

**VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE ENTRE  
CULTIVOS DE PALMA DE ACEITE Y PASTOS, EN LOS LLANOS  
ORIENTALES DE COLOMBIA**

**Daniela Rocío Espejo González**

**Marvin Cutiva**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y CIVIL**

**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**Bogotá D. C. 2020**

## **Resumen**

Aprovechando la disponibilidad de información del sensor MODIS y el interés en el estudio de la variación de la temperatura superficial en diferentes coberturas, se definió un área de trabajo en el Piedemonte Llanero, donde se ha venido transformando el paisaje de acuerdo con las dinámicas económicas de la zona. Debido a esto, se han incrementado en los últimos años las plantaciones de palma de aceite y el establecimiento de pastos para ganado bovino. En el caso de esta investigación se aplicó la teledetección para la estimación de la temperatura de superficie (TS) que entrega el sensor MODIS, el cual hace uso del algoritmo Split window para entregar la información en grados kelvin. En este trabajo se crearon 7 grupos que combinaban diferentes coberturas y se generaron un total de 782 series de datos de TS ya transformadas a grados centígrados. El objetivo de esta investigación era evaluar la diferencia de la temperatura de superficie (TS) en áreas con coberturas de palma de aceite y áreas de pastos de la región del piedemonte llanero en el periodo 2003-2019.

Se realizaron diferentes análisis estadísticos (descriptivos y de análisis de varianza) que permitieron ver el comportamiento de la variable con las dos coberturas analizadas. Dentro de los resultados se encontró que existen diferencias entre la TS de las áreas de palma de aceite y los pastos, donde las coberturas de palma de aceite registran valores de TS inferiores a las de los pastos. Además, existen diferencias de temperatura entre las jornadas día y noche para las dos coberturas. Adicionalmente, se analizaron los datos de TS con relación al régimen de lluvias de la zona, encontrando una relación directa de las coberturas con la época seca en las dos jornadas (día y noche) y una relación inversa en la época de lluvias. Finalmente se realizó un análisis de varianza por grupos de muestreo, donde se encontró que

existen diferencias significativas entre ellos para la jornada de día. Los grupos 1, 2 y 3 para la jornada de la noche no presentaron diferencia significativa.

**Palabras clave:** Teledetección, MODIS, Split window, temperatura de superficie, coberturas, dosel.

## **Abstract**

Taking advantage of the availability of information from the MODIS sensor and the interest in studying the variation of surface temperature in different coverages, a work area was defined in the Piedemonte Llanero, where the landscape has been transformed following the economic dynamics of the area. Due to this, oil palm plantations and the establishment of pastures for cattle have increased in recent years. In this research, remote sensing was applied to estimate the surface temperature (ST) delivered by the MODIS sensor, which uses the split-window algorithm to deliver the information in degrees Kelvin. In this work, 7 groups combining different coverages were created and a total of 782 ST data series already transformed to degrees centigrade were generated. The objective of this research was to evaluate the difference in surface temperature (ST) in areas with oil palm cover and grass areas of the Piedemonte Llanero region in the period 2003-2019.

Different statistical analyses (descriptive and analysis of variance) were carried out which allowed us to see the behaviour of the variable with the two coverages analyzed. Within the results, it was found that there are differences between the TS of the oil palm areas and the grasses, where the oil palm covers register TS values lower than those of the grasses. Besides, there are temperature differences between day and night for the two coverages. Additionally, ST data were analyzed concerning the rainfall regime of the area, finding a

direct relationship of the covers with the dry season in the two sessions (day and night) and an inverse relationship in the rainy season. Finally, an analysis of variance by sampling groups was carried out, where it was found that significant differences exist between them for the daytime. Groups 1, 2 and 3 for the night session did not present significant differences.

**Keywords:** Remote sensing, MODIS, Split window, surface temperature, covers, canopy

## Contenido

1	Introducción.....	7
2	Marco teórico y estado del conocimiento.....	9
2.1	Generalidades de la ganadería en los Llanos Orientales.....	9
2.2	Generalidades del cultivo de palma en los Llanos orientales .....	10
2.3	Los cambios de cobertura y la temperatura de superficie.....	12
2.4	Sensores Remotos .....	14
2.5	Sensor MODIS.....	15
2.6	Temperatura de superficie (TS) .....	16
3	Objetivos.....	18
4	Metodología.....	19
4.1	Área de estudio .....	19
4.2	Adquisición y procesamiento de imágenes.....	20
4.3	Análisis Exploratorio de Datos LST .....	22
4.4	Análisis de resultados: comparativo de LST entre pastos y palma de aceite .....	22
5	Resultados y discusión .....	23
5.1	Estadística descriptiva de la TS media jornadas día y noche.....	23
5.2	Estadísticas de máximos y mínimos en la TS.....	26
5.3	Análisis mensual de la TS media.....	27
5.4	Análisis de varianza .....	31
5.4.1	Análisis de varianza para el grupo 1 entre jornadas día y noche.....	32
5.4.2	Análisis de varianza para el grupo 2 entre jornadas día y noche.....	32
5.4.3	Análisis de varianza para el grupo 3 entre jornadas día y noche.....	33
5.4.4	Análisis de varianza para el grupo 4 entre jornadas día y noche.....	34
5.4.5	Análisis de varianza para el grupo 5 entre jornadas día y noche.....	34
5.4.6	Análisis de varianza para el grupo 6 entre jornadas día y noche.....	35
5.4.7	Análisis de varianza para el grupo 7 entre jornadas día y noche.....	35
6	Conclusiones.....	38
7	Recomendaciones .....	39
8	Bibliografía.....	40

## Lista de figuras

Figura 1. Población de bovinos por departamento 2019 (Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA (2019)).....	10
Figura 2. Porcentaje de producción de fruto de palma de aceite por zonas (Fuente: Elaboración propia, adaptado de SISPA, 2020) .....	11
Figura 3. Media de la TS y desviación estándar entre pastos (P) y palma de aceite (A), jornada día. ....	24
Figura 4. Media de la TS y desviación estándar entre pastos (P) y palma de aceite (A), jornada noche.....	25
Figura 5. Estadísticas básicas de máximos y mínimos de la TS por cada cobertura en la jornada día y noche.....	26
Figura 6. Régimen de precipitación en la estación La Pradera, piedemonte llanero. Fuente: Ruíz et al. (2014) .....	27
Figura 7. Temperatura media mensual para la palma de aceite y los pastos - jornada día...	29
Figura 8. Temperatura media mensual para la palma de aceite y los pastos - jornada noche .....	31

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Municipios pertenecientes al área de estudio. (Fuente: elaboración propia a partir de la capa de municipios, DANE) .....	19
<b>Tabla 2.</b> Datos de Temperatura de Superficie para coberturas de pastos y palma de aceite. ....	23
<b>Tabla 3.</b> Estadísticas de resumen para pastos y palma de aceite, jornada día .....	23
<b>Tabla 4.</b> Estadísticas de resumen para pastos y palma de aceite, jornada noche.....	24
<b>Tabla 5.</b> Temperatura de superficie media en pasto y palma de aceite - jornada día .....	29
<b>Tabla 6.</b> Temperatura de superficie media de pasto y palma de aceite - jornada noche ....	30
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza para la totalidad de los datos – jornada día .....	31
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza para la totalidad de los datos – jornada noche.....	31
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza para el grupo 1 - jornada día .....	32
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza para el grupo 1 - jornada noche.....	32
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza para el grupo 2 - jornada día .....	33
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza para el grupo 2 - jornada noche.....	33
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza para el grupo3 - jornada día .....	33
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza para el grupo3 - jornada noche.....	33
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza para el grupo 4 - jornada día .....	34
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza para el grupo 4 - jornada noche.....	34
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza para el grupo 5 - jornada día .....	34
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza para el grupo 5 - jornada noche.....	35
<b>Tabla 19.</b> Análisis de varianza para el grupo 6 - jornada día .....	35
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza para el grupo 6 - jornada noche.....	35
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza para el grupo 7 - jornada día .....	36
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza para el grupo 7 - jornada noche.....	36

# 1 Introducción

Las coberturas de los Llanos Orientales han tenido transformaciones significativas, donde se ha evidenciado que los principales cambios de áreas naturales se asocian a la ganadería. En los años 70 se presentó una expansión importante en las áreas dedicadas a pastos y para finales de los años 90 en las áreas de cultivos de palma de aceite, lo que puede representar un riesgo en el impacto sobre los ecosistemas (Romero-Ruiz et al., 2012).

Estos cambios están relacionados con diferencias importantes en aspectos como la absorción de la radiación y el intercambio de calor y humedad entre la superficie y la atmósfera (Stohlgren et al., 1998). Se ha demostrado que la respuesta de la temperatura de la superficie terrestre (TS) puede cambiar significativamente por la cobertura vegetal presente (Das et al., 2020). Por lo tanto, estudiar los cambios de temperatura en diferentes tipos de cobertura cobra un papel importante para evidenciar su aporte a los cambios biofísicos del ambiente y por lo tanto la contribución a los cambios en el clima.

El uso de la teledetección ha facilitado el acceso a información sobre la superficie de la tierra, con una cobertura en tiempo y espacio que posibilita el monitoreo de variables ambientales, entre ellas la TS (Girolimetto, Daniela and Venturini, Virginia and Rodríguez, 2007). Esta tecnología ha sido ampliamente usada en áreas urbanas para identificar el aumento de la TS en zonas altamente pobladas, fenómeno conocido como islas de calor (Choudhury et al., 2019); Zhang et al., 2009). Debido a esto, Carvajal & Pabón, (2014) han estudiado este fenómeno en áreas rurales, demostrando que existe aumento de la TS en coberturas asociadas a pastos para ganadería. Sin embargo, existe poca información sobre estas dinámicas en cultivos agroindustriales, como la palma de aceite, que se han posicionado como un renglón importante de la economía de la región.

El objetivo de este estudio es analizar la variación de la temperatura en dos tipos de coberturas presentes en los Llanos Orientales (pastos y cultivo de palma de aceite) entre los años 2003 y 2019, para esto se recurre al uso de imágenes RASTER del sensor MODIS para hacer una comparación cuantitativa de la temperatura de superficie de cada cobertura a partir de estadísticas analíticas descriptivas y análisis espacial.

## **2 Marco teórico y estado del conocimiento**

### **2.1 Generalidades de la ganadería en los Llanos Orientales**

La región de la Orinoquía colombiana ha sido ampliamente estudiada en aspectos geográficos, demográficos, económicos, sociales y culturales, es una de las cinco regiones geográficas de Colombia y cuenta con una extensión aproximada de 310.000 km<sup>2</sup> ubicados desde las estribaciones de la cordillera oriental hasta el extremo oriente del país y su frontera con Venezuela, también llamada como los Llanos orientales de Colombia (UNAL, 2013).

Esta región está comprendida por los departamentos del Meta, Vichada, Arauca, Casanare, Guainía y Guaviare los cuales cuentan con el 5% de las sabanas neotropicales de América del Sur, con alrededor de 17 millones de hectáreas (Rao et al., 2013b), además de constituirse como el segundo sistema de sabanas naturales más grande del cono sur, luego del bioma de El Cerrado en Brasil (Olson et al., 2001).

La economía regional de los Llanos orientales se basa en la actividad agropecuaria y extractiva, donde la ganadería extensiva se ha consolidado y adaptado históricamente a las condiciones de los ecosistemas regionales. En el 2008, contaban con el 21.3% del total nacional de inventario ganadero con aproximadamente 5.727.131 cabezas de ganado, utilizando 9.75 millones de hectáreas (Rao et al., 2013a). El crecimiento de la actividad ganadera para producción de carne se ha basado en el aumento del inventario ganadero y del área ocupada, mientras que la productividad es escasa (pocas cabezas de ganado por hectárea), no permitiendo el desarrollo competitivo de esta actividad (Castiblanco et al., 2013; Mahecha et al., 2002).

Los departamentos del Casanare y Meta cuentan con mayor participación de su economía en el sector agropecuario, mayormente en la producción de carne bovina, donde, según el censo pecuario 2019, se registraron 2.134.723 de cabezas de ganado, ocupando el segundo lugar a nivel nacional y 2.045.984 cabezas de ganado, ocupando el cuarto lugar a nivel nacional, respectivamente (Figura 1).

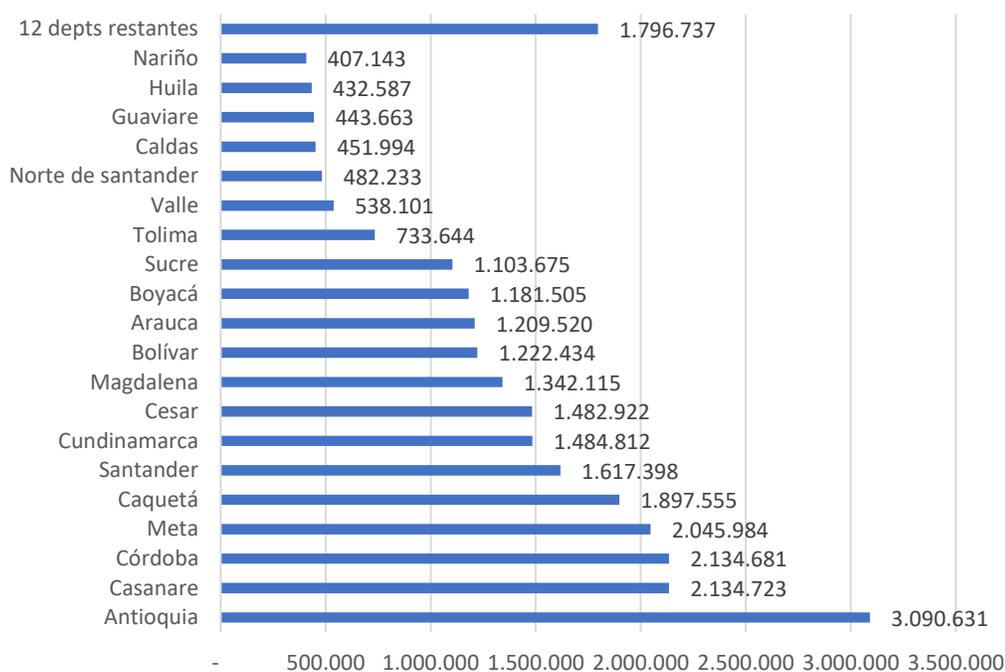


Figura 1. Población de bovinos por departamento 2019 (Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA (2019))

## 2.2 Generalidades del cultivo de palma en los Llanos orientales

Colombia es el principal productor de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en América. El cultivo incursionó en el país hace 50 años y se estableció en cuatro regiones geográficas (zona norte, zona centro, zona suroccidente y zona oriental) (Castiblanco et al., 2013). La palma de aceite en el país cuenta con 559.583 hectáreas sembradas y con una

producción de 1.528.738 toneladas de aceite crudo (Fedepalma, 2020) y se ha consolidado como un cultivo agroindustrial en continuo crecimiento desde el año 2000 con un aumento promedio cercano al 10% anual (Bustos, 2016; Pertuz & Santamaría, 2014).

Para el año 2016 la zona oriental contaba con 38,6% del total de área sembrada en el país, con 187.957 hectáreas aproximadamente, adicional a eso, para el año 2015 se registraron las mayores ventas de aceite de palma para esta misma zona (Carlos & Bustos, 2016). Este cultivo se ha posicionado como una actividad económica importante para la región Orinoquía donde, para 2007, los departamentos del Meta y Casanare habían establecido el 36% del área sembrada total del país y generaron el 30.1% del total producido a nivel nacional (Rao et al., 2013b), aumentando su producción a lo largo de los años, ya que para el año 2019 el 42% de la producción nacional, tuvo lugar en la zona oriental (Figura 2) (SISPA, 2020).

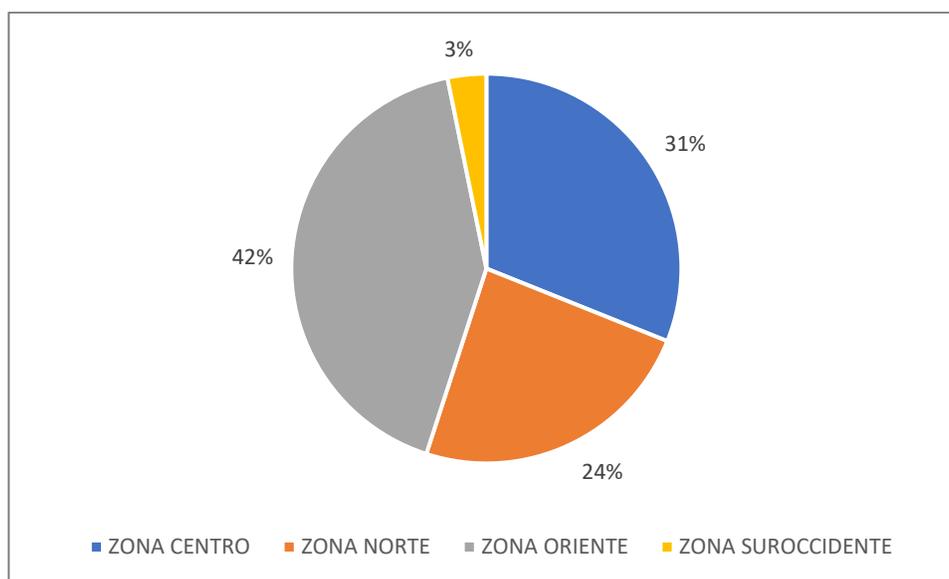


Figura 2. Porcentaje de producción de fruto de palma de aceite por zonas (Fuente: Elaboración propia, adaptado de SISPA, 2020)

### **2.3 Los cambios de cobertura y la temperatura de superficie**

Las coberturas terrestres han estado sujetas a cambios que se vinculan principalmente con las actividades humanas y hacen referencia a diferentes aspectos sociales, culturales, económicos y políticos que inciden sobre las decisiones de la utilidad de ciertos tipos de cobertura (Carvajal & Pabón, 2016). Desde la década de los 80, la agricultura a gran escala, la expansión de pastos para ganadería y el aumento de la población han intensificado el uso de la tierra y generado cambios sustanciales en los ecosistemas de Colombia (Romero-Ruiz et al., 2012).

El desarrollo de sistemas productivos a gran escala ha generado transformaciones de las coberturas naturales de los Llanos Orientales. En el año 2000, cerca de 11 millones de hectáreas (65% del área total de la región) correspondió a ecosistemas de sabana, el área restante fue transformada a cultivos y pastos. Estos procesos de transformación generalmente inician con el desarrollo de agricultura de subsistencia, seguido por la introducción de pastos y finalmente reemplazados por agricultura intensiva y mecanizada de cultivos perennes, como la palma de aceite (Abadía, 2011; Etter et al., 2006).

Estas transformaciones de coberturas pueden dar lugar a efectos negativos sobre las características biofísicas y bioquímicas de las superficies y su interacción con la atmósfera, por ejemplo, la sustitución de selvas por pastos disminuye la evapotranspiración y aumenta el flujo de calor sensible y en consecuencia aumenta la temperatura de la superficie (Wang et al., 2020). Se ha identificado que la sustitución de la vegetación puede afectar el balance de la radiación, así como el intercambio de calor y humedad (A. Carvajal, 2017).

La temperatura de superficie es un índice de referencia importante que se utiliza para medir variables ambientales que pueden tener repercusiones en los ciclos regionales de energía, el equilibrio de los sistemas ecológicos y la producción que sostiene los medios de vida para las comunidades, por lo tanto, los cambios en la temperatura de superficie puede tener grandes impactos en el desarrollo humano (Yan et al., 2020). Estos cambios de temperatura están estrechamente asociados con la extensión de tierras para agricultura y áreas abiertas, la reducción de la superficie de aguas superficiales y la reducción de la vegetación natural (Das et al., 2020).

Varios estudios a nivel mundial han identificado la correlación entre los cambios de cobertura de suelos y las variaciones en las temperaturas de superficie. En Asia, Nimish et al. (2020), Song et al. (2020) y Guo et al. (2020), han concluido que existen relaciones directas entre el crecimiento de las áreas urbanas y el aumento de la temperatura. Además, se ha evidenciado que los cambios en las diferentes coberturas del suelo, no solamente a nivel urbano, sino también en agua, áreas abiertas y coberturas vegetales, pueden traer consecuencias en las dinámicas espaciotemporales de la temperatura de superficie (Tan et al., 2020).

En Colombia los cambios de cobertura han sido ampliamente estudiados, principalmente para entender las dinámicas de deforestación a nivel de paisaje y su relación con la agricultura. Etter et al. (2006) establecen un modelo para determinar, a nivel regional y nacional, los ecosistemas con alta probabilidad de conversión a agricultura y ganadería y los impactos en sus características biofísicas. Estas características han sido estudiadas en el país para determinar la diferencia de temperatura de la superficie terrestre en paisajes fragmentados por la agricultura, como lo afirman Carvajal & Pabón (2014), quienes

encontraron diferencias significativas en la temperatura de superficie entre cultivos de café y pastos dedicados a la producción ganadera de los Andes colombianos.

## **2.4 Sensores Remotos**

La percepción remota es una ciencia de detección y medición de objetos, áreas o fenómenos desde la distancia, mediante la energía electromagnética que estos emanan, de lo cual se puede identificar y clasificar objetos por clase o distribución espacial. Los productos de esta medición pueden ser imágenes mapas o gráficas, que dependiendo de su naturaleza tienen diferentes aplicaciones, como por ejemplo las ciencias de la tierra (García, 2007).

El uso de los sensores remotos ha crecido rápidamente en los últimos años debido a la fuerte alteración de los ecosistemas naturales por la presión del uso del suelo. Con esto, se ha estudiado las interacciones recíprocas entre patrones espaciales del terreno y los procesos ecológicos (De León Mata et al., 2014). La aplicación de estas tecnologías proporciona información importante para el empleo de metodologías que permiten monitorear los patrones que están vinculados a los procesos de fragmentación de los paisajes y su dinámica espacial y temporal ligado a actividades humanas (McGarigal et al., 2009).

Las metodologías aplicadas para monitorear las coberturas se han usado también para detectar los cambios en el uso de la tierra y su impacto en la temperatura de superficie terrestre (Buyadi et al., 2013). Estas tecnologías geoespaciales son herramientas modernas que tienen múltiples usos, uno de ellos es identificar las coberturas terrestres y su información sobre temperatura, lo que permite explicar las diferencias que pueden existir entre diferentes coberturas de la tierra en relación con la temperatura de superficie (TS) (Das et al., 2020).

## 2.5 Sensor MODIS

El Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS) a bordo de los satélites Terra y Aqua de la NASA, proporciona información sin precedentes sobre la vegetación y la energía de la superficie (Zhao et al., 2005; Zhengming Wan, 1999). Concretamente, se han utilizado productos derivados de este satélite como la TS, debido a su disponibilidad para regiones con una red de estaciones meteorológicas inadecuada o inaccesible (Kotikot et al., 2018). Este sensor ha sido usado ampliamente para estudiar y monitorear las dinámicas de la vegetación y estimar los cambios de la temperatura de la superficie terrestre y la evapotranspiración en diferentes tipos de coberturas (X. Zhang et al., 2003).

Yan et al. (2020), Wan et al. (2004), Mildrexler et al. (2011) y Hulley et al. (2019), han demostrado que el uso de datos de temperatura provenientes del sensor MODIS, son indispensables para conocer, diferenciar y monitorear cambios de las coberturas en la superficie de la tierra y su relación con la temperatura. En Colombia se han usado estos datos para estudiar la distribución en tiempo y espacio de focos de calor (incendios) como lo definen Armenteras et al. (2009) y para determinar cambios en coberturas vegetales (Zaraza-Aguilera & Manrique-Chacón, 2019) y su relación con la temperatura de superficie (Carvajal & Pabón, 2014).

Las escenas recuperadas con motivo de desarrollo de este trabajo corresponden al producto MOD11A2, cuya resolución de píxel es 1Km, donde se registra el promedio (día y noche) de la TS en unidades Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) de 8 días (MODIS WEB), sin embargo, este producto lleva detrás la aplicación de un Algoritmo General denominado Split-Window, con el cual MODIS entrega al usuario la TS, gracias al procesamiento de la radiancia captada,

haber realizado correcciones técnicas como el ángulo de visualización respecto del nadir, efectos de la atmosfera, y secuelas sobre la señal debido a la emisividad. Finalmente son almacenados los datos de la TS en las bandas 31 y 32. Los cálculos posteriores utilizados para el análisis presente debieron incluir un factor de escala de 0.02 para valores  $150 \leq TS$  ( $^{\circ}K$ )  $\leq 1310.7$  (Zhengming Wan & Dozier, 1996).

## **2.6 Temperatura de superficie (TS)**

La temperatura de superficie (TS) es una variable importante en el intercambio de flujos de energía y agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, que refleja en gran medida el equilibrio energético de la superficie terrestre y que puede ser útil para monitorear las dinámicas de los recursos de la Tierra (Xia et al., 2019). La TS ha sido identificada como uno de los registros de datos del sistema terrestre más importantes por la NASA y es una variable clave para estudios climáticos, ecológicos, biofísicos y biogeoquímicos (Mildrexler et al., 2011). La TS, debido a su importancia a nivel global, ha sido incluida por el IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) para establecer estudios sobre calentamiento global a partir de sensores remotos (Aguilar-Lome et al., 2019).

Los principios de la estimación de la TS tienen como referencia las teorías primordiales de la radiación, las cuales se deben conocer para entender la captación de la temperatura desde los sensores remotos. Los datos de los satélites son valores capturados a partir de la recepción de las ondas electromagnéticas del sol y estos son convertidos a un formato digital para su procesamiento (Díaz, 2009).

Estos datos se convierten en información una vez sean corregidos y se muestran gráficamente por cobertura estudiada, por la diferencia con su entorno, por la homogeneidad

de sus componentes físicos, por la cantidad de brillo aportado en números digitales, entre otros parámetros que se definen de acuerdo con el tipo de sensor capturador. La estimación de la TS usando sensores remotos se consigue una vez que son separados dos tipos de datos recibidos por el sensor: La reflectancia de la superficie y la emisividad (Schmugge et al., 1998). Es por esto, que se han generado metodologías para la estimación de la temperatura superficial teniendo en cuenta diferentes tipos de correcciones en las temáticas de efectos atmosféricos, angulares y de emisividad (Díaz, 2009).

### **3 Objetivos**

#### **Objetivo general**

Evaluar la variación de la temperatura de superficie entre cultivos de palma de aceite y pastos entre 2003 y 2019, en los Llanos Orientales.

#### **Objetivos específicos:**

Describir el comportamiento de la temperatura de superficie de la palma de aceite y la cobertura de pastos, a través de imágenes del sensor MODIS entre los años 2003 a 2019.

Analizar la diferencia de la temperatura de superficie entre las áreas de palma de aceite y de pastos entre los años 2003 a 2019.

## 4 Metodología

### 4.1 Área de estudio

El estudio se centra en un área del piedemonte llanero colombiano, principalmente en los municipios de Monterrey, Sabanalarga, Tauramena y Villanueva en el departamento del Casanare y los municipios de Barranca de Upía, Cabuyaro, Cumaral y Puerto López en el departamento del Meta (Anexo Mapa de ubicación del área de estudio), ya que la zona presenta diferencias marcadas en la cobertura del suelo, principalmente dedicado a los pastos para ganadería y el aumento marcado de los cultivos de palma de aceite en los últimos años. Debido a esto, el análisis del que trata este trabajo permite realizar comparaciones de temperatura entre este cultivo y zonas de pastos aledañas en estos municipios.

**Tabla 1.** Municipios pertenecientes al área de estudio. (Fuente: elaboración propia a partir de la capa de municipios, DANE)

Departamento	Municipio	Código DANE	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Extensión (km <sup>2</sup> )
Casanare	Monterrey	85162	26	69	759
	Sabalarga	85300	26	69	408
	Tauramena	85410	27	70	2.391
	Villanueva	85440	27	68	803
Cundinamarca	Paratebueno	25530	29	59	893
Meta	Barranca de Upía	50110	27	68	668
	Cabuyaro	50124	28	69	832
	Cumaral	50226	28	62	580
	Puerto López	50573	28	67	6.239

Según el mapa nacional de coberturas del año 2008 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el paisaje del área de estudio contaba con diferentes tipos de coberturas en las que predominan los bosques naturales con un 33%, seguido de herbazales con un 10.64% y finalmente coberturas de cultivos con un 14%. Para las coberturas de interés, resultan los cultivos permanentes (entre los que se encuentran palma de aceite) ocupando 22 972 ha (6.69%) y al área total de pastos presentan 36 541 ha (10.64%) (Anexo Mapa de coberturas 2008).

Los cambios de la cobertura para el año 2017, a comparación de 2008, detallan una fragmentación mayor del área de estudio, donde se puede evidenciar que el cultivo de palma tuvo un aumento importante pasando del 6.69% a cerca del 10% del área total de interés (34 017 ha) y los pastos aumentaron de manera significativa con un 37,6% del área total de interés (129 280 ha) a comparación del 10.64% en el año 2008 (Anexo Mapa coberturas 2017).

## **4.2 Adquisición y procesamiento de imágenes**

Después de definir el área de estudio, las coberturas de interés (pastos y palma de aceite) y la temperatura de superficie como variable ambiental de análisis para determinar la variación entre coberturas, se recurre al sensor ambiental MODIS, ya que cuenta con un set de imágenes para descarga gratuita, de las cuales se puede extraer información de interés entre la que se encuentra la Temperatura de Superficie (*MODIS Web*, n.d.).

MODIS WEB, permite el registro de usuarios en su módulo EARTH DATA SEARCH, plataforma utilizada para la descarga gratuita de imágenes, especificando el área de trabajo, el rango de tiempo y el producto de interés. Así, se obtuvieron 782 escenas, como insumo para el análisis (*MODIS Web*, n.d.).

Por medio de algoritmos desarrollados por Echeverry B. (2019) sobre Python, se permitió la automatización masiva de descarga de las escenas, la conversión de formato (.hdf a .tiff), la proyección a un sistema de coordenadas acorde con la zona de estudio (WGS84), el cálculo de temperatura de superficie, la corrección por factor de escala y la conversión de grados Kelvin a grados Celsius. Se seleccionaron únicamente los pixeles del área de estudio y se resumieron al centroide, posteriormente transformados al nivel de punto en formato vectorial, con tal de reducir en buena medida el peso de la información, la cantidad de datos y el tiempo de procesamiento posterior.

A continuación, se seleccionaron 7 grupos de muestreo de los puntos anteriormente convertidos a formato vector, cuidando siempre de tomar puntos de cobertura en palma de aceite y en número similar, puntos de cobertura en pastos (Anexo Mapa de ubicación de grupos de muestreo). Para el caso se tomaron grupos muestrales lineales. En los atributos de la capa de puntos se diligenció el tipo de cobertura adicionalmente al dato de temperatura de superficie punto a punto.

Se utilizaron igualmente los algoritmos diseñados por Echeverry B. (2019) en Python para la extracción de los datos de TS de cada imagen y píxel a píxel (de los siete grupos de muestreo), para disponerlos ordenadamente en hojas de cálculo (día y noche), almacenando las fechas de toma (aaaa-mm-dd-), TS (°C) y el tipo de cobertura.

### **4.3 Análisis Exploratorio de Datos LST**

Teniendo presente que la extracción de los datos de TS se realizó basado en los grupos muestrales y con la ayuda de INFOSTAT (software estadístico), EXCEL y ArcGIS (software para visualización y análisis de información espacial), se calcularon las medidas de centralidad (media, desviación estándar, mínimo y máximo), lo que permitió tener una primera impresión del comportamiento individual de cada cobertura (pastos y palma de aceite), seguidamente se realizaron los primeros comparativos de TS con el día y la noche y se determinaron diferencias en rangos de fechas.

Adicionalmente, la TS se utilizó en el análisis de varianza no paramétrica en el que se comparó la temperatura por cobertura y se estableció si existen diferencias significativas entre los grupos de muestreo. Se presentan gráficas de barras, diagramas lineales, mapas como herramientas técnicas para mejorar la interpretación y la visualización de las descripciones realizadas en torno al comportamiento de TS, en cada caso o incluso en la variedad de análisis combinados.

### **4.4 Análisis de resultados: comparativo de LST entre pastos y palma de aceite**

Se aborda el análisis comparativo de TS de los pastos y de la palma de aceite y presentan gráficas de barras, diagramas lineales, series de tiempo, mapas como herramientas técnicas para mejorar la interpretación y la visualización de las descripciones realizadas en torno al comportamiento de TS, en cada caso o incluso en la variedad de análisis combinados. (Se anexa diagrama de flujo metodológico)

## 5 Resultados y discusión

Se analizaron 7 grupos muestrales, para un total de 332.974 puntos capturados a partir de imágenes del sensor MODIS entre las fechas 01-01-2003 y 31-12-2019 de las jornadas de día y noche (Anexo documentofinaldía.xls – documentofinalnoche.xls), de los cuales 106.824 son cobertura de palma de aceite y 226.150 pastos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Datos de Temperatura de Superficie para coberturas de pastos y palma de aceite.

<b>Cobertura</b>	<b>Datos jornada día</b>	<b>Datos jornada noche</b>
A (Palma de aceite)	77679	29145
P (Pastos)	158237	67913
<b>Total</b>	<b>235916</b>	<b>97058</b>

Esta tabla muestra la total de los datos de temperatura de superficie obtenidos a partir del Escenas MODIS para las jornadas de día y noche.

Teniendo en cuenta el universo de los datos se realizaron análisis generales y luego análisis particulares (grupos, coberturas y períodos de tiempo), utilizando la estadística descriptiva y el análisis de varianza.

### 5.1 Estadística descriptiva de la TS media jornadas día y noche

La estimación de la temperatura media en la jornada día discriminada por cobertura, arroja una diferencia de 0.78°C, presentando la mayor temperatura en cobertura de pastos (P) (Tabla 3), a su vez la desviación estándar presenta una diferencia de 0.88°C en favor de la cobertura de pastos igualmente (Figura 3).

**Tabla 3.** Estadísticas de resumen para pastos y palma de aceite, jornada día

<b>Cobertura</b>	<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>Media TS día (°C)</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
A	TS	77679	31,89	3,53	5,03	50,87
P	TS	158237	32,67	4,41	3,65	60,15

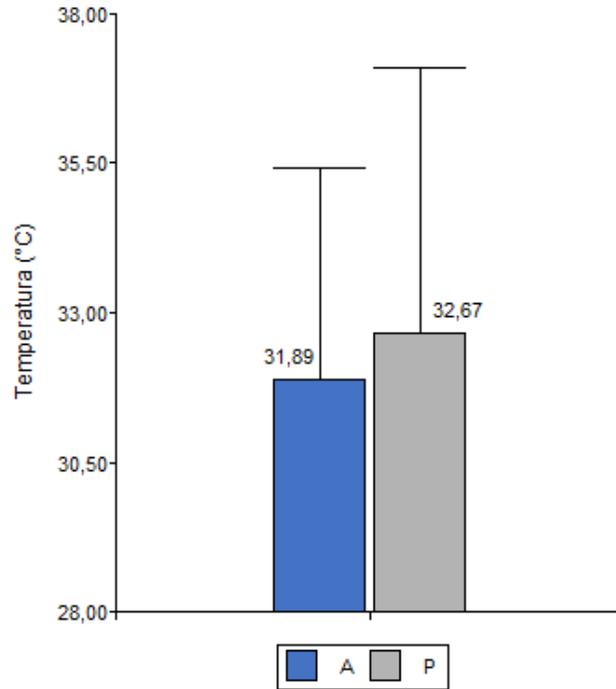


Figura 3. Media de la TS y desviación estándar entre pastos (P) y palma de aceite (A), jornada día.

Por otro lado, la estimación de la temperatura media en la jornada noche discriminada por cobertura arroja una diferencia de 0.07°C, presentando mayor temperatura en la cobertura de palma de aceite (A) (Tabla 4, Figura 4).

Tabla 4. Estadísticas de resumen para pastos y palma de aceite, jornada noche

Cobertura	Variable	N	Media TS noche (°C)	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
A	TS	29145	20,85	2,03	3,95	25,21
P	TS	67913	20,78	2,15	-4,01	27,83

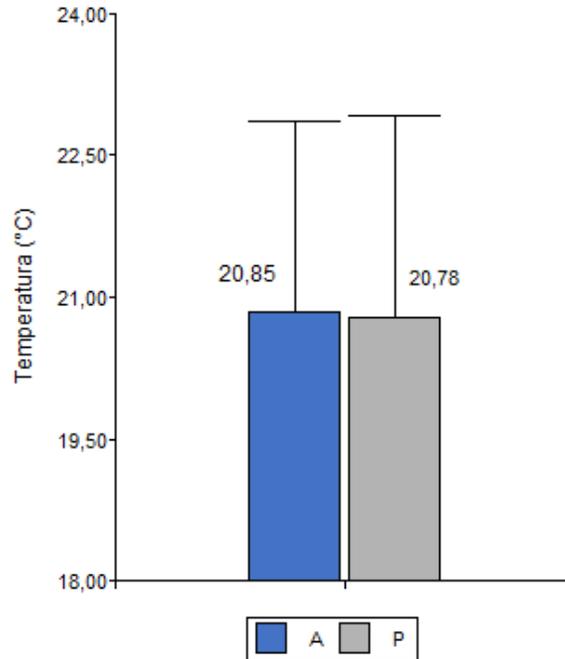


Figura 4. Media de la TS y desviación estándar entre pastos (P) y palma de aceite (A), jornada noche

Del análisis comparativo se resalta que la cobertura de pastos en la jornada día tiene una temperatura de superficie mayor a la percibida por la palma de aceite, mientras que en la jornada la noche el comportamiento es inverso, presentando mayor temperatura la palma respecto de los pastos, esto corrobora lo encontrado por Echeverry B. (2019), que concluyó que las coberturas transformadas o con poca vegetación, para este caso la cobertura de pastos que contiene menor dosel, tienden a almacenar mayor cantidad de calor en el día y perderlo con facilidad en la noche.

Se encontró que la diferencia de temperatura entre el día y la noche es de 11.04°C para la cobertura de palma de aceite y de 11.89°C para la de pastos, por lo que se puede inferir que la pérdida de calor mayor de los pastos en la noche coincide con lo encontrado por Schirmbeck & Rivas (2007), quienes concluyeron que las coberturas de pastos tienden a tener una mayor transferencia de energía, que se presenta debido a que la temperatura del ambiente

al su alrededor está en constante cambio y entre todos los componentes del ambiente se transfiere la energía térmica continuamente.

Otro aspecto para destacar es el comportamiento de la desviación estándar, para los pastos se mantuvo por encima de la desviación estándar de la palma de aceite, tanto para la jornada diurna, como la nocturna. Sin embargo, los datos numéricos son aparentemente muy cercanos lo que hace necesario recurrir a un análisis de varianza para determinar las diferencias significativas presentes.

## 5.2 Estadísticas de máximos y mínimos en la TS

El comportamiento de la TS arroja que existen marcaciones atípicas en los datos mínimos y máximos, teniendo para la jornada de día en la cobertura de pastos un máximo con 60.15 °C, para la cobertura de palma de aceite un máximo de 50.87% y un mínimo de 5.03°C. Por su parte, en la jornada de la noche, los pastos obtuvieron una TS mínima de -4.1°C (Figura 5).

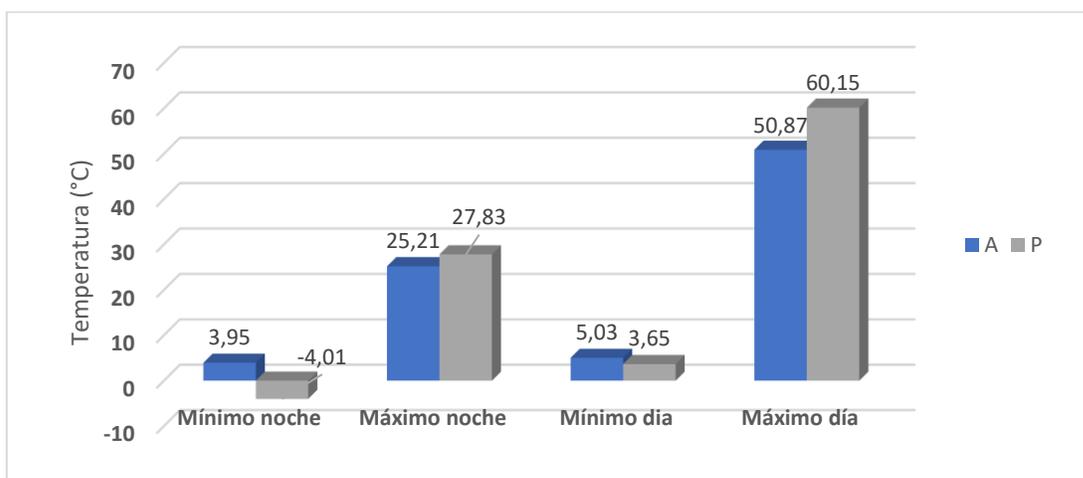


Figura 5. Estadísticas básicas de máximos y mínimos de la TS por cada cobertura en la jornada día y noche

Trabajos como el de Dorigon & Amorim (2019), Sun et al. (2019) y Yan et al.(2020) sugieren que la temperatura de superficie de objetos difieren según sus características, por lo tanto se confirma que a través de las diferencias en las estadísticas de datos mínimos y máximos, que

la diferencia en la temperatura de superficie existe debido a la diferencia entre de las dos coberturas analizadas.

### 5.3 Análisis mensual de la TS media

El comportamiento mensual de la TS en la jornada del día permitió identificar que existe un aumento en la temperatura de los pastos con relación a la temperatura de la palma de aceite (Figura 7), principalmente para los meses de enero, febrero y marzo, que presentaron una diferencia de hasta  $1.85^{\circ}\text{C}$  en favor de los pastos y en menor medida para el resto del año, ya que para los meses de junio y julio presentan una diferencia de solo  $0.47^{\circ}\text{C}$  entre pastos y palma de aceite. Esto sucede porque la cobertura de pastos recibe de manera directa la radiancia y por lo tanto su capacidad de aumentar su temperatura es mayor, contrario a la palma de aceite, que tiene un mayor dosel y evita la radiancia directa al suelo, evitando el aumento de la temperatura de superficie bajo su cobertura. Lo anterior lo confirmó Echeverry B. (2019), quien manifiesta que coberturas de bajo dosel tienden a elevar su temperatura.

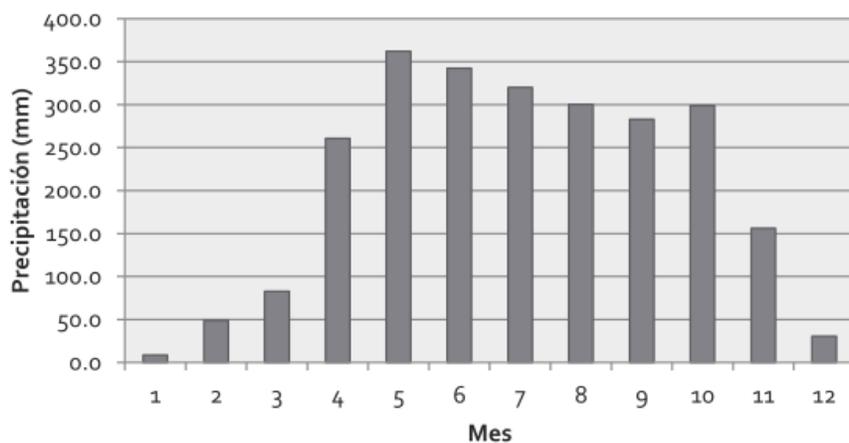


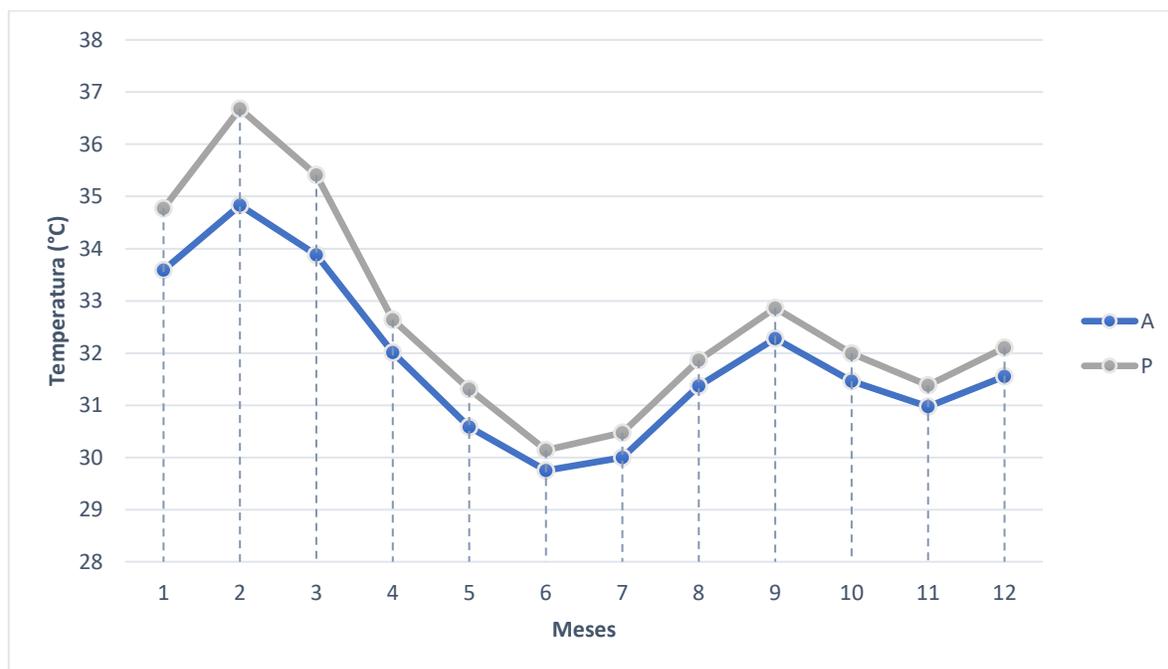
Figura 6. Régimen de precipitación en la estación La Pradera, piedemonte llanero. Fuente: Ruíz et al. (2014)

Si se compara el comportamiento de la temperatura mensual con el régimen de lluvias, se puede establecer una relación directa entre las dos variables (lluvias vs. temperatura). En la Figura 6 se observa que el comportamiento de lluvias en el piedemonte llanero es monomodal (Ruíz et al., 2014), con una época de lluvias de abril a noviembre y una época seca de diciembre a abril. De esta comparación, para la jornada del día, se resaltan los siguientes aspectos:

- a) La TS de los pastos en la jornada del día se relaciona con las altas temperaturas entre enero y abril, donde hubo un aumento de hasta  $6.5^{\circ}\text{C}$  en comparación con la época de lluvias (Figura 7y Figura 8)
- b) La TS de la palma de aceite en la jornada día se relaciona con las altas temperaturas entre enero y abril donde hubo un aumento de hasta  $5.08^{\circ}\text{C}$  en comparación con la época de lluvias (abril a noviembre) (Figura 7 y Figura 8)
- c) La TS de los pastos decrece en época de lluvias, alcanzando su mínima TS en el mes de junio, sin embargo, siempre es superior a la TS de la palma de aceite
- d) La TS de la palma de aceite decrece en época de lluvias, alcanzando su mínima TS también en el mes de junio, sin embargo, siempre es inferior a la TS de pastos
- e) La diferencia de temperaturas entre las dos coberturas durante la jornada día y en la época de lluvias, se mantuvo con un promedio de  $0.53^{\circ}\text{C}$ , mientras en la época seca la diferencia de la TS entre las dos coberturas es de  $1.52^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 5.** Temperatura de superficie media en pasto y palma de aceite - jornada día

Mes	Media TS día (°C) Palma de aceite	Media TS día (°C) Pastos
1	33,59	34,77
2	34,83	36,68
3	33,88	35,41
4	32,01	32,64
5	30,58	31,31
6	29,75	30,14
7	30,00	30,47
8	31,37	31,86
9	32,28	32,86
10	31,46	31,99
11	30,97	31,38
12	31,55	32,1



*Figura 7.* Temperatura media mensual para la palma de aceite y los pastos - jornada día

Por su parte, el comportamiento mensual de la temperatura media de superficie en la jornada de la noche permitió identificar que:

- a) Existe un leve aumento en la TS de la palma de aceite con relación a la temperatura de los pastos (Figura 8), principalmente para los meses de enero, febrero y marzo, que presentaron una diferencia promedio de 0.31°C en favor de la palma de aceite.

b) Para los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre se revierte el comportamiento anterior, es decir, la temperatura es mayor en los pastos en un promedio de 0.36 °C (Figura 8).

Este comportamiento puede estar relacionado con la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo de los pastos para la época de lluvias, ya que la transferencia de calor en el agua tiende a ser más lenta, a diferencia del suelo seco en los meses que no presentan lluvias. Esto fue documentado por Kirkegaard et al.(1994) y Unger (1978), quienes atribuyen la regulación de la temperatura del suelo al mayor contenido de humedad y por Hesslerová et al. (2013), quienes encontraron diferencias claras entre las zonas de estudio con vegetación seca o escasa y las que tienen una vegetación funcional y un suministro de agua suficiente.

**Tabla 6.** *Temperatura de superficie media de pasto y palma de aceite - jornada noche*

<b>Mes</b>	<b>Media TS noche (°C) Palma de aceite</b>	<b>Media TS noche (°C) Pastos</b>
1	20,25	19,96
2	20,36	20,04
3	21,47	21,14
4	21,49	21,66
5	21,78	21,67
6	19,78	20,13
7	19,24	19,98
8	20,71	20,94
9	21,73	21,96
10	21,81	22,04
11	21,79	21,77
12	20,86	20,76

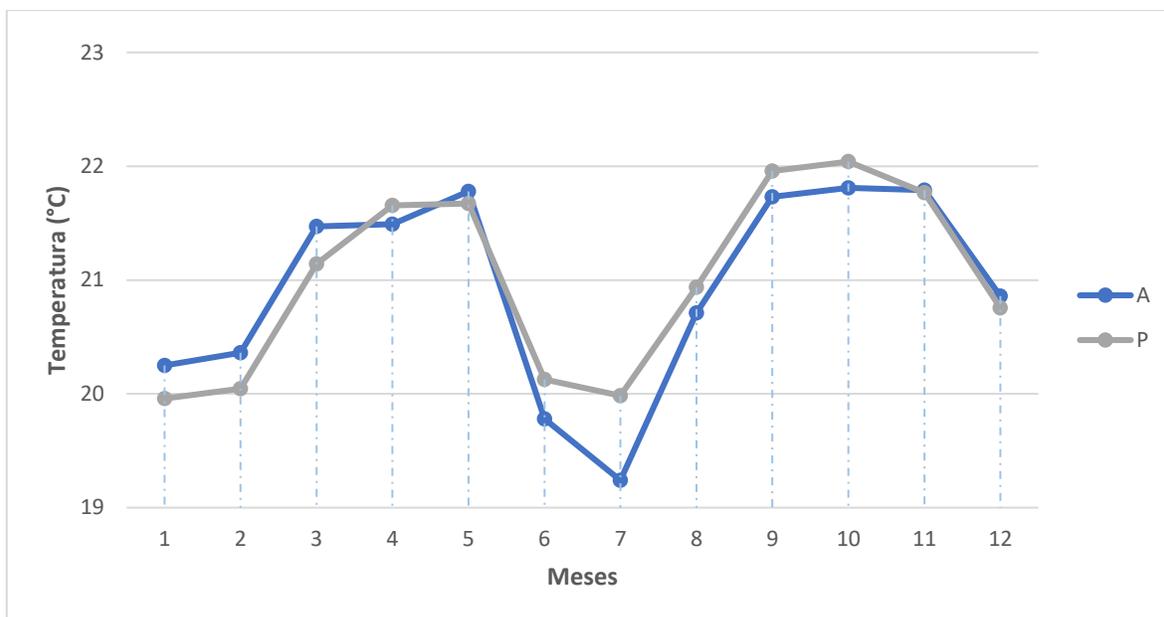


Figura 8. Temperatura media mensual para la palma de aceite y los pastos - jornada noche

#### 5.4 Análisis de varianza

Se llevó a cabo el análisis de varianza no paramétrica para la TS en las coberturas de pastos y palma de aceite para la jornada día y noche. Donde se obtuvo un valor p cercano a 1 en las dos jornadas, lo que indica que no existen diferencias significativas entre la totalidad de los datos muestreados por jornada (Tabla 7 y Tabla 8).

Tabla 7. Análisis de varianza para la totalidad de los datos – jornada día

Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
A	77679	31,89	3,53	-57778743,9	>0,9999
P	158237	32,67	4,41		

Tabla 8. Análisis de varianza para la totalidad de los datos – jornada noche

Estado	N	Medias	D.E.	H	p
A	29145	20,85	2,03	-2102421,49	>0,9999
P	67913	20,78	2,15		

Sin embargo, el análisis de varianza a nivel de los 7 grupos reveló diferencias significativas entre las coberturas P y A en la jornada de día con un p de 0.0001. Para la jornada de noche hubo diferencias significativas solamente en 4 de los 7 grupos de muestreo.

#### 5.4.1 Análisis de varianza para el grupo 1 entre jornadas día y noche

El grupo 1 tuvo diferencias significativas en la jornada de día, que presentó temperaturas promedio de 31.73 °C para palma de aceite y de 32.83°C para pastos (Tabla 9). Para la jornada de la noche no se presentaron diferencias significativas, debido a que las temperaturas promedio fueron de 20.80°C para palma de aceite y 20.73 para pastos y arrojó un valor p de 0.5553 (Tabla 10).

Tabla 9. Análisis de varianza para el grupo 1 - jornada día

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo1	A	14114	31,73	3,33	1074,74	<0,0001
	P	20614	32,83	4,21		

Tabla 10. Análisis de varianza para el grupo 1 - jornada noche

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo1	A	5440	20,8	1,77	0,36	0,5553
	P	8440	20,73	2,02		

#### 5.4.2 Análisis de varianza para el grupo 2 entre jornadas día y noche

El grupo 2 tuvo diferencias significativas en la jornada de día, que presentó temperaturas promedio de 32.03°C para palma de aceite y de 32.87°C para pastos (Tabla 11). Para la jornada de la noche no se presentaron diferencias significativas, debido a que las temperaturas promedio fueron de 20.91°C para palma de aceite y 20.74°C para pastos y arrojó un valor p de 0.1492 (Tabla 12).

Tabla 11. Análisis de varianza para el grupo 2 - jornada día

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo2	B	681	32,11	4,35	313,65	<0,0001
	P	25530	32,87	4,16		

Tabla 12. Análisis de varianza para el grupo 2 - jornada noche

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo2	A	4120	20,91	1,54	4,55	0,1492
	P	10340	20,74	2,14		

### 5.4.3 Análisis de varianza para el grupo 3 entre jornadas día y noche

El grupo 3 tuvo diferencias significativas en la jornada de día, que presentó temperaturas promedio de 31.49°C para palma de aceite y de 32.95°C para pastos (Tabla 13). Para la jornada de la noche no se presentaron diferencias significativas, debido a que las temperaturas promedio fueron de 20.72°C para palma de aceite y 20.77°C para pastos y arrojó un valor p de 0.7313 (Tabla 14).

Tabla 13. Análisis de varianza para el grupo3 - jornada día

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo3	A	8716	31,49	3,23	1483,11	<0,0001
	P	21972	32,95	4,21		

Tabla 14. Análisis de varianza para el grupo3 - jornada noche

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo3	A	3130	20,72	2	0,88	0,7313
	P	8997	20,77	1,99		

#### 5.4.4 Análisis de varianza para el grupo 4 entre jornadas día y noche

El grupo 4 tuvo diferencias significativas en la jornada de día, que presentó temperaturas promedio de 31.74°C para palma de aceite y de 31.95°C para pastos (Tabla 15). De igual manera, para la jornada de la noche se presentaron diferencias significativas, debido a que las temperaturas promedio fueron de 20.82°C para palma de aceite y 20.71°C para pastos (Tabla 16).

Tabla 15. Análisis de varianza para el grupo 4 - jornada día

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo4	A	10567	31,74	4,01	2101,13	<0,0001
	P	27937	31,95	4,74		

Tabla 16. Análisis de varianza para el grupo 4 - jornada noche

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo4	A	5154	20,82	1,57	24,91	<0,0001
	P	14737	20,71	1,94		

#### 5.4.5 Análisis de varianza para el grupo 5 entre jornadas día y noche

El grupo 5 tuvo diferencias significativas en la jornada de día, que presentó temperaturas promedio de 31.88°C para palma de aceite y de 32.38°C para pastos (Tabla 17). De igual manera, para la jornada de la noche se presentaron diferencias significativas, debido a que las temperaturas promedio fueron de 20.95°C para palma de aceite y 21.12°C para pastos (Tabla 18).

Tabla 17. Análisis de varianza para el grupo 5 - jornada día

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo5	A	8526	31,88	3,47	3311,6	<0,0001
	P	19777	32,38	4,68		

Tabla 18. Análisis de varianza para el grupo 5 - jornada noche

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo5	A	3078	20,95	1,93	143,47	<0,0001
	P	9051	21,12	2,19		

#### 5.4.6 Análisis de varianza para el grupo 6 entre jornadas día y noche

El grupo 6 tuvo diferencias significativas en la jornada de día, que presentó temperaturas promedio de 32.13°C para palma de aceite y de 32.63°C para pastos (Tabla 19). De igual manera, para la jornada de la noche se presentaron diferencias significativas, debido a que las temperaturas promedio fueron de 20.9°C para palma de aceite y 20.65°C para pastos (Tabla 20).

Tabla 19. Análisis de varianza para el grupo 6 - jornada día

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo6	A	11772	32,13	3,46	821,58	<0,0001
	P	18639	32,63	4,41		

Tabla 20. Análisis de varianza para el grupo 6 - jornada noche

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
Grupo6	A	3599	20,9	2,61	290,66	<0,0001
	P	7949	20,65	2,21		

#### 5.4.7 Análisis de varianza para el grupo 7 entre jornadas día y noche

El grupo 7 tuvo diferencias significativas en la jornada de día, que presentó temperaturas promedio de 32.15°C para palma de aceite y de 33.20°C para pastos (Tabla 21). De igual manera, para la jornada de la noche se presentaron diferencias significativas, debido a que

las temperaturas promedio fueron de 20.85°C para palma de aceite y 20.80°C para pastos (Tabla 22).

**Tabla 21.** *Análisis de varianza para el grupo 7 - jornada día*

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
<b>Grupo7</b>	A	15189	32,15	3,4	1556,74	<b>&lt;0,0001</b>
	P	23527	33,2	4,3		

**Tabla 22.** *Análisis de varianza para el grupo 7 - jornada noche*

Grupo	Cobertura	n	Media TS	Desviación Estándar	H	p
<b>Grupo7</b>	A	4511	20,85	2,63	60,12	<b>&lt;0,0001</b>
	P	8156	20,8	2,62		

Para la totalidad de los grupos en la jornada de día la TS tuvo diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que quiere decir que en presencia de la luz solar las coberturas expresan datos diferenciados de temperatura, mientras que, en la noche en ausencia de la luz solar, el viento juega un papel fundamental, haciendo que haya pérdidas de calor en la superficie del suelo. Para los grupos 1, 2 y 3 no se encontró diferencia significativa en la temperatura de superficie para la jornada de la noche, este comportamiento puede deberse a la ubicación espacial de los grupos, ya que no existe heterogeneidad de las coberturas (se limitan a pastos y palma de aceite) por ende se reduce la posibilidad de que los datos de temperatura fluctúen. Por otro lado, los grupos restantes que si presentan diferencias significativas tienen una mayor heterogeneidad de coberturas, dentro de las que se incluye bosques, áreas urbanas y superficies de agua, esto hace que pueda existir mayor diferenciación en los datos de la temperatura.

La época de sequía la palma presentó menor TS que los pastos en la jornada de día, a diferencia de la jornada de noche, que mantuvo la TS 0.31°C por encima de los pastos. Por su lado, en la época de lluvias se invirtió el comportamiento, siendo la TS de palma menor

en la jornada noche que la de los pastos, esto se atribuye a la retención de agua de los suelos de los pastos que hacen la transferencia de calor del agua más lenta.

## 6 Conclusiones

Se confirmó que existen diferencias en la temperatura de superficie en cada cobertura estudiada (pastos y palma de aceite), esto relacionado con la estructura vegetal de cada una. El pasto es una cobertura de porte bajo que no genera dosel lo que favorece que la radiancia llegue de manera directa a la superficie. A diferencia de la palma de aceite que puede tener una altura incluso por encima de los 10 m y que su desarrollo foliar le permite la generación de un dosel.

Existen diferencias de temperatura entre las jornadas día y noche para las dos coberturas, en los que se evidenció una caída de temperatura de 11.04 °C para la palma de aceite y de 11.89°C para los pastos que tienden a almacenar mayor cantidad de calor en el día y perderlo con facilidad en la noche.

Existen diferencias de temperatura entre las coberturas con relación a las épocas de sequía y lluvias. Debido a que el área de estudio presenta un régimen de lluvias monomodal, durante la época de sequía la TS se incrementa en las dos coberturas, mientras que en la época de lluvias en la jornada de la noche cambia el comportamiento, siendo la palma de aceite la que presenta menores temperaturas. Encontrando que, en presencia de agua, las condiciones de temperatura por cobertura cambian.

## **7 Recomendaciones**

Para análisis que requieren la diferenciación de coberturas en paisajes fragmentados, se recomienda usar datos de temperatura de superficie que provengan de imágenes con mayor resolución espacial, para tener mayor precisión en el muestro y generar mayor confiabilidad en los datos.

Realizar el estudio utilizando mayor número de coberturas para que genere un análisis comparativo más profundo que logre relacionar los cambios de TS en un paisaje fragmentado

Involucrar en el estudio la variable de evapotranspiración, lo que ayudaría en la comprensión de los cambios de la TS en las diferentes coberturas y en las diferentes épocas del año.

## 8 Bibliografía

- A., R.-Z., & P., P. (2015). Políticas, mercados y modelos de producción: Un análisis de la situación y desafíos del sector palmero colombiano. In *Políticas, mercados y modelos de producción: Un análisis de la situación y desafíos del sector palmero colombiano*. <https://doi.org/10.17528/cifor/005658>
- Abadía, J. G. (2011). Cambios en la cobertura del paisaje y fuerzas conductoras en los Llanos Orientales Colombianos (Puerto López, Meta), 1988-2007. Trabajo de grado en Estudios Ambientales y Rurales. *Facultad de Estudios Ambientales y Rurales*, 1988–2007. <https://core.ac.uk/reader/71419888>
- Aguilar-Lome, J., Espinoza-Villar, R., Espinoza, J. C., Rojas-Acuña, J., Willems, B. L., & Leyva-Molina, W. M. (2019). Elevation-dependent warming of land surface temperatures in the Andes assessed using MODIS LST time series (2000–2017). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 77, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.12.013>
- Armenteras, D., González-Alonso, F., & Aguilera, C. F. (2009). DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y TEMPORAL DE ANOMALÍAS TÉRMICAS Geographic and temporal distribution of fire in Colombia using thermal anomalies data. *Caldasia*, 31(February), 303–318. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0366-52322009000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0366-52322009000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- Buyadi, S. N. A., Mohd, W. M. N. W., & Misni, A. (2013). Impact of Land Use Changes on the Surface Temperature Distribution of Area Surrounding the National Botanic Garden, Shah Alam. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 101, 516–525. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.225>
- Carlos, J., & Bustos, R. (2016). *Transformaciones ambientales generadas por la expansión del cultivo de palma de aceite (Elaeis guineensis) en el departamento del Meta* Environmental transformations generated by the expansion of oil palm (*Elaeis guineensis*) in the department of Meta.
- Carvajal, A. (2017). *Impactos del cambio en las coberturas de la superficie terrestre, sobre el almacenamiento de carbono y la regulación climática en la cuenca del río La Vieja, Colombia*.
- Carvajal, A. F., & Pabón, J. D. (2014). Temperatura de la superficie terrestre en diferentes tipos de cobertura de la Región Andina Colombiana. *Sociedade & Natureza*, 26(1), 95–112. <https://doi.org/10.1590/1982-451320140107>
- Castiblanco, C., Etter, A., & Aide, T. M. (2013). Oil palm plantations in Colombia: A model of future expansion. *Environmental Science and Policy*, 27, 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.01.003>

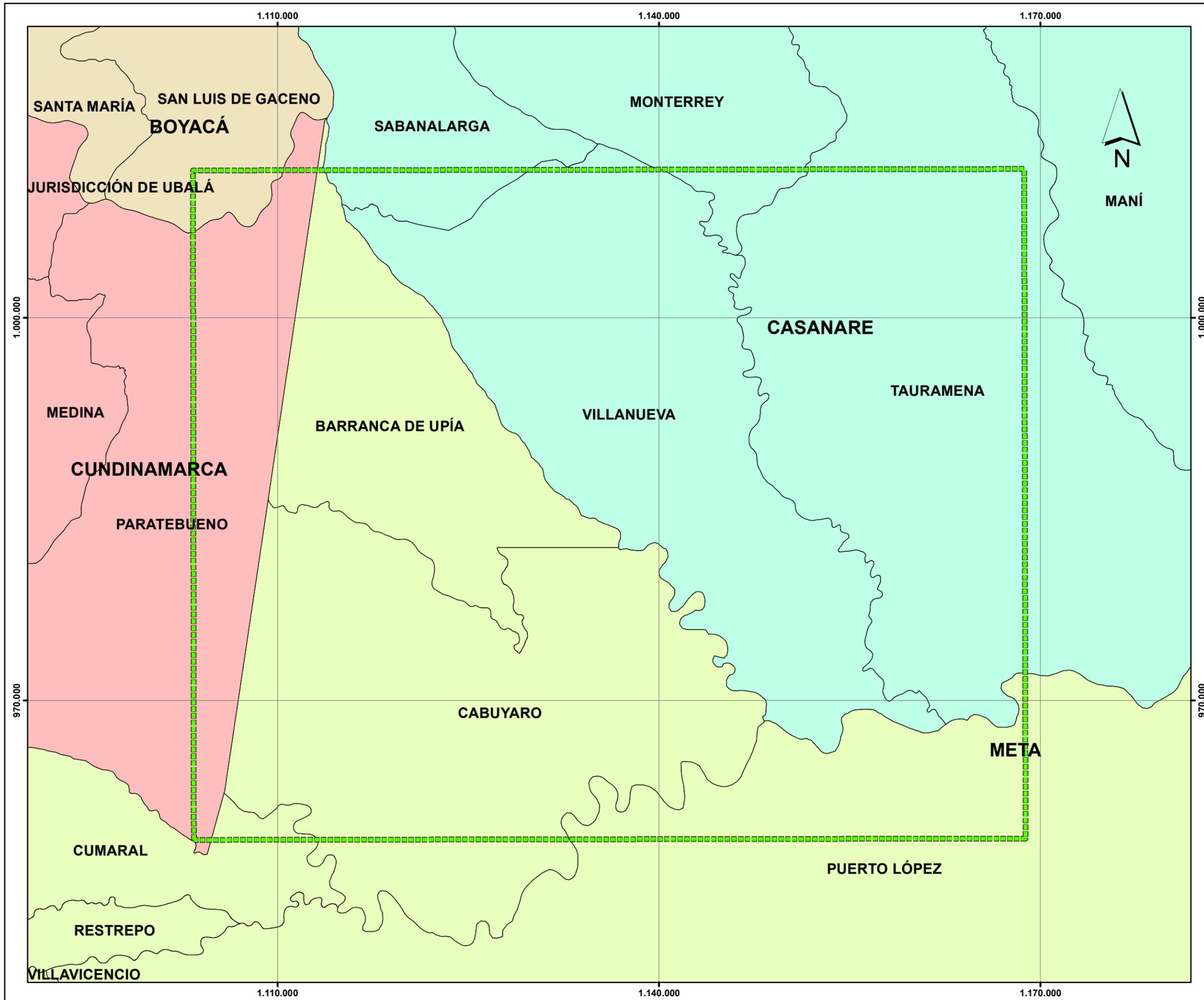
- Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(2), 203–218. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.05.004>
- Das, N., Mondal, P., Sutradhar, S., & Ghosh, R. (2020). Assessment of variation of land use/land cover and its impact on land surface temperature of Asansol subdivision. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.05.001>
- De León Mata, G. D., Pinedo Álvarez, A., & Martínez Guerrero, J. H. (2014). Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México. *Investigaciones Geograficas*, 84(84), 42–53. <https://doi.org/10.14350/rig.36568>
- Díaz Castro, R. I. (2009). *Metodología de validación de productos MODIS para la estimación de temperatura de la superficie en zonas heterogéneas y homogéneas de Colombia Metodología de validación de productos MODIS para la estimación de temperatura de la superficie en zonas heterog.* 42.
- Dorigon, L. P., & Amorim, M. C. de C. T. (2019). Spatial modeling of an urban Brazilian heat island in a tropical continental climate. *Urban Climate*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100461>
- Echeverry B., L. R. (2019). *IMPACTO DE LA DEFORESTACIÓN SOBRE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN LA REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA*. Universidad Antonio Nariño.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114(2–4), 369–386. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.013>
- Fedepalma. (2020). *El Palmicultor*. [www.fedepalma.org](http://www.fedepalma.org)
- Felipe Carvajal, A., & Daniel Pabón, J. (n.d.). *Transformación de la superficie terrestre por la actividad humana y su relación con el cambio climático*. 28(2), 185–198. <https://doi.org/10.1590/1982-451320160201>
- García, R. (2007). Los Sensores Remotos Y Su Aplicación En La Meteorología : Un Estudio De Caso. *Instituto de Ingeniería, UABC, November 2007*, 11.
- Girolimetto, Daniela and Venturini, Virginia and Rodríguez, L. (2007). *Influencia de la Resolución Espacial de la Temperatura de Superficie Teledetectada en el Contexto NDVI – To ET =  $\phi / (Rn - G)$* . 299–305.
- Guo, J., Han, G., Xie, Y., Cai, Z., & Zhao, Y. (2020). *Exploring the relationships between urban spatial form factors and land surface temperature in mountainous area: A case study in Chongqing city, China*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102286>
- Hesslerová, P., Pokorný, J., Brom, J., & Rejšková-Procházková, A. (2013). Daily dynamics of radiation surface temperature of different land cover types in a temperate cultural landscape: Consequences for the local climate. *Ecological Engineering*, 54, 145–154.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.01.036>

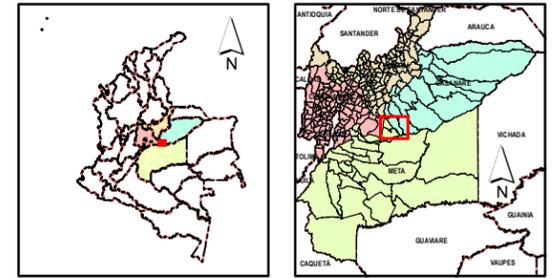
- Hulley, G. C., Ghent, D., Götsche, F. M., Guillevic, P. C., Mildrexler, D. J., & Coll, C. (2019). Land Surface Temperature. In *Taking the Temperature of the Earth* (pp. 57–127). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814458-9.00003-4>
- Kirkegaard, J. A., Angus, J. F., Gardner, P. A., & Müller, W. (1994). Reduced growth and yield of wheat with conservation cropping. I. Field studies in the first year of the cropping phase. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45(3), 511–528. <https://doi.org/10.1071/AR9940511>
- Kotikot, S. M., Flores, A., Griffin, R. E., Sedah, A., Nyaga, J., Mugo, R., Limaye, A., & Irwin, D. E. (2018). *Mapping threats to agriculture in East Africa: Performance of MODIS derived LST for frost identification in Kenya's tea plantations*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.009>
- Mahecha, L., Gallego, L., & Peláez, F. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu*, 15, 213–225.
- McGarigal, K., Tagil, S., & Cushman, S. A. (2009). Surface metrics: An alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape Ecology*, 24(3), 433–450. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9327-y>
- Mildrexler, D. J., Zhao, M., & Running, S. W. (2011). A global comparison between station air temperatures and MODIS land surface temperatures reveals the cooling role of forests. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 116(3). <https://doi.org/10.1029/2010JG001486>
- MODIS Web*. (n.d.). Retrieved July 16, 2020, from <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod11.php>
- Nimish, G., Bharath, H. A., & Lalitha, A. (2020). Exploring temperature indices by deriving relationship between land surface temperature and urban landscape. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18, 2352–9385. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100299>
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:teotwa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:teotwa]2.0.co;2)
- Pertuz, A. P., & Santamaría, Á. E. (2014). LA PALMICULTURA COLOMBIANA: SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA, SOCIAL Y AMBIENTAL. *Tendencias*, 15(1), 173. <https://doi.org/10.22267/rtend.141501.55>
- Rao, I., Rivera, M., Corrales, I., & Bernal, J. (2013a). Sistemas agropastoriles un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia. In *Sistemas agropastoriles un enfoque integrado para el manejo sostenible de*

- Oxisoles de los Llanos Orientalñes de Colombia*. <https://doi.org/10.21930/978-958-694-117-4>
- Rao, I., Rivera, M., Corrales, I., & Bernal, J. (2013b). Sistemas agropastoriles un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientalñes de Colombia. In *Sistemas agropastoriles un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientalñes de Colombia*. <https://doi.org/10.21930/978-958-694-117-4>
- Romero-Ruiz, M. H., Flantua, S. G. A., Tansey, K., & Berrio, J. C. (2012). Landscape transformations in savannas of northern South America: Land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. *Applied Geography*, 32(2), 766–776. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.08.010>
- Ruíz, J., Guzmán, D., & Cadena, M. (2014). *REGIONALIZACIÓN DE COLOMBIA SEGÚN LA ESTACIONALIDAD DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL, A TRAVÉS ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)*.
- Schirmbeck, J., & Rivas, R. (2007). *Comportamiento de los términos del balance de energía en una pastura*. <http://www.aet.org.es/congresos/xii/arg42.pdf>
- Schmugge, T., Hook, S. J., & Coll, C. (1998). Recovering surface temperature and emissivity from thermal infrared multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, 65(2), 121–131. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(98\)00023-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00023-6)
- SISPA. (2020). *(No Title)*. <http://sispa.fedepalma.org/sispaweb/>
- Song, J., Chen, W., Zhang, J., Huang, K., Hou, B., & Prishchepov, A. V. (2020). *Effects of building density on land surface temperature in China: Spatial patterns and determinants*. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103794>
- Stohlgren, T. J., Chase, T. N., Pielke, R. A., Kittel, T. G. F., & Baron, J. S. (1998). Evidence that local land use practices influence regional climate, vegetation, and stream flow patterns in adjacent natural areas. *Global Change Biology*, 4(5), 495–504. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00182.x>
- Sun, Y., Gao, C., Li, J., Wang, R., & Liu, J. (2019). Evaluating urban heat island intensity and its associated determinants of towns and cities continuum in the Yangtze River Delta Urban Agglomerations. *Sustainable Cities and Society*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101659>
- Tan, J., Yu, D., Li, Q., Tan, X., & Zhou, W. (2020). Spatial relationship between land-use/land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area, China. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66168-6>
- UNAL. (2013). *Desmovilización y Reintegración (ODDR) Caracterización Región de la Orinoquía*.
- Unger, P. W. (1978). Straw Mulch Effects on Soil Temperatures and Sorghum Germination and Growth 1. *Agronomy Journal*, 70(5), 858–864. <https://doi.org/10.2134/agronj1978.00021962007000050036x>

- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., & Li, Z. L. (2004). Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 25(1), 261–274. <https://doi.org/10.1080/0143116031000116417>
- Wan, Zhengming. (1999). *MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD)*. April.
- Wang, L., Tian, F., Wang, X., Yang, Y., & Wei, Z. (2020). *Journal Pre-proof Attribution of the land surface temperature response to land-use conversions from bare land*. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103268>
- Xia, H., Chen, Y., Li, Y., & Quan, J. (2019). *Combining kernel-driven and fusion-based methods to generate daily high-spatial-resolution land surface temperatures*. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.006>
- Yan, Y., Mao, K., Shi, J., Piao, S., Shen, X., Dozier, J., Liu, Y., Ren, H. li, & Bao, Q. (2020). Driving forces of land surface temperature anomalous changes in North America in 2002–2018. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63701-5>
- Zaraza-Aguilera, M. A., & Manrique-Chacón, L. M. (2019). Generación de datos de cambio de coberturas vegetales en la sabana de Bogotá mediante el uso de series temporales con imágenes Landsat e imágenes sintéticas MODIS-Landsat entre los años 2007 y 2013. *Revista de Teledetección*, 54, 41. <https://doi.org/10.4995/raet.2019.12280>
- Zhang, X., Friedl, M. A., Schaaf, C. B., Strahler, A. H., Hodges, J. C. F., Gao, F., Reed, B. C., & Huete, A. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 84(3), 471–475. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00135-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00135-9)
- Zhang, Y., Odeh, I. O. A., & Han, C. (2009). Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(4), 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.03.001>
- Zhao, M., Heinsch, F. A., Nemani, R. R., & Running, S. W. (2005). Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set. *Remote Sensing of Environment*, 95(2), 164–176. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.12.011>
- Zhengming Wan, & Dozier, J. (1996). A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34(4), 892–905. <https://doi.org/10.1109/36.508406>



**LOCALIZACION DEL PROYECTO**



**LEYENDA**

- AREA DE ESTUDIO
- MUNICIPIO DE BOYACÁ
- MUNICIPIO DE CASANARE
- MUNICIPIO DE CUNDINAMARCA
- MUNICIPIO DE META
- DEPARTAMENTO

Nota: Este mapa es elaboración propia. La información espacial de las Entidades, fueron tomas de los datos abiertos del SIGOT.

**REFERENCIA ESPACIAL**

MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ  
 PROYECCION: TRANSVERSA DE MERCATOR  
 FALSO ESTE: 1.000.000  
 FALSO NORTE: 1.000.000  
 MERIDIANO CENTRAL: -74.07750792  
 FACTOR DE ESCALA: 1.0  
 LATITUD DE ORIGEN: 4.59620042  
 UNIDADES: METROS  
 SISTEMA GEOGRAFICO DE COORDENADAS: MAGNA  
 DATUM: MAGNA  
 MERIDIANO PRINCIPAL: GREENWICH

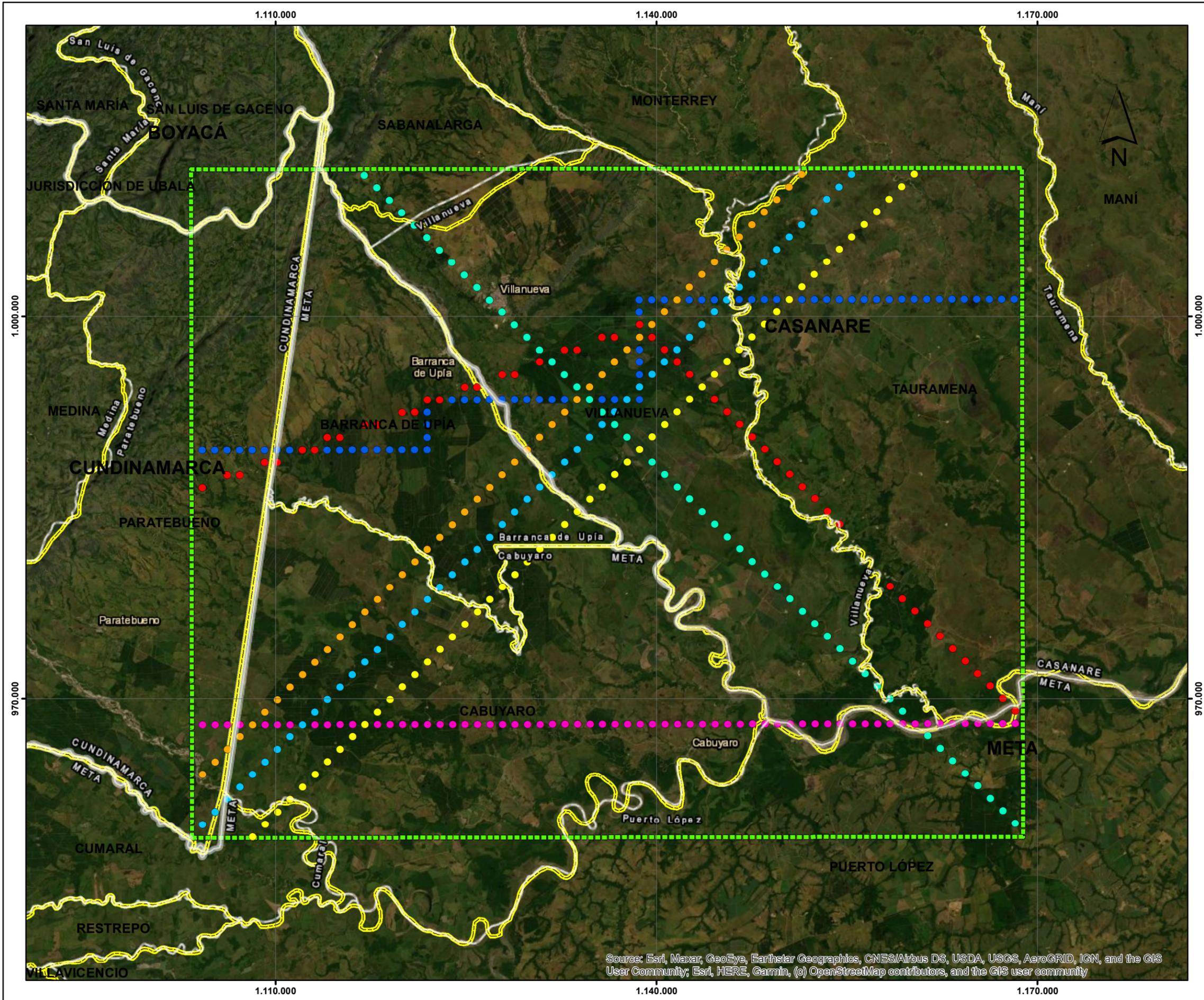


**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

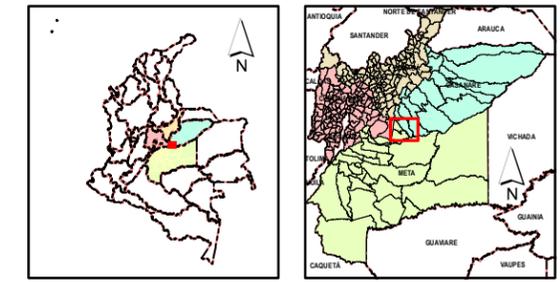
**PROYECTO DE GRADO  
 ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA**

**VARIACION DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE ENTRE CULTIVOS DE PALMA DE ACEITE Y PASTOS ENTRE 2003 Y 2019, EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA**

INTEGRANTES: MARVIN CUTIVA marvin886ud@gmail.com		DANIELA ROCIO ESPEJO GONZALEZ danielaeespejog@gmail.com		FACULTAD DE INGENIERIA ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	
DECANA DE LA FACULTAD: DRA. DIANA ISABEL QUINTERO TORRES decano_ambiental@uan.edu.co		COORDINADOR: ANDRES FELIPE CARVAJAL VANEGAS andres.carvajal@uan.edu.co		MAPA: 001 AREA DE ESTUDIO	
ESCALA 1:300.000		FECHA JULIO 2020		PLANCHA 1/1	
0 2.500 5.000 10.000 		Archivo: AREA_ESTUDIO_PIEDEMONTE_LLANERO_A3			



LOCALIZACION DEL PROYECTO



LEYENDA

- Muestreo**
- Grupo 1
  - Grupo 2
  - Grupo 3
  - Grupo 4
  - Grupo 5
  - Grupo 6
  - Grupo 7
- ▭ AREA DE ESTUDIO
  - ▭ Municipio
  - ▭ DEPARTAMENTO

Nota: Este mapa es elaboración propia. La información espacial de las Entidades, fueron tomas de los datos abiertos del SIGOT.

REFERENCIA ESPACIAL

MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ  
 PROYECCION: TRANSVERSA DE MERCATOR  
 FALSO ESTE: 1.000.000  
 FALSO NORTE: 1.000.000  
 MERIDIANO CENTRAL: -74.07750792  
 FACTOR DE ESCALA: 1.0  
 LATITUD DE ORIGEN: 4.59620042  
 UNIDADES: METROS  
 SISTEMA GEOGRAFICO DE COORDENADAS: MAGNA  
 DATUM: MAGNA  
 MERIDIANO PRINCIPAL: GREENWICH



**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

PROYECTO DE GRADO  
 ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

VARIACION DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE ENTRE CULTIVOS DE PALMA DE ACEITE Y PASTOS ENTRE 2003 Y 2019, EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

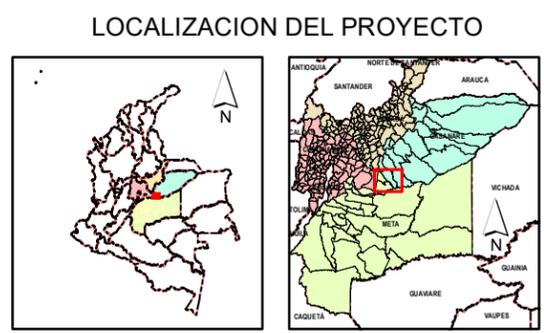
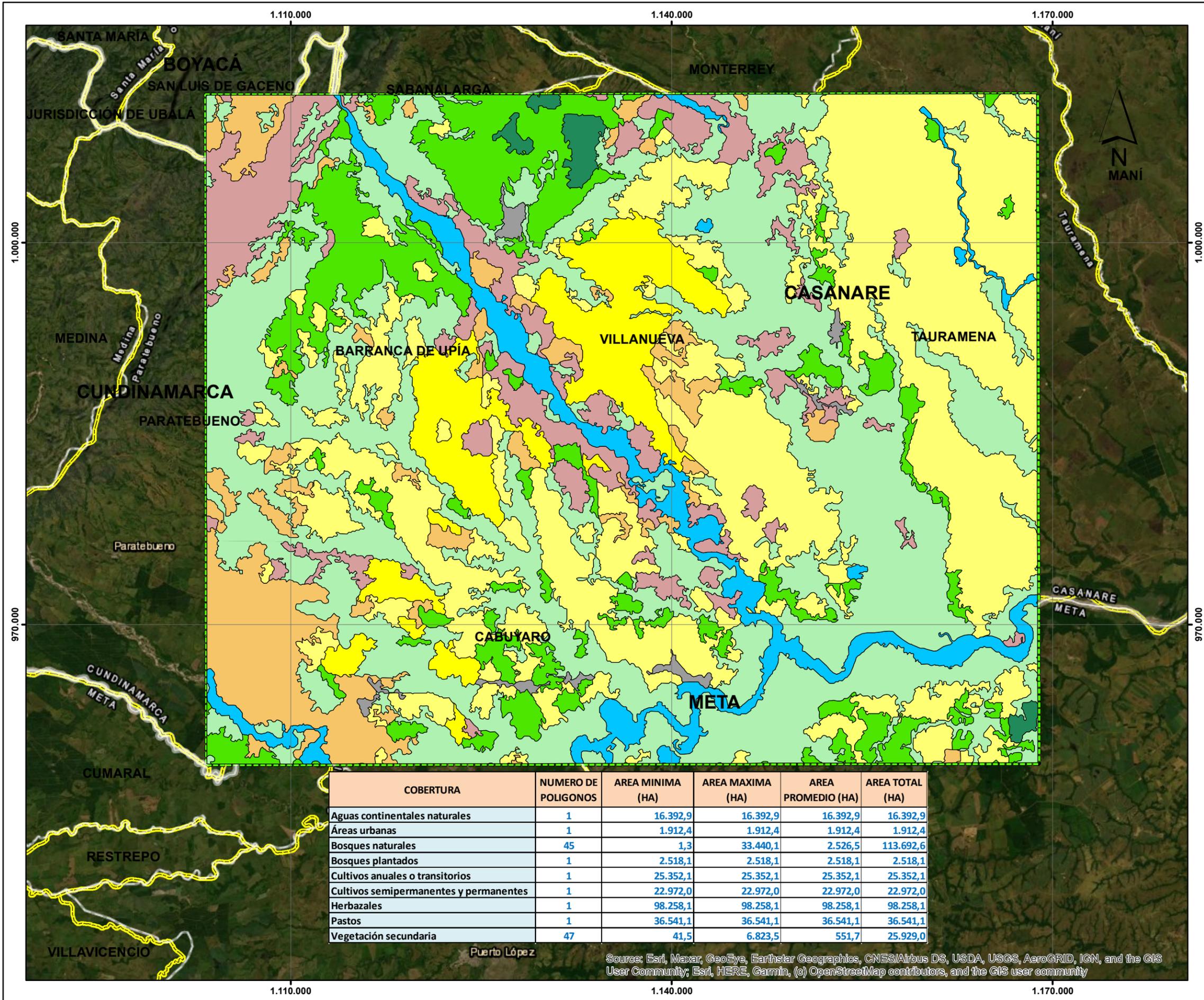
INTEGRANTES: MARVIN CUTIVA marvin886ud@gmail.com	DANIELA ROCIO ESPEJO GONZALEZ danielaespejog@gmail.com	FACULTAD DE INGENIERIA ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA
--	---	--

DECANA DE LA FACULTAD: DRA. DIANA ISABEL QUINTERO TORRES decana_ambiental@uan.edu.co	COORDINADOR: ANDRES FELIPE CARVAJAL VANEGAS andres.carvajal@uan.edu.co	MAPA: 002 GRUPOS DE MUESTREO
--	--	---------------------------------

ESCALA 1:300.000	FECHA JULIO 2020	PLANCHA 1/1
---------------------	---------------------	----------------



Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community; Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community



### LEYENDA

#### COBERTURA 2008

- Aguas continentales naturales
- Bosques naturales
- Bosques plantados
- Cultivos anuales o transitorios
- Cultivos semipermanentes y permanentes
- Herbazales
- Pastos
- Vegetación secundaria
- Áreas urbanas
- AREA DE ESTUDIO
- MUNICIPIO
- DEPARTAMENTO

Nota: Este mapa es elaboración propia. La información espacial de las Entidades, fueron tomas de los datos abiertos del SIGOT.

#### REFERENCIA ESPACIAL

MAGNA COLOMBIA BOGOTA  
 PROYECCION: TRANSVERSA DE MERCATOR  
 FALSO ESTE: 1.000.000  
 FALSO NORTE: 1.000.000  
 MERIDIANO CENTRAL: -74.07750792  
 FACTOR DE ESCALA: 1.0  
 LATITUD DE ORIGEN: 4.59620042  
 UNIDADES: METROS  
 SISTEMA GEOGRAFICO DE COORDENADAS: MAGNA  
 DATUM: MAGNA  
 MERIDIANO PRINCIPAL: GREENWICH



PROYECTO DE GRADO  
 ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

VARIACION DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE ENTRE CULTIVOS DE PALMA DE ACEITE Y PASTOS ENTRE 2003 Y 2019, EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

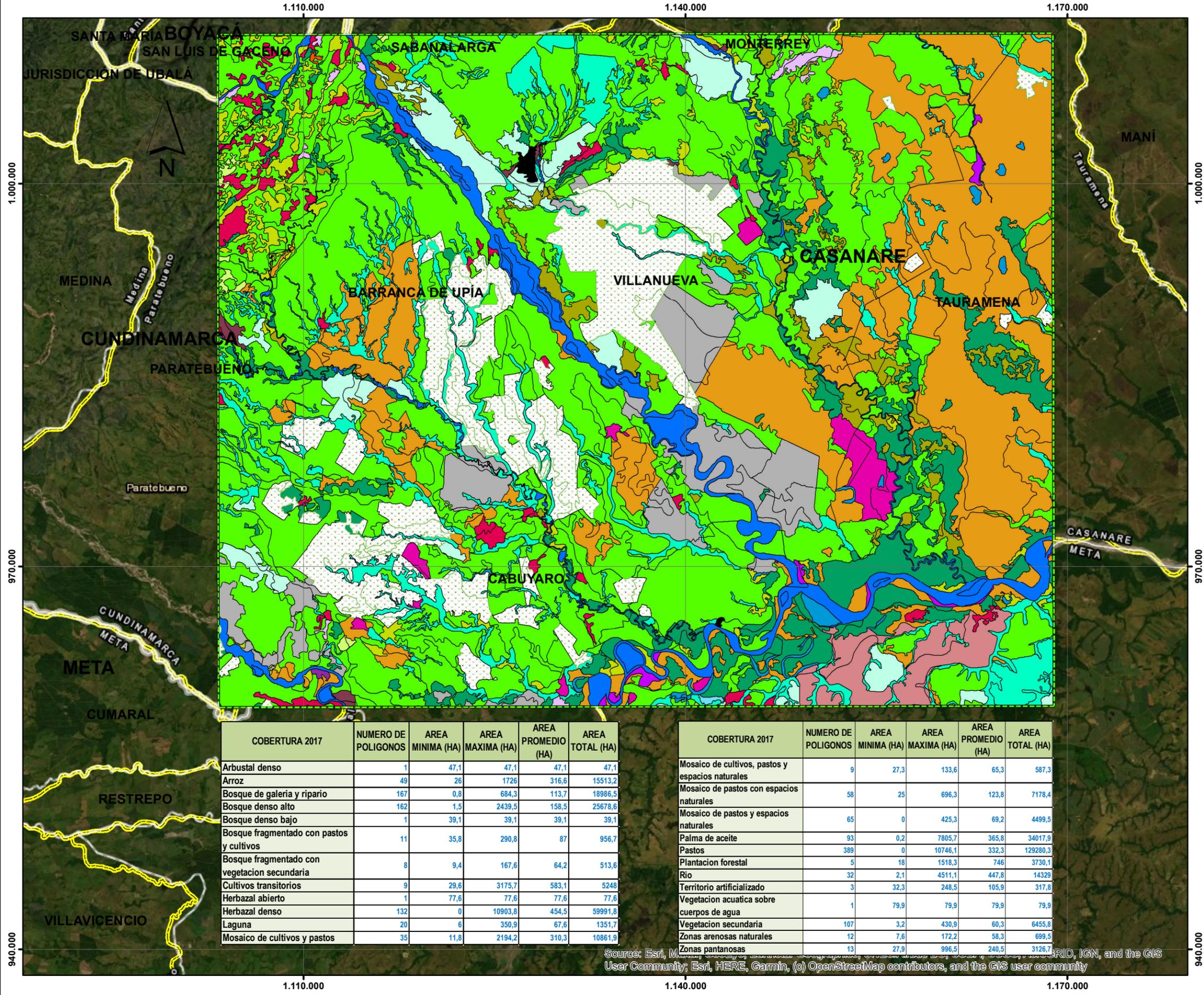
INTEGRANTES:		FACULTAD DE INGENIERIA ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	
MARVIN CUTIVA marvin886ud@gmail.com	DANIELA ROCIO ESPEJO GONZALEZ danielaespejog@gmail.com		
DECANA DE LA FACULTAD: DRA. DIANA ISABEL QUINTERO TORRES decanoambiental@uan.edu.co		COORDINADOR: ANDRES FELIPE CARVAJAL VANEGAS andres.carvajal@uan.edu.co	

ESCALA 1:300.000	FECHA JULIO 2020	PLANCHA 1/1
---------------------	---------------------	----------------

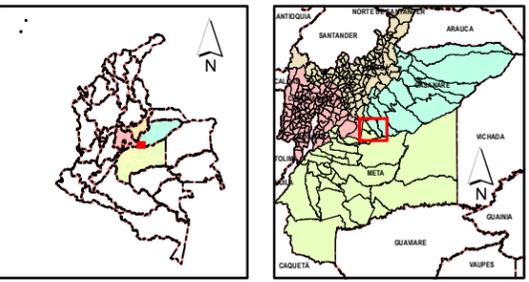


COBERTURA	NUMERO DE POLIGONOS	AREA MINIMA (HA)	AREA MAXIMA (HA)	AREA PROMEDIO (HA)	AREA TOTAL (HA)
Aguas continentales naturales	1	16.392,9	16.392,9	16.392,9	16.392,9
Áreas urbanas	1	1.912,4	1.912,4	1.912,4	1.912,4
Bosques naturales	45	1,3	33.440,1	2.526,5	113.692,6
Bosques plantados	1	2.518,1	2.518,1	2.518,1	2.518,1
Cultivos anuales o transitorios	1	25.352,1	25.352,1	25.352,1	25.352,1
Cultivos semipermanentes y permanentes	1	22.972,0	22.972,0	22.972,0	22.972,0
Herbazales	1	98.258,1	98.258,1	98.258,1	98.258,1
Pastos	1	36.541,1	36.541,1	36.541,1	36.541,1
Vegetación secundaria	47	41,5	6.823,5	551,7	25.929,0

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community; Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community



LOCALIZACION DEL PROYECTO



LEYENDA

- COBERTURA 2017**
- Arbustal denso
  - Arroz
  - Bosque de galería y ripario
  - Bosque denso alto
  - Bosque denso bajo
  - Bosque fragmentado con pastos y cultivos
  - Bosque fragmentado con vegetación secundaria
  - Cultivos transitorios
  - Herbazal abierto
  - Herbazal denso
  - Laguna
  - Mosaico de cultivos y pastos
  - Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
  - Mosaico de pastos con espacios naturales
  - Mosaico de pastos y espacios naturales
  - Palma de aceite
  - Pastos
  - Plantación forestal
  - Río
  - Territorio artificializado
  - Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
  - Vegetación secundaria
  - Zonas arenosas naturales
  - Zonas pantanosas
  - AREA DE ESTUDIO
  - MUNICIPIO
  - DEPARTAMENTO

REFERENCIA ESPACIAL

MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ  
 PROYECCION: TRANSVERSA DE MERCATOR  
 FALSO ESTE: 1.000.000  
 FALSO NORTE: 1.000.000  
 MERIDIANO CENTRAL: -74.07750792  
 FACTOR DE ESCALA: 1.0  
 LATITUD DE ORIGEN: 4.59620042  
 UNIDADES: METROS  
 SISTEMA GEOGRAFICO DE COORDENADAS: MAGNA  
 DATUM: MAGNA  
 MERIDIANO PRINCIPAL: GREENWICH



**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

PROYECTO DE GRADO  
 ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

VARIACION DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE ENTRE CULTIVOS DE PALMA DE ACEITE Y PASTOS ENTRE 2003 Y 2019, EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

INTEGRANTES:		FACULTAD DE INGENIERIA ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	
MARVIN CUTIVA marvin886ud@gmail.com	DANIELA ROCIO ESPEJO GONZALEZ danielaspejog@gmail.com		
DECANA DE LA FACULTAD: DRA. DIANA ISABEL QUINTERO TORRES decanoambiental@uan.edu.co		COORDINADOR: ANDRÉS FELIPE CARVAJAL VANEGAS andres.carvajal@uan.edu.co	
		MAPA: 004	COBERTURA 2017

COBERTURA 2017	NUMERO DE POLIGONOS	AREA MINIMA (HA)	AREA MAXIMA (HA)	AREA PROMEDIO (HA)	AREA TOTAL (HA)
Arbustal denso	1	47,1	47,1	47,1	47,1
Arroz	49	26	1726	316,6	15513,2
Bosque de galería y ripario	167	0,8	684,3	113,7	18986,5
Bosque denso alto	162	1,5	2439,5	158,5	25678,6
Bosque denso bajo	1	39,1	39,1	39,1	39,1
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	11	35,8	290,8	87	956,7
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	8	9,4	167,6	64,2	513,6
Cultivos transitorios	9	29,6	3175,7	583,1	5248
Herbazal abierto	1	77,6	77,6	77,6	77,6
Herbazal denso	132	0	10903,8	454,5	59991,8
Laguna	20	6	350,9	67,6	1351,7
Mosaico de cultivos y pastos	35	11,8	2194,2	310,3	10861,9

COBERTURA 2017	NUMERO DE POLIGONOS	AREA MINIMA (HA)	AREA MAXIMA (HA)	AREA PROMEDIO (HA)	AREA TOTAL (HA)
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	9	27,3	133,6	65,3	587,3
Mosaico de pastos con espacios naturales	58	25	696,3	123,8	7178,4
Mosaico de pastos y espacios naturales	65	0	425,3	69,2	4499,5
Palma de aceite	93	0,2	7805,7	365,8	34017,9
Pastos	389	0	10746,1	332,3	129280,3
Plantación forestal	5	18	1518,3	746	3730,1
Río	32	2,1	4511,1	447,8	14329
Territorio artificializado	3	32,3	248,5	105,9	317,8
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	1	79,9	79,9	79,9	79,9
Vegetación secundaria	107	3,2	430,9	60,3	6455,8
Zonas arenosas naturales	12	7,6	172,2	58,3	699,5
Zonas pantanosas	13	27,9	996,5	240,5	3126,7

Source: Esri, Microsoft, DeLorme, NAVTEQ, SwatchNorte, Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

ESCALA 1:300.000	FECHA JULIO 2020	PLANCHA 1/1
---------------------	---------------------	----------------



Archivo: AREA\_ESTUDIO\_PIEDEMONTES\_LLANEROS\_A3