




Identificación de cultivos de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia del Sumapaz, a través de imágenes satelitales

Identification of common bean cultivation (*Phaseolus vulgaris* L) in the province of sumapaz through satellite images

Edier Fernando Ávila Velez ¹, María Alejandra Rueda Güiza ² & Jeimmy Rocío Chacón Maldonado ³

Para citar este artículo: Ávila, E.F., Rueda, M.A., Chacón, J.R. (2020). Identificación de cultivos de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia del Sumapaz, a través de imágenes satelitales. Revista de Topografía Azimut, (11) Pp: 36-45

Fecha de Recepción: 01 de marzo de 2020

Fecha de Aceptación: 17 de junio de 2020

Resumen

A través del desarrollo de una metodología basada en la teledetección, se identificaron y localizaron cultivos de fríjol común *Phaseolus vulgaris* L. en la provincia del Sumapaz, a través de firmas espectrales en imágenes satelitales Sentinel 2A. Con el uso de herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG), se ejecutaron los procesos de corrección radiométrica a las imágenes; clasificación supervisada de coberturas en el área de estudio; obtención de firmas espectrales para dos de las etapas de crecimiento de la fase reproductiva de la planta; reclasificación de píxeles puros, teniendo en cuenta la huella espectrales, y por último, se generaron los reportes de áreas, mediante la vectorización de los píxeles reclasificados. Se obtuvieron resultados eficientes que validaron la metodología; así, se ofreció una herramienta para la automatización de procesos, eficaz en la toma de decisiones en el sector agrícola.

Palabras clave: bandas espectrales, clasificación supervisada, corrección radiométrica, firmas espectrales, niveles digitales, reclasificación, teledetección.

Abstract

By means of the development of a methodology based on the teledetection, it was identified and it located cultivations of common bean *Phaseolus Vulgaris* L in the county of the Sumapaz, through of spectral signature in images satelitales sentinel 2A. Making use of tools of the Systems of Geographical Information (SGI), the processes of radiometric correction are executed to the images, supervised classification of coverings in the study area, obtaining of spectral signatures for two of the stages of growth of the reproductive phase of the plant, the reclassification of pure pixels keeping in mind the spectral signature, and lastly, the reports of areas were generated, by means of the vectorization of the reclassified pixels. Achieving efficient results that validated the methodology, offering a tool for the automation of processes, effective in the taking of decisions in the agricultural sector.

Keywords: spectral bands, supervised classification, radiometric correction, spectral signatures, digital levels, reclassification, remote sensing.

¹Universidad Ingeniero catastral y geodesta, Magíster en Tecnologías de la Información Geográfica Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: edierf@hotmail.com, efernandoavila@ucundinamarca.edu.co

²Ingeniero catastral y geodesta, Magíster en Tecnologías de la Información Geográfica Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: mariaruedag@outlook.com

³Tecnóloga en Cartografía, Universidad de Cundinamarca Correo electrónico:jrociochacon@ucundinamarca.edu.co

INTRODUCCIÓN

La *teledetección* es una herramienta que está asociada a la descripción de coberturas de la superficie terrestre, y es eje en el desarrollo de investigaciones de tipo ecológico y agrícola, lo que permite la identificación de patrones espaciales, como los tipos de vegetación. Igualmente, es fundamental en el ejercicio de control de procesos, en la evaluación de dinámicas y seguimiento de cambios en los usos del suelo y las coberturas vegetales; además, ayuda a establecer indicadores de degradación y conservación de recursos naturales (Cabello y Paruelo, 2008). Las imágenes Sentinel 2A han sido introducidas en estudios agrícolas; en Valencia, España, y Buenos Aires, Argentina, se usaron para la determinación del mejor método de clasificación para el uso de suelos con Sentinel 2 y se cuantificó su mejora respecto al programa satelital SPOT, teniendo como resultado un mapa de usos del suelo a partir del mejor clasificador, basándose en el índice Kappa, proporcionando información del área ocupada por cada una de las clases (Borras et al., 2017). Por otra parte, Colombia ha sido uno de los principales productores de fríjol en la zona andina, con alrededor de 86 134 hectáreas sembradas por año. Los departamentos de mayor producción son Antioquia, Huila, Santander, Nariño, Tolima y Boyacá (Fenalce, 2015); debido a las características agroclimáticas, el rendimiento está entre los mayores en América Latina, con un promedio de 1200 kg/ha, con una variabilidad de pisos térmicos que van desde los 1000 hasta los 3000 msnm, además, de la producción de muchos cultivares, entre los cuales, se destacan los cargamantos y bola rojas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015). Para el año 2010, según Fenalce, el rendimiento en la provincia del Sumapaz fue de 1,4 ton/ha. Estas cifras evidencian un sector con potencial, pero, que requiere de programas e incentivos para fortalecer su competitividad, estimulando

la inversión en maquinaria y equipos de tecnología para incrementar la productividad agrícola. Herramientas para el monitoreo y control de los cultivos cumplen un papel importante, pues, en comparación con métodos tradicionales de trabajo en campo, se realiza con una menor inversión de tiempo en la ejecución de tareas, a un menor costo, con mayor precisión y con un cubrimiento de áreas de pequeñas y grandes extensiones.

Como solución a este tipo de problemática, se expone una metodología basada en teledetección, a modo de herramienta para diversas aplicaciones en el agro; la principal de ellas, la identificación de coberturas de la tierra. A partir de firmas espectrales obtenidas de imágenes satelitales (espectroscopia satelital), actuando como una huella dactilar para cada elemento de la superficie de la tierra; donde la radiación reflejada está en función de la longitud de onda y puede depender de factores como las condiciones meteorológicas (Willington, 2013). Además de automatizarse diversas actividades agrícolas, se está favoreciendo a la capacitación y motivación de agricultores, como estrategia para mejorar la productividad y competitividad en el mercado, y al mismo tiempo, se alimentan bancos de firmas espectrales, útiles en diversas disciplinas.

Para tener una concepción más clara del objeto de estudio, es necesario reconocer los cambios morfológicos y fisiológicos que presenta la planta de fríjol. Con dos fases de crecimiento: *la vegetativa*, que incluye cinco etapas de desarrollo: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja, hasta la aparición de botones florales, desarrollándose la estructura vegetativa de la planta, y *la fase reproductiva* comprende las etapas de prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración (Rosas, 2003). Además, se define la variedad de cargamanto rojo, con un hábito de crecimiento tipo IV o

indeterminado trepador, donde las ramas son pocas y puede alcanzar hasta dos metros de altura o más si es guiado, además su floración se prolonga durante varias semanas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en el departamento de Cundinamarca, constituida como la provincia del Sumapaz, por los municipios de Arbeláez, Cabrera, Granada, Pandi, Pasca, San Bernardo, Sylvania, Tibacuy, Venecia y Fusagasugá, siendo este último su

capital y centro económico. Limita al norte con las provincias de Tequendama y Soacha, por el sur con el departamento del Tolima, por el oriente con la ciudad de Bogotá, y por el occidente con la provincia Alto Magdalena. Según la Cámara de Comercio de Bogotá, la provincia representa el 8% del área total del departamento, con 1807 km². Con altitudes que van desde los 300 a los 4600 metros y temperaturas que varían entre los -3 °C a los 28 °C. Allí predominan las actividades de ganadería y agricultura. Y posee una de las reservas naturales más grandes de Colombia: el Parque Natural Sumapaz.

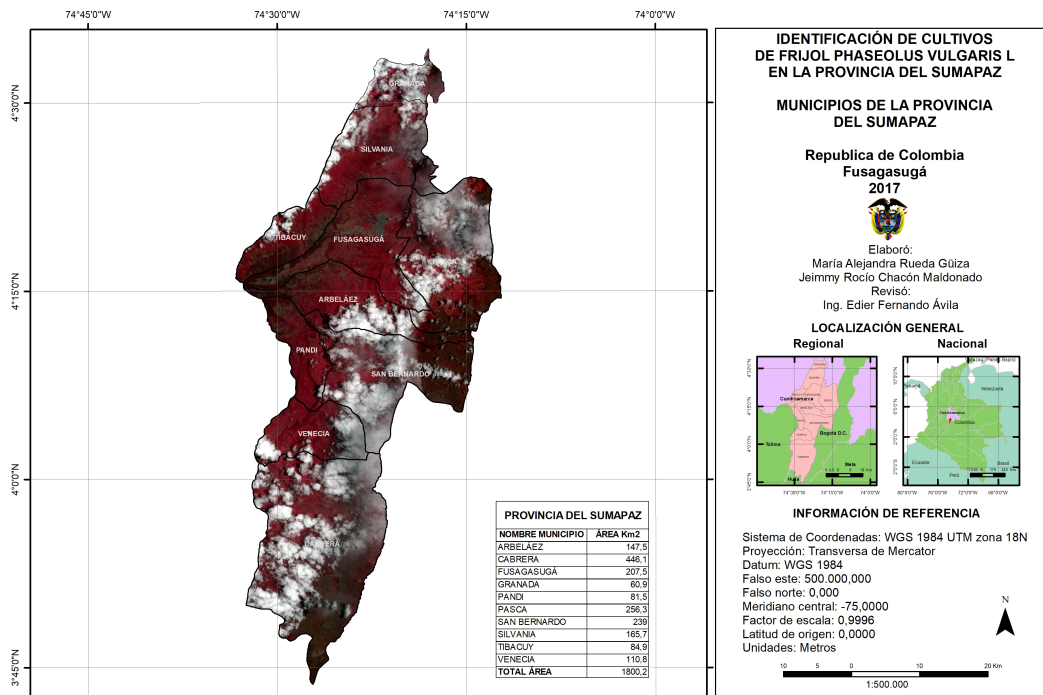


Figura 1: Provincia del Sumapaz combinación RGB (8,4,3).

Fuente: imagen Sentinel 2A.

El proyecto se fundamenta en la *teledetección*, como resultado, de la integración de datos de sensores remotos y un conjunto de herramientas SIG. Entre los *software* utilizados están los de acceso libre: *Quantum Gis* y *Snap* (Agencia Espacial Europea), y el comercial *ArcGis* (ESRI). En estos, se ejecutaron una

serie de técnicas y procesos que permitieron la producción, transformación, manipulación y análisis de información geográfica. Inicialmente, se desarrolló un muestreo en campo, en el sector agrícola oriental del municipio de Fusagasugá; a partir de una georreferenciación con un receptor GNSS del

área de dos cultivos de frijol común, en la variedad de cargamanto rojo, con un hábito de crecimiento indeterminado trepador o tipo IV, correspondientes a la fase de crecimiento reproductiva, además de presentar un estado fitosanitario sano; aunque controlado contra plagas, malezas y enfermedades, mediante el uso de agroquímicos. De esa manera, se obtuvieron dos muestras caracterizadas: a) el primer cultivo, en etapa de formación de vainas, ubicado a una altitud de 1955 msnm, un área de 3,947 ha aproximadamente, y una edad de 12 semanas a partir del sembrado; y b) el segundo cultivo, en etapa de maduración, ubicado a una altitud de 1977 msnm, con un área de derca de 0,474 ha, y 16 semanas de edad.



Figura 2: Fotografías cultivo en etapa de formación de vainas.

Se usaron dos imágenes satelitales Sentinel 2A, con fecha de captura del 11/09/2017, correspondiente al área total de estudio y al inicio de la temporada de verano, lo que benefició la disminución de cobertura de nubes. Estas fueron calibradas radiométricamente (ESA, 2015); es decir, mediante un algoritmo automatizado por el *software Quantum Gis*, se eliminó la distorsión causada por la atmosfera; convirtiendo los niveles digitales (ND) almacenados por el sensor, en valores de radiancia (magnitud física). A continuación, se unificaron sus 13 bandas en una sola escena multispectral, lo cual facilitó el manejo de la información.

Posteriormente, se creó un recorte del área de estudio en las dos imágenes y fueron unidas en un mosaico. El siguiente procedimiento fue la ejecución de una clasificación supervisada, en el *software ArcGis*, donde se visualizó el mosaico con la combinación RGB, color natural y se crearon muestras de entrenamiento en función de la georreferenciación en campo, para discriminar las diferentes coberturas presentes en el área de estudio; creadas 10 clases, se identificaron coberturas vegetales, suelos desnudos, áreas urbanas, nubes y sombras. Mostrando en los dos primeros colores, los más intensos; como aquellos con mayor probabilidad de presentar un cultivo de frijol común.



Figura 3: Fotografías cultivo en etapa de maduración.

Con el uso del tercer software, SNAP (*Sentinel Application Platform*), se visualizó el mosaico y archivo vectorial del área de los cultivos; luego, mediante un polígono se extrajeron los píxeles puros de ambos cultivos, los datos del área resultante son copiados en *Excel* (Microsoft), allí son promediados los valores de los píxeles de cada una de las 13 bandas, de esta manera, se grafica la firma espectral para los dos cultivos muestra.

La herramienta de análisis espacial usada enseguida fue la de reclasificación o reasignación de valores a cada una de las bandas espectrales. Tomando los valores mínimos y máximos de los píxeles para cada

banda, se estableció el rango para estos valores y se ejecutó en cada una de las 13 bandas; asignando el número uno (1) para los valores comprendidos en dicho rango, y cero (0) para los valores que no apliquen.

Posteriormente, se sumaron los resultados, mediante la herramienta de álgebra de mapas, y así se determinaron los pixeles que cumplen con los valores conformes a la firma espectral de cada cultivo.

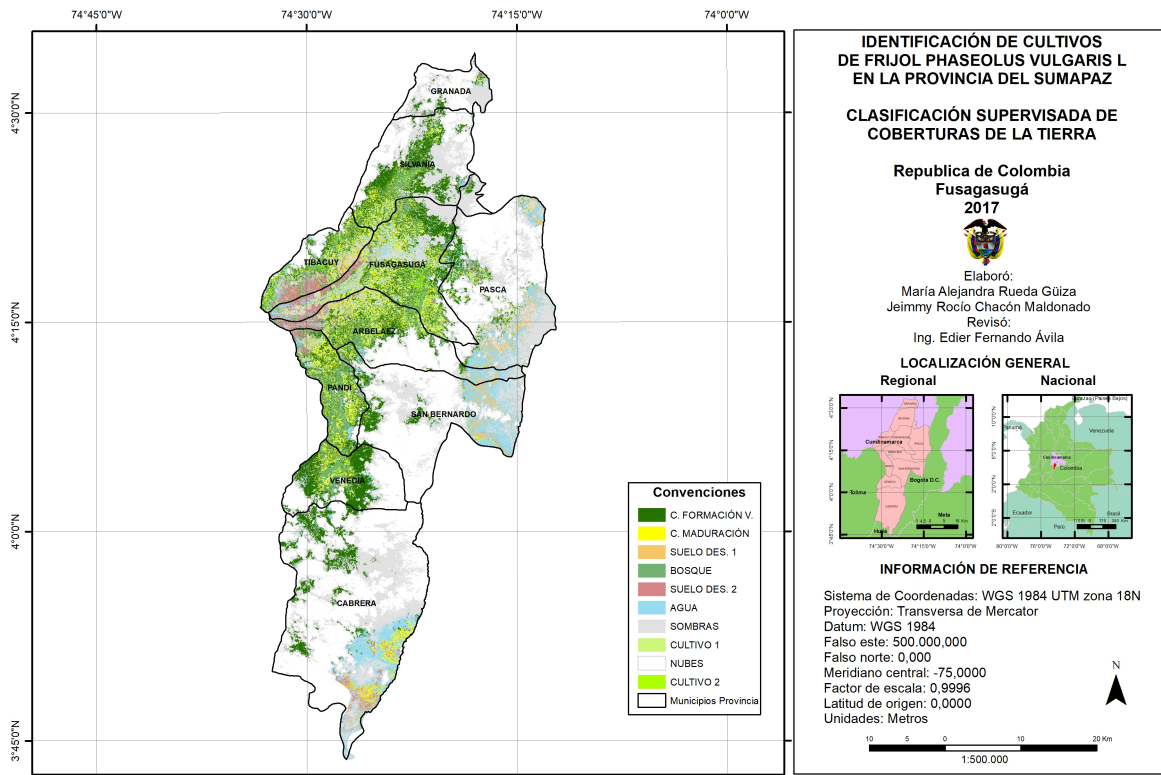


Figura 4: Clasificación supervisada de las coberturas de la tierra en el área de estudio.

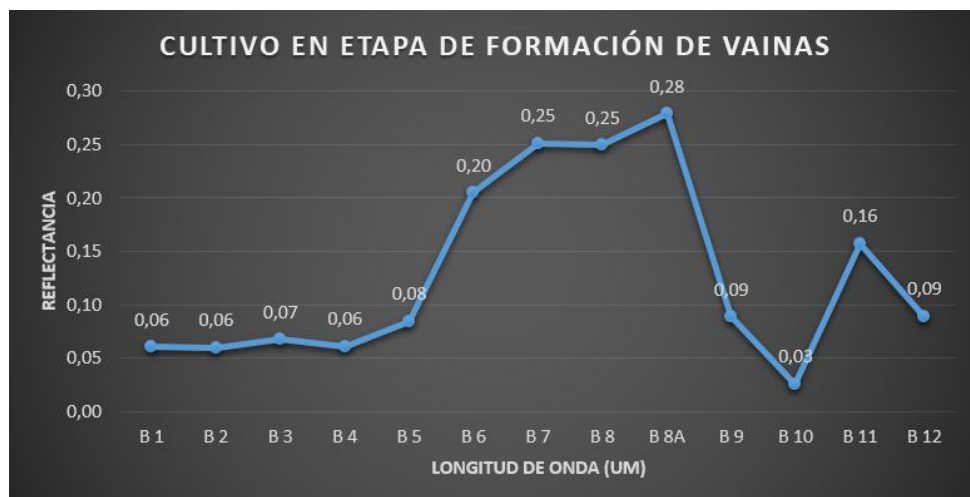


Figura 5: Firma espectral del cultivo en etapa de formación de vainas.

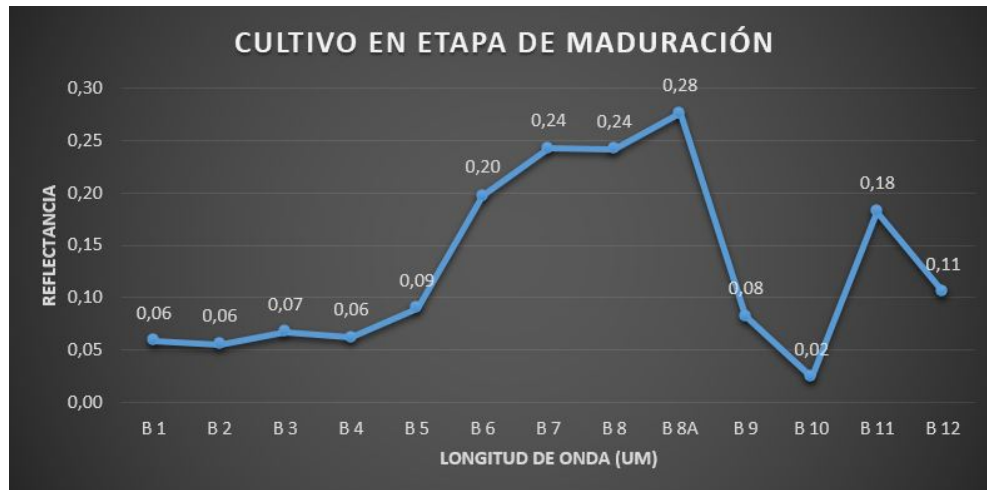


Figura 6: Firma espectral del cultivo en etapa de maduración.

RESULTADOS

Dentro de los resultados obtenidos, se encontraron las dos firmas espectrales correspondientes con las dos etapas de crecimiento identificadas dentro de la investigación; allí se evaluó la reflectancia según la estructura de la cubierta vegetal, la orientación de las hojas, y por su distribución y tamaño. Se presentó una continuidad en las bandas del aerosol y el rango visible, mostrando niveles bajos de reflectancia, lo que significa, que allí, la absorción de luz fue mayor, debido a la pigmentación verde de las hojas. La curva incrementa en las bandas del infrarrojo cercano, con mayores valores de reflectancia, que van desde 0,075 a 0,35 nm, debido a que, la clorofila de una planta en crecimiento absorbe la luz visible, especialmente la luz roja, para usarla en la fotosíntesis; la variación notable entre ambas firmas se debió a que allí se almacenaban los valores correspondientes a la estructura celular de las hojas, causa principal de que los patrones de respuesta espectral fueran diferentes de unas especies a otras; además, de la diferencia en la etapa de crecimiento de los cultivos, mostrando menores valores

para la etapa el cultivo FV y mayor valor de reflectancia del cultivo MD. El pico que presentó la banda 8a, reveló la cantidad de hojas en crecimiento. Las firmas se establecieron una con otra en las bandas del infrarrojo medio, donde el agua de la planta absorbió la energía, mostrando el valor mínimo de la firma en la banda 10, con valores entre 0 a 0,05 nm; allí fue posible evaluar el estrés hídrico, lo que para ambos cultivos no aplica, debido a la presencia de los valores más bajos de reflectancia.

Dentro de la validación de áreas posibles para los cultivos de fríjol común, se generó el reporte de extensión para ambos cultivos, mediante la vectorización de los datos arrojados en la reclasificación, convirtiendo de píxeles a polígonos y teniendo en cuenta el área mínima cartografiable. De aquí se obtuvo un área de 33 ha aproximadamente para los cultivos en la etapa de formación de vainas, teniendo en cuenta solo aquellas áreas mayores a 1000 m², y para el cultivo en maduración se logró un área de 1 ha aproximadamente, suprimiendo las áreas inferiores a 250 m², con el fin de eliminar posibles ruidos en el resultado.

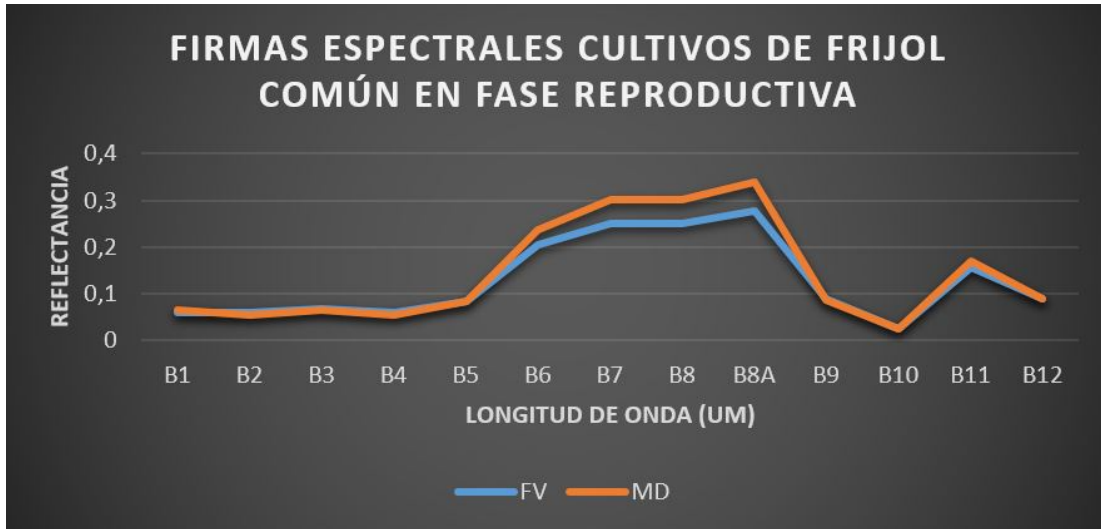


Figura 7: Diferencia en las firmas espectrales de los cultivos, **FV:** cultivo en etapa de formación de vainas; **MD:** cultivo en etapa de maduración

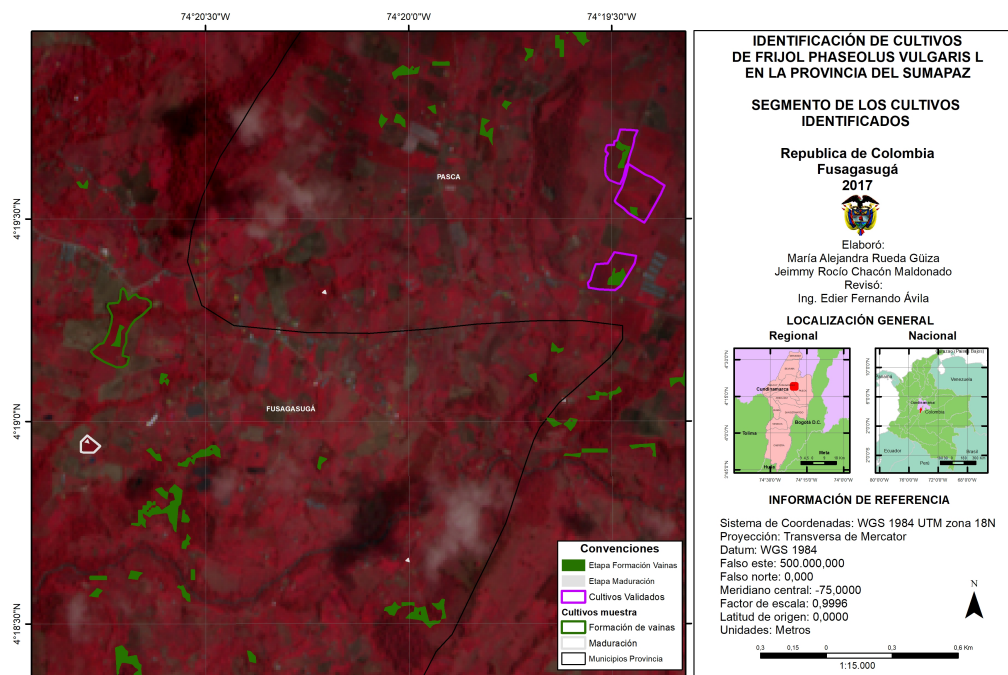


Figura 8: Relación cultivos identificados, muestras y validados.

Para ejecutar la validación en campo de las áreas con posibles cultivos de frijol común, se tomaron las coordenadas de cuatro cultivos aleatoriamente; tres en etapa de Formación de Vainas y uno en etapa de Maduración. De esa manera, se hizo la

respectiva inspección visual en campo y la confirmación de dicha información con los agricultores encargados de cada cultivo; estas personas corroboraron dicha caracterización de los cultivos, proporcionando fotografías acordes a la fecha del muestreo.

Identificación de cultivos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia del Sumapaz, a través de imágenes satelitales

Ávila, E.F., Rueda, M.A. y Chacón, J.R.

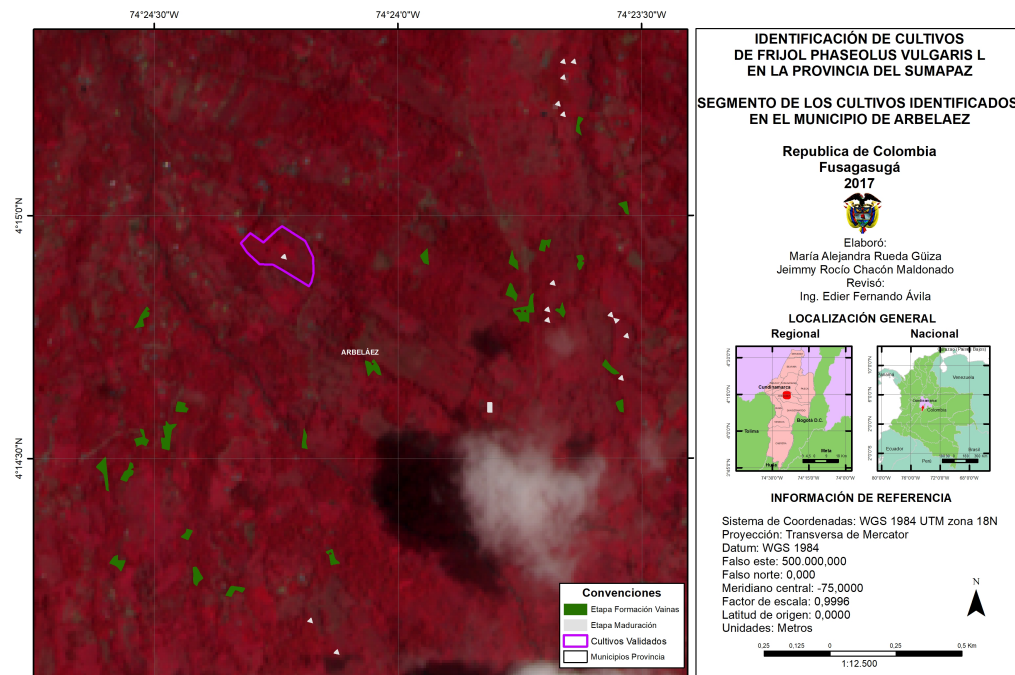


Figura 9: Segmento de los cultivos identificados, municipio de Arbeláez.



Figura 10: Los cultivos a), b) y c) corresponden a la etapa de formación de vainas, y el d), a la etapa de maduración.

DISCUSIÓN

Con la presente metodología, se validó la importancia del cálculo de la firma espectral para la identificación de cultivos, como el realizado por Corrales y Ochoa (2014), en el cual demuestran la importancia de la huella espectral para el cálculo de áreas de diferentes coberturas vegetales.

Igualmente a través de la firma espectral de caracterizo la masa Glaciar del Nevado del Tolima (Ávila, Carrillo, Guzmán y Otálora, 2018). En estudios de cultivos de arroz de caracteriza el comportamiento espectral y se aplican índices radiométricos (García y Martínez, 2010), Así mismo, en el estudio *Desarrollo de un sistema de consultas de las firmas espectrales del maíz duro, papa y*

arroz para el instituto espacial ecuatoriano (Aguirre, 2015), se resalta la necesidad de crear un banco de firmas espectrales; y el presente estudio aporta a la creación de huellas espectrales para implementar un banco de firmas a nivel del país, lo cual, ofrece nuevo conocimiento en el campo de la espectroscopia espacial. El procesamiento digital de imágenes, aporta metodologías para la extracción de información acerca de los cultivos, como el implementado por Tosini y Pantaleone (2012), donde se clasificaron cultivos con imágenes Landsat a través de firmas espectrales.

CONCLUSIONES

La metodología expuesta cumple satisfactoriamente con el objetivo propuesto: “La identificación de cultivos de fríjol común en la provincia del Sumapaz”, con resultados efectivos que contribuyen al conocimiento y la exploración de nuevas tecnologías, formando parte de la agricultura de precisión; factor importante para el mejoramiento de la productividad y competitividad en el agro.

Además, las dos firmas espectrales generadas ofrecieron un nivel de asertividad alto, considerándose como un aporte valioso para el enriquecimiento de bancos de firmas espectrales regionales, y en la constitución de inventarios y seguimiento de cultivos en la provincia del Sumapaz.

Cabe señalar que los resultados presentados pueden indicar algunas ventajas y capacidad de discriminación del sensor Sentinel 2 en áreas agrícolas, gracias a la resolución espacial y temporal que este posee, lo cual potencializa el análisis de las diversas coberturas de la tierra.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias

Agropecuarias y al grupo de investigación Geocartografía, por el apoyo con el *software* y *hardware* utilizado en la investigación, y al proyecto 63546, de la convocatoria 802/2018 Colciencias.

REFERENCIAS

- Aguirre, L.M. (2015). *Desarrollo de un sistema de consultas de las firmas espectrales del maíz duro, papa y arroz para el instituto espacial ecuatoriano*. [Tesis de grado]. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Avila Vélez, E.F., Carrillo Díaz, H., Guzmán Rodríguez, J.O. y Otálora Morales, J.A. (2018). Cuantificación del retroceso glaciar del nevado del Tolima, aplicando técnicas de teledetección. *Revista de Topografía Azimut*, 9(1), 37-45. Recuperado de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/view/12661>.
- Borras, J., Delegido, J., Pezzola, M., Pereira, M., Morassi, G. y Camps-Valls, G. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. *Teledetección*, (48), 55-66.
- Cabello, J. y Paruelo, J.M. (2008). La teledetección en estudios ecológicos. *Revista Ecosistemas*, 17(3), 1-3.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual fríjol*. Bogotá.
- Corrales, R.E. y Ochoa, V.L. (2014). Firmas espectrales de la cobertura de la Tierra, aplicando radiometría de campo. Fase 1: Región 03 occidente de Honduras. *Revista Ciencias Espaciales*, 7(1), 76-96.
- European Space Agency (ESA) (2015). ¿Qué es la teledetección? *Eduspace*. Recuperado de http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEM01U3FEXF_0.html

- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (Fenalce) (2015). *Situación actual y perspectivas del cultivo de Fríjol*. Bogotá.
- García, S.A. y Martínez, L.J. (2010). Método para identificación de cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.) con base en imágenes de satélite. *Agronomía Colombiana*, 38(2), 281-290.
- Rosas, J.C. (2003). *El cultivo del frijol común en América tropical*. Tegucigalpa: Escuela Agrícola Panamericana.
- Tosini, M.A. y Pantaleone, L. (2012). *Clasificación de cultivos a partir de imágenes satelitales LANDSAT EM*. Conferencia en el XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI).
- Willington, E.A., Nolasco, M. y Bocco, M. (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. En *V Congreso Argentino de AgroInformática (CAI)-JAIIO 42* (pp. 207-216). Córdoba, Argentina.