

Universidad EAFIT
Escuela de Ciencias Aplicadas e Ingeniería
Pregrado de Ingeniería Física
DF0070 – Proyecto Avanzado I
2025-2

Anteproyecto:
Reconocimiento de Objetos Terrestres mediante Imágenes
VIS-NIR

Autor:
Juan Angel Gamez Diaz

Profesora, Tutor, Co-tutora:
Elena Montilla Rosero | emontill@eafit.edu.co
Sebastian Carmona Estrada | scarmonae@eafit.edu.co
Olga Lucia Quintero Montoya | oquinte1@eafit.edu.co

8 de agosto de 2025

Índice

1. Planteamiento del problema	3
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. Antecedentes	4
4. Justificación	5
5. Alcance	6
6. Metodología Propuesta	6
7. Cronograma de actividades	7
8. Presupuesto	7
9. Propiedad Intelectual	7

Índice de tablas

1. Cronograma del proyecto distribuido por semanas (4 a 18).	7
2. Presupuesto estimado por dedicación horaria y uso de recursos.	7

1. Planteamiento del problema

El monitoreo ambiental en el contexto colombiano ha estado tradicionalmente enfocado en el estudio agrícola del suelo, lo cual responde tanto a la estructura de la economía nacional como al ordenamiento territorial y el enfoque productivo del país[1]. Sin embargo, el desarrollo de nuevas técnicas en el campo del sensado remoto ofrece la posibilidad de obtener información más precisa y detallada sobre el uso del suelo [2]. Esto plantea la necesidad de reflexionar sobre el aprovechamiento de tecnologías en aplicaciones prácticas, que impulsen una producción agrícola más segura y eficiente, fortaleciendo estudios ambientales y territoriales[3].

En este contexto, las imágenes multiespectrales, especialmente aquellas capturadas en los espectros visible (VIS) e infrarrojo cercano (NIR), representan una alternativa para el estudio y uso de la cobertura del suelo, como se ha demostrado en aplicaciones agrícolas en contextos latinoamericanos[4], permitiendo nuevos enfoques de análisis sobre la topografía y morfología de la superficie terrestre. Según Khorram et al. [5], la interacción entre la radiación electromagnética y las propiedades ópticas de la superficie, como la reflectancia, transmitancia y absorbancia en las bandas VIS y NIR, resulta fundamental para identificar distintas respuestas del terreno. Este comportamiento espectral permite extraer información más rica y detallada sobre el entorno observado, facilitando una mejor interpretación del espacio n-dimensional que conforma la representación multiespectral generada por sensores de observación terrestre.

No obstante, la implementación efectiva de un enfoque ingenieril y físico requiere modelos computacionales capaces de procesar de manera conjunta la información espectral y espacial contenida en las imágenes multiespectrales. Para ello, resulta fundamental comprender los fenómenos físicos presentes en la interacción radiación-materia, lo que permite plantear modelos coherentes[4].

El modelamiento de la reflectancia, como fenómeno físico que describe la respuesta de distintos materiales a diferentes longitudes de onda, permite obtener información espectral útil para algoritmos de clasificación y detección en imágenes multiespectrales VIS-NIR. Aunque algoritmos de visión por computador como YOLO han mostrado buenos resultados en imágenes RGB [6], su adaptación a datos multiespectrales mejora el modelamiento al ofrecer mayor especificidad en un espacio n-dimensional más amplio, representando un avance significativo para la comunidad investigativa e industrial en Colombia.

Desde un enfoque que combina fundamentos de la física aplicada, el procesamiento digital de imágenes y la inteligencia artificial, este proyecto propone desarrollar un modelo basado en principios físicos para detección de objetos multiespectral VIS-NIR, orientado a mejorar la identificación automática de elementos geográficos en escenarios reales, utilizando herramientas computacionales modernas.

Pregunta de investigación: ¿Cómo puede un modelo n-dimensional VIS-NIR optimizar la identificación automática de elementos geográficos en regiones del territorio colombiano?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Implementar un sistema de visión por computador para observación terrestre, basado en el modelado del espacio n-dimensional de imágenes multiespectrales VIS-NIR y sustentado en principios físicos de interacción radiación-materia, orientado a optimizar la detección automática de elementos geográficos en regiones del territorio colombiano, con el fin de mejorar la extracción de información sobre el uso y la cobertura del suelo.

2.2. Objetivos específicos

- Examinar los fundamentos teóricos y tecnológicos asociados al uso de imágenes multiespectrales VIS-NIR para la observación terrestre, con énfasis en la interacción radiación-materia, la representación n-dimensional de datos espectrales y los modelos de visión por computador aplicados a la cobertura y uso del suelo.
- Caracterizar los requisitos y criterios necesarios para la conformación de una base de datos multiespectral representativa del contexto colombiano, que facilite el modelado del espacio espectral y espacial.
- Formular una metodología de procesamiento de datos multiespectrales VIS-NIR que permita una representación efectiva en espacios n-dimensionales, integrando principios físicos y criterios computacionales.
- Proponer un modelo computacional de detección automática de objetos geográficos que aproveche la estructura n-dimensional de las imágenes VIS-NIR.
- Establecer un protocolo de validación del modelo propuesto, basado en métricas estandarizadas y pruebas con datos multiespectrales reales capturados por el sistema QBee en regiones del territorio colombiano.
- Analizar los resultados obtenidos tras la implementación del sistema propuesto, evaluando su efectividad en la detección de elementos geográficos y su contribución a la extracción de información sobre el uso y cobertura del suelo.
- Documentar la metodología desarrollada, los hallazgos obtenidos y las implicaciones del estudio en un informe técnico orientado a fortalecer el conocimiento en observación terrestre con imágenes multiespectrales en Colombia.

3. Antecedentes

A nivel internacional, la misión *Copernicus Sentinel-2* de la Agencia Espacial Europea (ESA) ha marcado un hito en la observación terrestre, al proporcionar imágenes multiespectrales de alta resolución. Esta misión permite monitorear cambios en el uso del suelo, evaluar dinámicas agrícolas, observar cuerpos de agua y gestionar emergencias ambientales mediante sensores en las bandas VIS y NIR, entre otras. [7]. En estudios análogos, como el desarrollado por Lencinas y Siebert, se destaca

el valor de la teledetección satelital para la extracción de información ambiental relevante, particularmente en contextos forestales [8].

En el contexto colombiano, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) cumple un rol central como máxima autoridad en materia de ordenamiento territorial. Su labor se enfoca en definir e implementar acciones en geografía, cartografía, geodesia, agrología y catastro, con el objetivo de fortalecer la administración del territorio nacional. A través de iniciativas como el Observatorio de la Tierra y el Territorio, el IGAC promueve la generación y divulgación de información geoespacial clave para la planificación del territorio, consolidándose como un referente técnico en la toma de decisiones gubernamentales y académicas en Colombia [9].

A escala regional, el Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA) se ha consolidado como un referente en el uso combinado de sensores terrestres, tecnología aeroespacial y modelación ambiental. Desde 2010, emplea monitoreo en tiempo real, sensores meteorológicos y drones para generar alertas tempranas ante eventos hidrometeorológicos, fortaleciendo la gestión del riesgo mediante procesos de apropiación social de la tecnología [10].

En el ámbito universitario, la plataforma HuMath® QBee constituye una iniciativa experimental de sensado híbrido aplicada a estudios ambientales. Integra sensores multispectrales VIS y NIR, módulos atmosféricos y fotogrametría de alta resolución en un sistema montado sobre drones, permitiendo la adquisición localizada de datos para entrenar modelos de visión por computador enfocados en clasificación y monitoreo ambiental.

Los antecedentes revisados evidencian el uso de tecnologías de sensado remoto y análisis multispectral en distintos niveles, respaldando la aplicación de visión artificial para el ordenamiento y la caracterización territorial con fines ambientales y sociales en Colombia.

4. Justificación

La observación terrestre con imágenes multispectrales VIS-NIR permite capturar información estructural y espectral que no es visible en imágenes RGB, mejorando la identificación automática de objetos mediante algoritmos de visión por computador. Su exploración en un espacio n-dimensional resulta clave para representar con mayor información la composición del territorio colombiano.

Este tipo de sistemas tiene aplicaciones directas en agricultura de precisión, monitoreo de cobertura vegetal, análisis urbano-rural, gestión de recursos hídricos y atención de emergencias ambientales. Casos como el de [11] muestran cómo el análisis multispectral permite detectar pérdida de vegetación, mientras que [12] valida la eficacia de CNNs para clasificar ecosistemas complejos.

En este contexto, el presente proyecto aprovecha la plataforma **HuMath® QBee**, un sistema híbrido de sensado in-situ y remoto, equipado con módulos VIS-NIR de alta resolución (2592×1944 px) y geometría óptica coincidente, lo que facilita la fusión espectral y mejora la segmentación de objetos en campo. Su integración en UAVs permite capturar datos de forma autónoma en regiones de difícil acceso, con posibilidad de incorporar variables ambientales para análisis más robustos.

Así, este trabajo se justifica por su enfoque integral, al combinar fundamentos físicos e inteligencia artificial para generar soluciones adaptadas al territorio colombiano..

5. Alcance

El presente proyecto se limita a la exploración del espacio de datos multiespectrales obtenidos a través de imágenes VIS y NIR para observación terrestre en zonas específicas de Colombia. En esta fase, se abordarán tareas como la clasificación básica de coberturas (vegetación, agua, suelo, infraestructura), segmentación de regiones de interés, cuantificación de áreas y filtrado espectral de objetos relevantes. El alcance comprende la adquisición, organización y análisis del conjunto de datos multiespectrales, así como el diseño de estrategias de visualización y evaluación preliminar del modelo potencial de y capacidad de distinción entre clases.

Todo el trabajo se realizará bajo los límites de un proyecto individual de 14 semanas, empleando datos obtenidos de Qbee y fuentes abiertas, además de herramientas computacionales para análisis espectral y espacial.

6. Metodología Propuesta

El proyecto se desarrollará durante 14 semanas y será ejecutado de forma individual. Comenzará con una revisión del estado del arte sobre imágenes multiespectrales aplicadas a la observación terrestre, con énfasis en los fundamentos físicos de la interacción radiación–materia en los espectros visible (VIS) e infrarrojo cercano (NIR). Esta revisión incluirá modelos de visión por computador, técnicas de representación multiespectral, y tareas como clasificación, segmentación, cuantificación y filtrado.

Posteriormente, se construirá una base de datos multiespectral utilizando como principal fuente las imágenes obtenidas por los módulo QBee, el cual permite capturar condiciones reales de adquisición de imágenes. Como complemento, se integrarán también imágenes provenientes de fuentes abiertas, seleccionando aquellas que presenten similitudes geográficas relevantes. Se incluirán al menos seis clases de objetos, y las imágenes serán sometidas a procesos de alineación espectral, normalización, redimensionamiento, entre otros, preservando su integridad espectral y espacial.

La etapa central consistirá en una exploración detallada del espacio n-dimensional definido por las bandas VIS y NIR, con el fin de identificar patrones de respuesta espectral. Esta exploración incluirá análisis estadísticos, perfiles espectrales, histogramas, mapas de correlación y técnicas de reducción de dimensionalidad como PCA y t-SNE, se definirán umbrales espectrales y se identificarán zonas de solapamiento, lo que permitirá establecer criterios de segmentación, cuantificación y filtrado.

A partir de esta caracterización, se propondrán estrategias exploratorias para representar y analizar la información multiespectral mediante estructuras computacionales que integren los patrones detectados en el espacio n-dimensional. Como apoyo al análisis, se podrá implementar un modelo experimental basado en redes convolucionales multientrada, cuyo propósito será ilustrar la utilidad de la información espectral organizada y no desarrollar un sistema de detección automatizado. Esta implementación se utilizará únicamente para validar criterios de segmentación, cuantificación o filtrado identificados durante la exploración de datos.

Finalmente, se realizará un análisis detallado por clase, se identificarán errores sistemáticos como falsos positivos o negativos, y se evaluará la robustez del enfoque en diferentes condiciones. Todo el proceso será documentado rigurosamente, estableciendo una base sólida para desarrollos posteriores en observación terrestre multiespectral con aplicación en el territorio colombiano.

7. Cronograma de actividades

Etapas	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Revisión del estado del arte (VIS-NIR, física, modelos IA)	✓	✓	✓												
Exploración y conformación de base de datos			✓	✓	✓	✓									
Preprocesamiento multiespectral (espacio n-dimensional)				✓	✓	✓	✓								
Diseño e implementación del modelo IA						✓	✓	✓	✓						
Evaluación y validación con datos QBee									✓	✓	✓				
Análisis de resultados y redacción técnica										✓	✓	✓	✓		
Entrega final del informe y presentación													✓	✓	✓

Tabla 1: Cronograma del proyecto distribuido por semanas (4 a 18).

8. Presupuesto

El presente proyecto está diseñado para emplear bases de datos propias y de acceso abierto, como, VEDAI[13] y SEN12MS[14], lo cual elimina la necesidad de licencias comerciales.

Nombre / Recurso	Rol / Descripción	Horas	Tarifa / Valor (USD)	Total (USD)
Sebastián Carmona Estrada	Tutor (Est. Maestría)	16	40	640
Olga L. Quintero Montoya	Co-tutora (Dr. Eng.)	8	60	480
Juan Ángel Gámez Díaz	Investigador principal	227	30	6 810
Computador personal	Cómputo estimado	—	1000	2 000
Equipo Universidad	Valor estimado de uso	—	4 000	4 000
Total				13 930

Tabla 2: Presupuesto estimado por dedicación horaria y uso de recursos.

9. Propiedad Intelectual

Este proyecto se acoge al reglamento de propiedad intelectual de la Universidad EAFIT. Los derechos sobre los resultados obtenidos serán compartidos entre la Universidad, el estudiante autor y ejecutor principal del trabajo, y los tutores académicos Sebastián Carmona Estrada y Olga Lucía Quintero Montoya, en reconocimiento a su participación en la orientación y co-diseño del proyecto.

Referencias

- [1] D. A. Chiran Taimal, “Optimización del monitoreo ambiental mediante aplicaciones digitales en reforestaciones y restauraciones ecológicas en Cumbal, Colombia,” 2024.
- [2] C. A. Pedraza Peñaloza, *Novel methods and technologies to improve monitoring and understanding of land use land cover dynamics based on satellite Earth Observation: The case of forest monitoring in Colombia*, 2023.
- [3] J. A. Achicanoy, R. Rojas-Robles, and J. E. Sánchez, “Land cover vegetation analysis and projection through remote sensing and Geographic Information Systems in the Suba District, Bogotá-Colombia,” *Gestión y Ambiente*, vol. 21, no. 1, p. 41, 2018.
- [4] M. O. Chávez Can, *Uso de imágenes de satélite de alta resolución espacial en la detección de cultivos agrícolas en el municipio de Patzicía, Chimaltenango*, Ph.D. dissertation, Univ. de San Carlos de Guatemala, Guatemala City, Guatemala, 2021.
- [5] S. Khorram, F. H. Koch, C. F. Van der Wiele, and S. A. Nelson, *Remote Sensing*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [6] A. Vijayakumar and S. Vairavasundaram, “YOLO-based object detection models: A review and its applications,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 83, pp. 83535–83574, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11042-024-18872-y>
- [7] European Space Agency (ESA) y European Commission, “Copernicus Sentinel-2: a multispectral high-resolution land monitoring mission,” *Copernicus Programme*, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sentinels.copernicus.eu/copernicus/sentinel-2>
- [8] J. D. Lencinas y A. Siebert, “Relevamiento de bosques con información satelital: Resolución espacial y escala,” *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, vol. 17, no. 1-2, pp. 101–105, 2009.
- [9] Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), “Observatorio de la Tierra y el Territorio,” *IGAC*, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://igacplanet.azurewebsites.net/>
- [10] SIATA - Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá, “Nosotros – ¿Qué es el SIATA?,” *SIATA*, 2025. [En línea]. Disponible en: https://siata.gov.co/sitio_web/index.php/nosotros
- [11] P. S. P. Reyes, A. S. V. Maholy, R. P. Cabrera, R. O. S. I. Verdezoto, B. A. C. Macías, and K. M. Veliz, “Determinación de la pérdida de cobertura vegetal en el Cantón Manta (Periodo 2000–2022) / Determination of the loss of plant coverage in the Manta Canton (Period 2000–2022),”
- [12] M. Reyes and I. Lizarazo, “Convolutional neural network-based semantic segmentation model for land cover classification in páramo ecosystems,” *Revista de Teledetección*, no. 65, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4995/raet.2025.21858>
2024.

- [13] S. Razakarivony and F. Jurie, “Vehicle detection in aerial imagery: A small target detection benchmark,” *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 34, pp. 187–203, 2015.
- [14] P. Ebel, A. Meraner, M. Schmitt, and X. X. Zhu, “Multisensor data fusion for cloud removal in global and all-season Sentinel-2 imagery,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2020.

Sebastian Carmona

Sebastian Carmona Estrada
Tutor