- Atiqur, R., & Li, Y. (2020). Automated smart car parking system using raspberry Pi 4 and iOS application. *International Journal of Reconfigurable and Embeded Systems (IJRES)*, 9(3), 229-234.
- Balaguera, A. S., Leguizamón, O. D., & Valiente, L. L. (2018). Gestión de pavimentos basado en sistemas de información geográfica (SIG): una revisión. *Ingeniería Solidaria*, 14(26), 1-18.
- Cáceres, N. C. R. (2019). Uso de herramientas GIS Y BIM en la determinación del impacto del ciclo de vida de sistemas urbanos. Caso de estudio: Edificios residenciales que aplican la matriz de eco-eficiencia de la ciudad de Quito–Ecuador.
- Campos-Taberner, M., García-Haro, F. J., Martínez, B., & Gilabert, M. A. (2020). Deep learning para la clasificación de usos de suelo agrícola con Sentinel-2. *Revista de Teledetección*, (56), 35-48.
- Cabeza García, P. M., Razo Cajas, E. F., & Cajas Carrión, R. F. (2022). Caracterización de las PYMES del distrito metropolitano de Quito, mediante el sistema de Georeferenciación ArcGIS pro. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 280-290.
- Castillo Suarez, J. (2021). Sistema seleccionador de botellas mediante visión artificial en Raspberry pi.
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172.
- Dattani, P. (2020). Face Detection based on Image Processing using Raspberry Pi 4. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Electrical Engineering Department, Marwari Education Foundation Group of Institution.
- Dimitriadou, S., & Nikolakopoulos, K. G. (2021). Reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) methods implemented as ArcMap models with remote-sensed and ground-based inputs, examined along with MODIS ET, for Peloponnese, Greece. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6), 390.
- García Guzmán, R. A. (2022). DETERMINAR EL EFECTO DEL LAS DEFICIENCIAS DE NITRÓGENO EN EL NDVI DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*).
- Lemenkova, P. (2021). Dataset compilation by GRASS GIS for thematic mapping of Antarctica: Topographic surface, ice thickness, subglacial bed elevation and sediment thickness. *Czech Polar Reports*, 11(1), 67-85.

- López, J. I. V., Solorzano, S. H., & Ávila, M. E. G. (2021). Estudio de la percepción ambiental geográfica de la contaminación de un arroyo urbano, Tonalá, Chiapas. *Región y sociedad*, 33.
- Maragatham, T., Balasubramanie, P., & Vivekanandhan, M. (2021, February). IoT Based Home Automation System using Raspberry Pi 4. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1055, No. 1, p. 012081). IOP Publishing.
- Mogrovejo Barrera, I. I. (2021). Teledetección espacial mediante la aplicación de imágenes satelitales tipo Aster L1t, Landsat 8 Oli y Sentinel 2 en zonas de alteración hidrotermal (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Perez-Garcia, C. A., Pérez-Atray, J. J., Hernández-Santana, L., Gustabello-Cogle, R., & Becerra-de Armas, E. (2019). Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 13(2), 30-46.
- Paulino, C., Xu, H., Gamarra, C., Villanueva, C., & Siguayro, H. (2022). Clasificación de la vegetación acuática en el lago Titicaca a partir de índices del satélite Sentinel-2.
- Shammi, S. A., & Meng, Q. (2021). Use time series NDVI and EVI to develop dynamic crop growth metrics for yield modeling. *Ecological Indicators*, 121, 107124.
- SOLIS-PINO, A. F., REVELO-LUNA, D. A., CAMPO-CEBALLOS, D. A., & GAVIRIA-LÓPEZ, C. A. (2021). Correlación del contenido de clorofila foliar de la especie *Coffea arabica* con índices espectrales en imágenes. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 57-68.
- Rodríguez García, M. G. (2021). Validación de la información de temperaturas del satélite LANDSAT 8 para el Ecuador continental: caso de estudio en las provincias de Imbabura, Manabí y Sucumbíos en el año 2019 y 2020.
- Venkatappa, M., Sasaki, N., Han, P., & Abe, I. (2021). Impacts of droughts and floods on croplands and crop production in Southeast Asia—An application of Google Earth Engine. *Science of the Total Environment*, 795, 148829.