

Aplicación de imágenes de satélite y de sistemas UAV para la producción de guayaba en la provincia de Vélez, Santander

Application of Satellite Imagery and UAV Systems for Production of Guava in the Province of Velez, Santander

*Laura Cristina Becerra Gonzalez¹ J. Camilo Matiz León² Orlando Ariza Ariza³
Diana Carolina Borda Beltran⁴ y Javier Medina⁵*

Para citar este artículo: Becerra-Gonzalez, L., Matiz-Leon, C., Ariza-Ariza, O., Borda-Beltran, D. y Medina, J. (2016). Aplicación de imágenes de satélite y de sistemas UAV para la producción de guayaba en la provincia de Vélez, Santander. *UD y la Geomática*, 11, 46-53.

Fecha de recepción: 23 de junio de 2016

Fecha de aceptación: 06 de diciembre de 2016

RESUMEN

El presente artículo muestra el acercamiento de imágenes provenientes de sensores remotos tales como imágenes de satélite o imágenes tomadas en sistemas de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV, por sus siglas en inglés), aplicadas a la producción de la guayaba. El Centro de Gestión Agroempresarial de Oriente (CGAO), perteneciente al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), generó productos de escala regional para la provincia de Vélez con imágenes Landsat 8 TIRS como lo son mapas de índices de vegetación diferencialmente normalizados y ajustados al suelo (NDVI, SAVI), Mapas de Índices Foliare (IAF, por sus siglas en inglés) y mapas de temperatura. El Modelo Digital de Elevación (MDE) para la provincia se generó a partir de imágenes del sensor ALOS PALSAR; los productos generados a escala local para los cultivos en diversas etapas de la producción (en función de la poda) corresponden a ortofotomosaicos, ortofotomapas, Modelos Digitales de Elevación (MDE) con imágenes capturadas por sistemas UAV. Las resoluciones de los diversos sensores utilizados facilitan al estudio encontrar una correlación entre las características locales y regionales que afectan directa e indirectamente la producción de la guayaba en la zona.

Palabras clave: ALOS PALSAR, drone, guayaba, landsat 8 tirs, sensores remotos, uav.

ABSTRACT

This article shows the approach of images from remote sensors such as satellite images or images taken in systems of unmanned aerial vehicles (UAV for its acronym in English), applied to the production of guava. The Agribusiness Management Center of the East – CGAO (acronym in Spanish) belongs to the National Apprenticeship Service – SENA (acronym in Spanish), from these inputs regional products are generated - for the Province of Vélez with images Landsat 8 TIRS as are maps of vegetation indices, differential normalized and soil adjusted (NDVI, SAVI) maps foliar index (LAI) and temperature maps. Digital Elevation Model - DEM for the province was generated from ALOS PALSAR sensor images. Products generated locally for crops in various stages of production (depending on pruning) correspond to orthophotomosaics, orthophoto, Digital Elevation Models - MDE maps vegetation index (NDVI, SAVI), foliar index (LAI) and classification maps states pruning with images captured by UAV systems. The

- 1 Centro de Gestión Agroempresarial de Oriente (CGAO) y Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Correo electrónico: lauracriss@misena.edu.co
- 2 Centro de Gestión Agroempresarial de Oriente (CGAO) y Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Correo electrónico: jmatizl@sena.edu.co
- 3 Centro de Gestión Agroempresarial de Oriente (CGAO) y Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Correo electrónico: oariza@sena.edu.co
- 4 Université du Québec à Montreal. Correo electrónico: dianaborda@universitequec.uqam.ca
- 5 Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: rmedina@udistrital.edu.co

different resolutions of the various sensors used allow you to find a correlation between local and regional characteristics that directly and indirectly affect the production of guava in the study area.

Introducción

El procesamiento de imágenes capturadas a partir de sensores remotos permite generar un sin número de productos multi-propósito enfocados al estudio del comportamiento de la vegetación, especialmente a los cultivos enmarcados dentro de la agricultura de precisión (Bouzidi, *et al.*, 2002). Dentro del amplio espectro de cultivos bajo el estudio de la agricultura de precisión, el Centro de Gestión Agroempresarial de Oriente (CGAO), perteneciente al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), ha centrado esfuerzos en la investigación de la producción de guayaba a partir de información recolectada en campo concerniente a la producción en función de diversas variables: la poda realizada a las plantas de guayaba, la altitud a la cual se encuentran ubicados los cultivos, la implementación de sistemas de riego según la temperatura de la zona de trabajo, registros de estrés de la vegetación, entre otros.

Conjuntamente con imágenes satelitales, se incluirán imágenes capturadas a partir de un sistema UAV con Cámaras en el Visible (RGB, por sus siglas en inglés) y en el Infrarrojo Cercano (IC) para cultivos muestra de toda la población de estudio para la estimación de la producción de guayaba con productos derivados de sensores remotos. Estas imágenes brindan al procesamiento, un análisis más detallado y robusto, enfocado a la extracción de las variables predominantes en la producción; si bien las escalas de comparación para la resolución entre los insumos (Landsat 8 TIRS de 30 m, ALOS PALSAR de 12.5 m en el DEM y UAV-RGB e IC a 4 cm) no es inicialmente correlacionable, un acercamiento desde el análisis espacial de las variables permitirá obtener resultados enmarcados en la discusión de la presente investigación.

Metodología

Zona de estudio

Los cultivos de guayaba, objeto de estudio, se encuentran localizados en la provincia de Vélez ($\varphi_{\max}=6^{\circ}53'15''N$; $\lambda_{\max}=73^{\circ}28'22''O$ y $\varphi_{\min}=5^{\circ}42'35''N$; $\lambda_{\min}=74^{\circ}31'35''O$), ubicada en el departamento de Santander, la cual incluye los municipios de Aguada, Albania, Barbosa, Bolívar, Cimitarra, El Peñón, Chipatá, Florián, Guavatá, Güepsa, Jesús María, La Belleza, La Paz, Landázuri, Puente Nacional, Puerto Parra, San Benito, Sucre y Vélez. Esta área de trabajo se caracteriza por la tecnificación de los cultivos de guayaba, dentro de la zona de estudio se encuentran 152 cultivos de guayaba equivalentes a un área superficial de 174.5 hectáreas, cuya localización se encuentra en los municipios de Albania, Florian, Guavatá,

Key words: Alos Palsar, drone, guava, landsat 8 tirs, remote sensing, uav.

Puente Nacional y Vélez. Estos datos para los cultivos de guayaba se convierte en la verdad terreno, la cual permite validar los resultados obtenidos a partir de imágenes Landsat 8, específicamente del Sensor Térmico Infrarrojo (TIRS, por sus siglas en inglés) y su aplicación en el análisis y estimación de la producción de guayaba en la provincia de Vélez, Santander.

Insumos

UAV: para la captura de las imágenes a partir de vehículos aéreos no tripulados, se utilizó una unidad multirrotor con dos cámaras que capturan información en el visible (RGB) y en el Infrarrojo Cercano (IC). Las imágenes alcanzan una resolución espacial de 4 cm y fueron tomadas a una muestra significativa de cinco cultivos seleccionados con base en la información contenida en la BDE de los cultivos de guayaba enmarcados en la investigación. Estas imágenes fueron tomadas los días 4, 5 y 6 de junio de 2016.

ALOS PALSAR: la plataforma japonesa Daichi conocida en inglés como Advance Land Observation Satellite (ALOS, por sus siglas en inglés), fue lanzada por la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) y estuvo en operación de mayo de 2006 a abril de 2011. Este satélite contiene el sensor PALSAR (Radar de Apertura Sintética en la frecuencia de la Banda L), el cual colectó imágenes de radar de todo el planeta con periodos de revisita de 45 días y con una resolución espacial de 2.5 metros en visible y de 10 metros en el IC (Teo and Chen, 2011). Uno de los insumos proporcionados por JAXA corresponde a un Modelo Digital de Elevación (MDE) y su resolución es de 12.5 metros, listo para que el usuario final implemente en diferentes aplicaciones. Para contar con un MDE que cubra en su totalidad la provincia de Vélez, se descargaron cuatro imágenes del 28 de diciembre del 2009, 13 de marzo de 2010 y 13 de junio de 2010, a partir de las cuales se un mosaico del MDE abarcando la totalidad de la provincia.

Landsat 8 TIRS: la utilización de imágenes provenientes del satélite Landsat 8, específicamente del sensor TIRS, radica en que este sensor tiene fechas de toma cercanas a la fecha del levantamiento con drone. La fecha de la imagen Landsat 8 TIRS descargada corresponde al 17 de julio de 2016, con un porcentaje de enmascaramiento de nubes igual o menor al 30%. Esta escena registra una radiación térmica infrarroja de $10.30\mu m$ a $12.50\mu m$ (Bandas 10 y 11) con una resolución espacial de 100 m (USGS, 2016). Para efectos de descarga de los usuarios finales, la NASA y el USGS remuestrean las imágenes a 30 m y a su vez para esta investigación se remuestrearon hasta 12.5 m, guardando una relación en función del pixel con el MDE proveniente del ALOS PALSAR.

Procesamiento digital de imágenes

Basados en el Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) de satélite, el objetivo es resaltar elementos tales como los índices de vegetación, específicamente de los cultivos de guayaba, centrados en las bandas del rojo e infrarrojo y la temperatura, la cual se enfoca en las bandas térmicas. El PDI aplicado en este trabajo se centró en la imagen Landsat 8 OLI y una vez alcanzados todos los procesamientos, las imágenes resultantes fueron resampladas a 12.5 m para el manejo de una misma resolución espacial entre productos derivados.

Landsat 8 TIRS: se realizaron tres procesamientos, el primero fue la generación del Índice De Vegetación Normalizada Diferencial (NDVI); después, el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) y, finalmente, el Índice de Área Foliar (IAF).

Generación del NDVI: este método permite observar y monitorear la intensidad y densidad de la vegetación gracias a la reflectividad de las bandas roja e infrarroja en el elemento. Cuando la vegetación ostenta mayor reflectividad en la banda del infrarrojo cercano que en la banda roja del visible, quiere decir que la vegetación puede estar sana o libre de estrés; mientras que las hojas reflejan menos en el infrarrojo cercano cuando poseen algún tipo de estrés (enfermedad, sequía, muerte, entre otros). Los valores para medir la vegetación en el NDVI oscilan entre -1 y +1, donde los valores más altos o cercanos a 1 representan una vegetación con mayor verdor (mayoritariamente sana y libre de estrés) (Borgogno-Mondino y Lessio, 2015).

Antes de calcular el valor final del índice es necesario incluir en el método la transformación de los valores de las reflectancias a partir de los niveles digitales (ND) para las bandas del rojo (banda 4) e infrarrojo cercano (banda 5) de la imagen, como los describe la Ecuación 11. También se debe tener en cuenta la corrección de la reflectancia calculada con relación al ángulo del sol para las bandas del rojo (banda 4) e infrarrojo cercano (banda 5) como se muestra en la Ecuación 22; finalmente, se calcula el NDVI aplicando la Ecuación 33, la cual es el cociente entre la diferencia y la sumatoria de la banda del IC con la banda del Rojo (Kerekes and Baum, 2004).

$$p\lambda' = Mp * Qcal + Ap$$

Ecuación 1. Conversión de valores de ND a reflectancia TOA de imagen OLI;
Fuente: (USGS (2016)

$$p\lambda = \frac{p\lambda'}{\cos \theta SZ}$$

$$= \frac{p\lambda'}{\sin(\theta SE)}$$

Ecuación 2. Corrección de la reflectancia con respecto al ángulo del sol
Fuente: (USGS (2016)

$$NDVI = \frac{(NIR - Rred)}{(NIR + Rred)}$$

Ecuación 3. Calculo de NDVI;
Fuente: Mermer, et al. (2015).

Generación del SAVI: este índice permite conocer las condiciones del suelo donde se encuentra la vegetación objeto de estudio; debido a que el SAVI es un híbrido entre el NDVI y el PVI (Índice Perpendicular de Vegetación), parte del cálculo del NDVI agregando L, parámetro que corresponde al factor de corrección de reflectancia del suelo (Li and Chen, 2011). L se suma al NDVI en el denominador y se multiplica por el total de este índice (ecuación 4). Cuando el valor de L varía por la cobertura vegetal, se tiene que L=0 las áreas están cubiertas por una alta densidad de la vegetación; cuando L=1 las áreas estudiadas no cuentan con cobertura de vegetación. En general, se aplica un L=0.5 para la mayoría de aplicaciones de este índice.

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} * (1 + L)$$

Ecuación 4. Calculo de índice de vegetación ajustado al suelo.
Fuente: Li and Chen (2011).

Generación del IAF: al obtener este índice se puede calcular la relación de biomasa en función de las hojas verdes de la vegetación por cada metro cuadrado (Boratto Isa and Gomide, 2013). La Ecuación 55 aplica un logaritmo natural al SAVI ya establecido en cada ND.

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0.69 - SAVI}{0.59}\right)}{0.91}$$

Ecuación 5. Calculo de índice de área foliar.
Fuente: Boratto Isa and Gomide (2013).

Generación de temperaturas: la obtención de las temperaturas del suelo está sujeto a la transformación de los ND a valores de radiancia, como se muestra en la Ecuación 77, para posteriormente calcular la temperatura en grados Kelvin a partir de valores de radiancia como lo denota la Ecuación 77 y finalmente transformar los grados Kelvin a grados Celsius (Ecuación 88). Este procedimiento se puede aplicar para las bandas 10 y 11 del sensor TIRS (Li, et al., 2005).

$$radiance_{mulband_x} * banda_{termica_x} + radiancance_{add_bandx}$$

Ecuación 6. Conversión a radiancia, a partir de los metadatos obtenidos
Fuente: Bernardis, et al. (2016).

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Ecuación 7. Conversión en radiancia espectral
Fuente: (USGS (2016))

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} - 273.15$$

Ecuación 8. Conversión a grados Celsius
Fuente: Waters, et al. (2002)

Análisis espacial

El análisis espacial aplicado a productos derivados del procesamiento digital de imágenes de satélite, permite la extracción de resultados que proporcionan una serie de enfoques analíticos de variables tales como la altitud; para el estudio de los cultivos de guayaba, las técnicas empleadas se enmarcan en analizar las propiedades topológicas de forma, expresada en las distintas geometrías y de espacialización, siendo aplicadas en resultados obtenidos, por ejemplo, las pendientes presentes en el terreno y la orientación de las mismas.

ALOS PALSAR: con base en el mosaico generado a partir de las cuatro imágenes con el MDE que cubren la provincia de Vélez, se aplicaron herramientas para la obtención de las pendientes y la orientación de la pendiente en función de la altitud.

Generación de pendientes del terreno: esta técnica calcula el porcentaje del cambio del valor de píxel (alturas) con relación a sus ocho píxeles vecinos (3x3) en descenso, es decir, calcula el grado de inclinación de la pendiente del suelo a partir del MDE. El valor final se obtiene mediante la obtención de la técnica de los promedios máximos.

Generación de las orientaciones del terreno: esta técnica identifica la dirección de la pendiente descendente del porcentaje del cambio del valor de píxel (alturas) con relación a sus ocho píxeles vecinos (3x3). Esta orientación se toma como la dirección de orientación de la brújula in situ (USGS, 2016).

Fotogrametría digital aplicada a imágenes de UAV

Dentro de las aplicaciones desarrolladas, la fotogrametría digital se ha utilizado para el monitoreo, desarrollo de cultivos y caracterización de la vegetación (Didan and Huete, 2004). A partir de las imágenes capturadas con cámaras ópticas e infrarrojas en UAV, se fotografiaron una serie de cultivos seleccionados como muestra para analizar con base en el PDI y encontrar productos aplicables a la producción de la guayaba; en el proceso fotogramétrico se incluyeron

los métodos de ortorectificación, georreferenciación y construcción de mosaicos por cada cultivo fotografiado (Didan and Huete, 2004).

Resultados

Los productos alcanzados por medio del procesamiento digital de imágenes (PDI) con las imágenes Landsat 8 TIRS, corresponden a mapas de temperatura, mapas de distintos índices de vegetación (NDVI y SAVI) y mapas de índices de área foliar (IAF). A su vez, a partir de imágenes de radar específicamente del sensor ALOS PALSAR, se tomó el modelo digital de elevación (MDE) procesado a partir de este insumo, el cual permitió generar un mapa de pendientes y un mapa de orientaciones.

Dentro de los resultados obtenidos bajo el PDI aplicado a las bandas 10 y 11 de la imagen Landsat 8 TIRS, se obtuvo el mapa de temperaturas para la provincia de Vélez como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

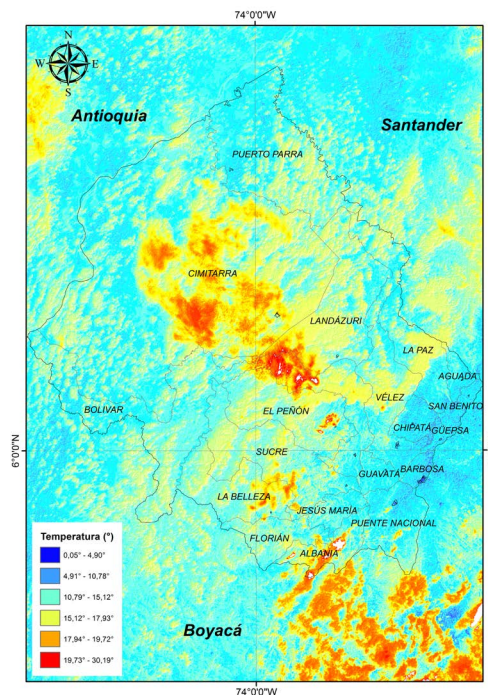


Figura 1.

En este mapa se encontró que la mayor temperatura del suelo se encuentra entre 10.79° y 15.12° y un máximo de 30.19°. El mapa del NDVI es mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.;** teniendo en cuenta que el mapa muestra una tendencia con valores mayores a cero (valores entre 0.09 y 0.93), en general la provincia denota que la vegetación se encuentra libre de algún tipo de estrés (Boratto Isa and Gomide, 2013) en especial la zona suroriental de la provincia. Basados en el

NDVI, es posible realizar el mapa del SAVI; en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar que la provincia excepto zona central, presenta valores que favorecen la cobertura vegetal. Los municipios como Cimitarra, Landaruzí, El Peñon y el sur occidente de La Paz presentan valores entre 0 y 0.28, lo que indica una vegetación, en su mayoría, en buenas condiciones, pero con posibles focos de estrés.

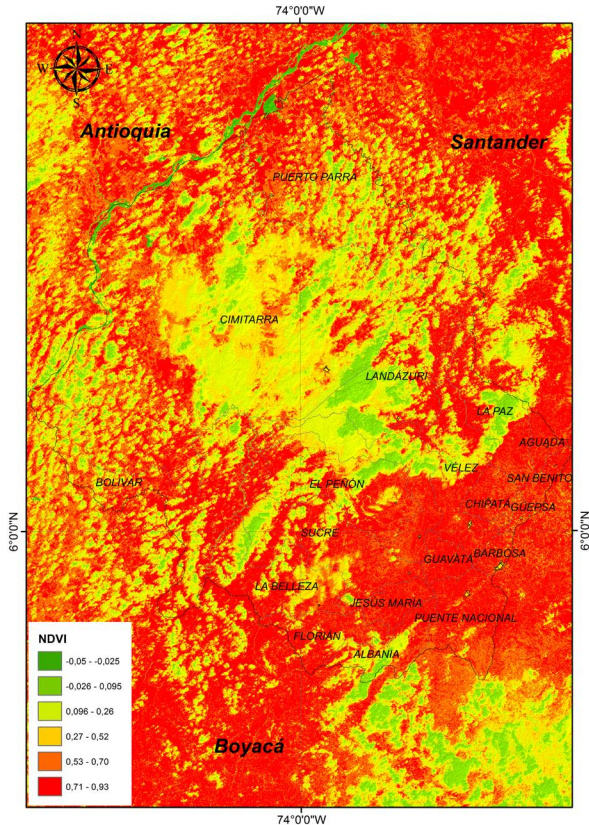


Figura 2.

Para el IAF se puede observar en la Figura 4 que el área central de la provincia se encuentra entre el rango de -0.5 y 0.7, estimando que el número de hojas verdes por metro cuadrado es medio alto, lo que representa una buena estimación del porcentaje biomasa para la vegetación presente en esta región (Aguirre Salado, *et al.*, 2011).

ALOS PALSAR

En cuanto a las variables derivadas de las imágenes de ALOS PALSAR, se encontraron en el MDE (Figura 5) elevaciones para la provincia de Vélez entre los 300 msnm y los 3500 msnm, correspondiente estas máximas elevaciones a la cordillera oriental en este parte del país. Las elevaciones más bajas corresponden al Valle Medio del Magdalena (entre 50 msnm y 800 msnm).

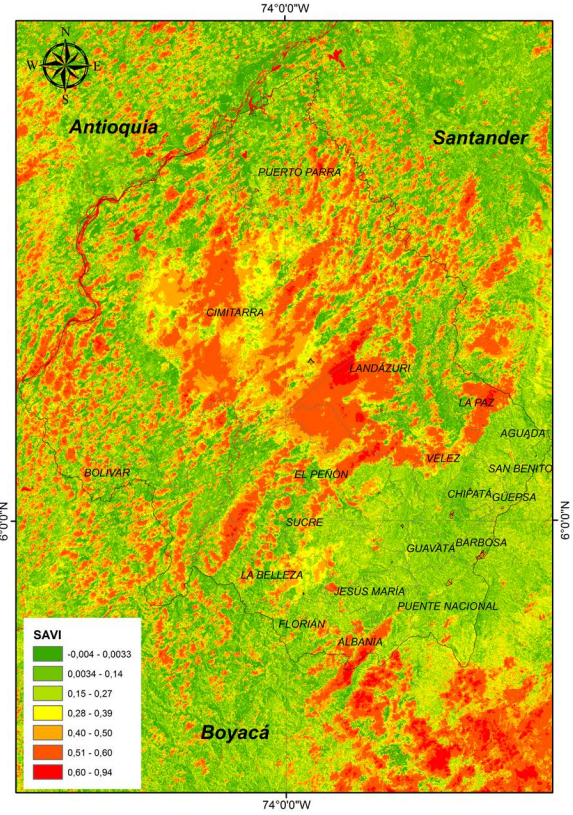


Figura 3.

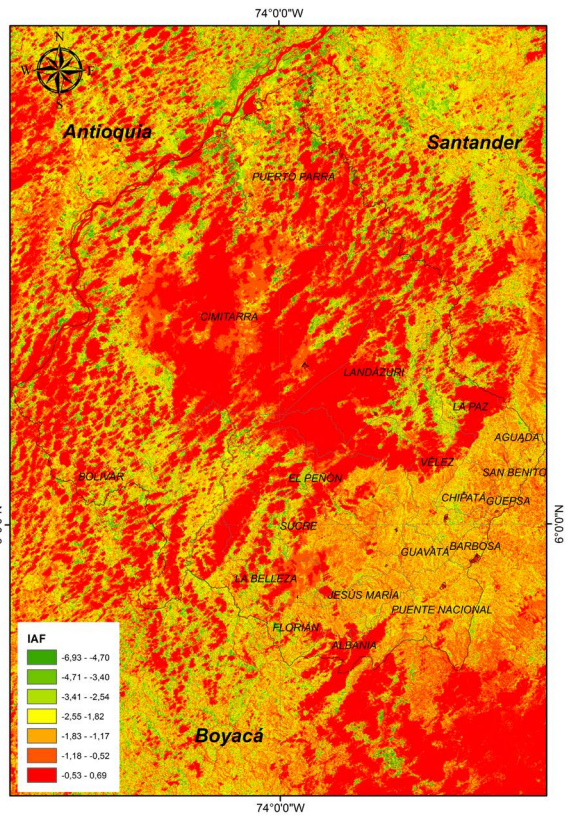


Figura 4.

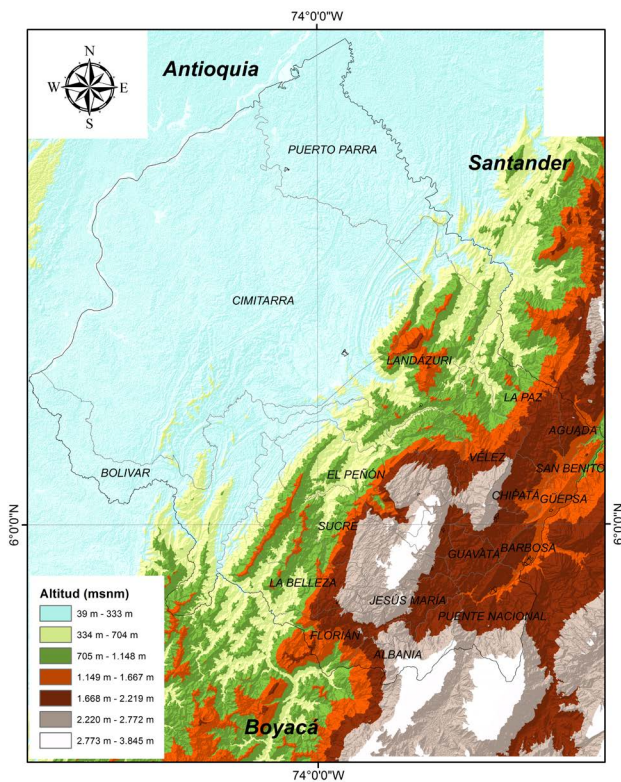


Figura 5.

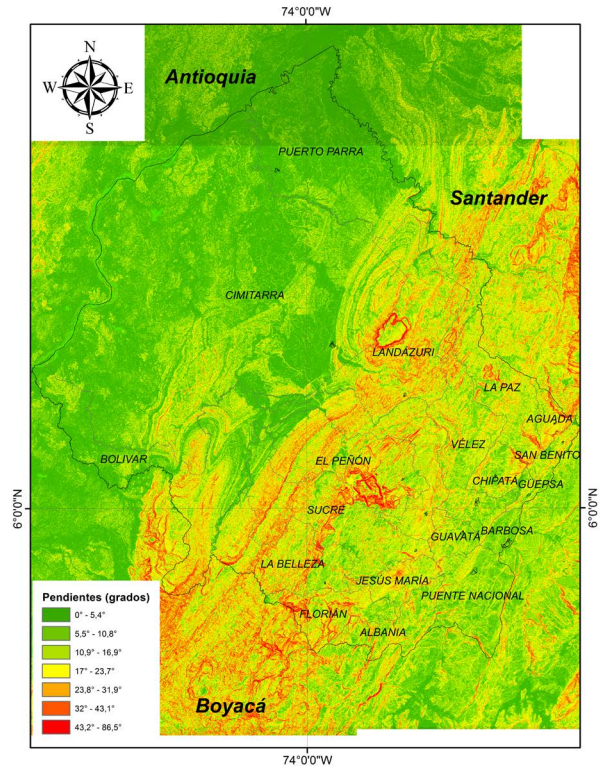


Figura 6

Con base en el MDE, las pendientes encontradas para la provincia (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) presentan una inclinación entre los 0° y 6° aproximadamente para las pendientes ubicadas en el Valle Medio del Magdalena (parte noroccidental del municipio de Cimitarra, norte del municipio de Puerto Salgar y sur del municipio de Bolívar). Para los municipios de Landazuri, El Peñón, Sucre, La Belleza, Vélez, La Paz, Florián y Chipata, se observan pendientes con un mayor grado de inclinación (entre los 17° y los 44°) acorde con las alturas presentes en la cordillera oriental.

Imágenes UAV

En cuanto al procesamiento de imágenes adquiridas mediante sistemas, oscilan los resultados corresponden a dos mosaicos; el primero es visto en la, donde se puede observar el detalle de las plantaciones de la siembra del cultivo de guayaba en el municipio de Guavatá, en la imagen se puede identificar la cantidad de árboles (188), los límites del cultivo y si se contrastarán las dos imágenes, sería posible caracterizar la reducción del diámetro al aplicar el manejo agronómico de la poda.

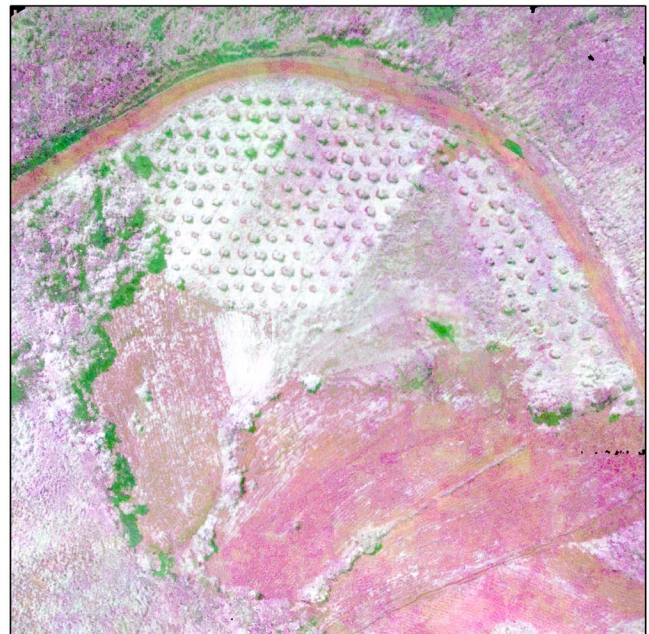


Figura 7

El segundo mosaico es visto en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y presenta iguales especificaciones pero en el infrarrojo cercano, estos mosaicos generados cuentan con una resolución espacial de 4 cm, propicia para realizar procesamientos de clasificación supervisada y análisis de vegetación teniendo en cuenta la banda del infrarrojo cercano capturada. Otro resultado obtenido es visto en la Figura 8 donde se puede observar el modelo digital de elevación (MDE).

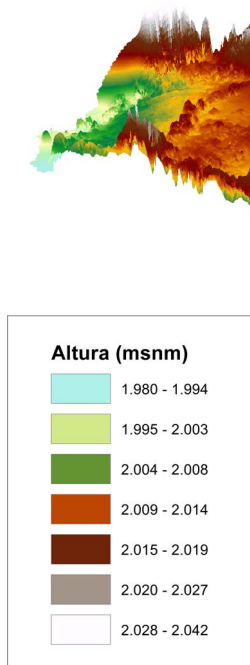


Figura 8.

Discusión de resultados

Se evidencia que tanto las alturas como las temperaturas se concentran en la zona sur oriental de la provincia. De acuerdo a la verdad terreno, los municipios se agrupan en lugares donde existe una mayor producción de guayaba (promedio 40 ton/año), los cuales cuentan con una temperatura entre 15.12° y 17.93° y una altura entre 705 msnm y 1.149 msnm; un segundo grupo cuenta con una producción de 25 ton/año, donde su temperatura oscila entre 10.79° y 15.12° con una altura entre 1.149 msnm y 2.219 msnm. Lo anterior indica que tanto la variable temperatura como la altura, influyen en la producción de cultivos de guayaba.

En cuanto a los índices NDVI y SAVI, generan dos aportes importantes: el primero, enfocado a nuevas siembras, ofrece al experto una perspectiva general para estudiar inicialmente el suelo apto o para tomar medidas de mejoramiento mediante manejos agronómicos. El segundo

aporte se enfoca a la producción de guayaba, donde el municipio de Albania se caracteriza por tener un alto rendimiento; sin embargo, los valores de NDVI oscilan entre -0.026 y 0.93 lo que representa que no todos los árboles de un mismo cultivo se comportan igual; por otro lado, en municipios como Jesús María, Guavatá, Puente Nacional, en gran parte se reflejan valores de índice alto entre 0.71 y 0.93. En el mapa de IAF, la mayoría de las zonas en la provincia, presenta una concentración de -0.63 a -0.69 y de -2.55 a -1.17, validando las mismas zonas con el mapa de NDVI se puede decir que son inversamente proporcionales.

Conclusiones

En la información de la base de datos, las plantas ubicadas en municipios como Florián alcanzan a proporcionar 40 kilogramos por planta al año frente al municipio de Puente Nacional donde, en promedio, una planta proporciona 20 kilogramos planta al año; en condiciones iguales de riego y fechas de siembra, la poda reacciona más favorablemente en cuanto a calidad, cantidad y tiempo en temperaturas entre 10,79° - 15,12° según el mapa los cultivos de Florián tienden a tener mayor favorabilidad para la aceleración del proceso de producción.

Referencias

- Aguirre Salado, C. *et al.* (2011). Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y datos SPOT 5 HRG: Regresión y K-NN. *Agrociencia*, 45, 105-119.
- Bernardis, C. D., Vicente Guijalba, F., Martínez Marin, T. and Lopez Sanchez, J. (2016). Contribution to Real-Time Estimation of Crop Phenological States in a Dynamical Framework Based on NDVI Time Series: Data Fusion With SAR and Temperature. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1-12.
- Boratto Isa, M. D. P. and Gomide, R. L. (2013). *Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais*. Brasil, Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.
- Borgogno-Mondino, E. and Lessio, A. (2015). *Estimation and mapping of NDVI uncertainty from Landsat 8 OLI datasets: An operational approach*. Milan, 629-632, 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS).
- Bouzidi, S., Berroir, J. P. and Herlin, I. (2002). *An operational approach to monitor vegetation using remote sensing*. Seattle, WA, 1998, Acoustics, Speech and

- Signal Processing, 1998. Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on.
- Didan, K. and Huete, A. (2004). *Analysis of the global vegetation dynamic metrics using MODIS vegetation index and land cover products*. Anchorage, In IEEE International IEEE International IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings, 2004.
- Kerekes, J. P. and Baum, J. E. (2004). *Full spectrum modeling of at-sensor spectral radiance variability due to surface variability*. IGARSS, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings. 2004 IEEE International.
- Li, M. et al. (2005). *The temperature research of urban residential area with remote sensing*. IGARSS, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. Proceedings. 2005 IEEE International.
- Li, Z. and Chen, Z. (2011). *Remote sensing indicators for crop growth monitoring at different scales*. IGARSS, Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE International.
- Mermer, A. et al. (2015). *Monitoring rangeland vegetation through time series satellite images (NDVI) in Central Anatolia Region*. Istanbul, Agro-Geoinformatics (Agro-geoinformatics), 2015 Fourth International Conference on 20-24 July.
- Teo, T. A. and Chen, S. Y. (2011). *Feature-based image registration of ALOS PALSAR and AVNIR-2 images*. Vancouver, BC, 2011, 566-569, 24-29 July, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2011 IEEE International.
- USGS (2016). *Landsat 8 (L8), Data Users Handbook*, Sioux Falls, South Dakota: U.S. Geological Survey.
- Waters, R. et al. (2002). *SEBAL - Surface Energy Balance Algorithms for Land , Advanced Training and Users Manual*, s.l.: NASA EOSDIS/Synergy grant from the Raytheon Company.

