



**ANÁLISIS ESPECTRAL DE GUADUA EN
LA CUENCA DEL RIO NEGRO, CUNDINAMARCA, COLOMBIA**

Daniel Esteban Velásquez Castañeda

Código

11792216477

Universidad Antonio Nariño

Programa Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2023

**ANÁLISIS ESPECTRAL DE GUADUA EN
LA CUENCA DEL RIO NEGRO, CUNDINAMARCA, COLOMBIA**

Daniel Esteban Velásquez Castañeda

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en sistemas de Información Geográfica

Director:

Andrés Felipe Carvajal, Dr.

Universidad Antonio Nariño

Programa Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2023

Contenido

	Pág.
2. PRELIMINARES	8
3. RESUMEN.....	9
4. ABSTRACT.....	9
5. INTRODUCCION.....	10
6. OBJETIVOS.....	12
7. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL CONOCIMIENTO	13
8. METODOLOGÍA.....	16
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
10. CONCLUSIONES.....	23
11. RECOMENDACIONES	23
12. ANEXOS.....	24
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. *Guadua angustifolia* en bosque natural
- Figura 2. Índice NDVI (Izquierda) y combinación de bandas para vegetación sana (Derecha)
- Figura 3. Delimitación de la cuenca del río negro.
- Figura 4. Cuenca del río negro con imagen satelital reescalada.
- Figura 5. Cuenca del río negro en imagen satelital con filtro de paso alto
- Figura 6. Combinación RGB para vegetación de la cuenca del río negro

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1: Cálculo de áreas de guadua en la cuenca del río negro

2. PRELIMINARES

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inicialmente a toda mi familia que me ha brindado apoyo incondicional en cada una de las cosas que me he propuesto en la vida, a mi tía Marlene que me brindo la idea con la cual iba a desarrollar esta tesis y finalmente a las personas que por uno u otro motivo me han ayudado a llevar a cabo la tesis y la especialización.

3. RESUMEN

El presente trabajo se realizará a través del uso de imágenes satelitales que se pueden encontrar y descargar desde la página earthdata. El cual consiste en realizar inicialmente un shapefile con información de ubicación y conteo de áreas de *Guadua angustifolia* presente en la cuenca del río Negro. Además, se planea implementar una metodología para la identificación de guadua por medio de firmas espectrales (combinación de bandas) o técnicas de teledetección.

El uso de imágenes satelitales resulta ser de vital importancia en la elaboración del trabajo y por ende, su resolución debe ser buena para que el conteo de las áreas sea lo más real posible.

Palabras clave: Teledetección, imágenes satelitales, resolución espacial, guadua, río negro

4. ABSTRACT

This work Will be carried out through the use of satellite images that can be found and downloaded from the earthdata page. Which consists of initially making a shapefile with information on the location and count of areas of *Guadua angustifolia* present in the river negro basin. In addition it is planned to implement a methodology for the identification of guadua by means of spectral signatures (combination of bands) or remote sensing techniques.

The use of satellite images turns out to be of vital importance in the elaboration of the work and therefore its resolution must be Good so that the count of the areas is as real as possible.

Keywords: Guadua- River negro- remote sensing- spatial resolution- satellite images

5. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realiza con el fin de implementar una metodología eficiente en la forma de identificar *Guadua Angustifolia* por medio de firmas espectrales o métodos de percepción remota con respecto al resto de vegetación que se encuentre en su zona de crecimiento. Así mismo, para el área de estudio es necesario utilizar metodologías de percepción con el fin de realizar un conteo de áreas de guadua para su posterior toma de decisión.

Esta toma de decisiones debe ir acorde a la normativa colombiana para el manejo y uso sostenible de la guadua, que al ser una especie nativa y de rápido crecimiento resulta una alternativa óptima para reducir presiones de aprovechamiento forestal en bosque natural.

La guadua (*Guadua angustifolia*) es una especie nativa típica de bosques secundarios de rápido crecimiento asociada a espacios que requieren protección hídrica, resulta de vital importancia para el país, puesto que es una alternativa en el aprovechamiento forestal de madera debido a sus propiedades físicas. La edad apropiada para el corte esta entre los 2 a 6 años, después de este tiempo la guadua pierde cualidades físicas en su madera como la pérdida de resistencia(El & Colombiano, s/f).

En Colombia está regulado el aprovechamiento sostenible de la guadua mediante normativas como la ley 99 de 1993 la cual crea las corporaciones autónomas regionales, el decreto 1791 de 1996 que establece el régimen de aprovechamiento forestal y en su artículo 62 menciona que “cada corporación autónoma regional reglamentara lo relacionado con los aprovechamientos de especies y productos de bosque no maderables, como: guadua, palmas, caña brava, entre otros” (Normatividad de La Guadua y Certificación de Bósques, 2013).

Es a partir de entender la normativa y la importancia de la guadua que este trabajo se torna importante, primero el conteo de áreas de guadua en donde se encuentra presente permite tener idea de la cantidad en términos de volumen que se puede aprovechar en un corto periodo de tiempo o si es necesario tomar medidas silviculturales para promover el crecimiento de la especie y que no se vea disminuida.

Por otra parte, el análisis espectral o el uso de las técnicas de percepción remota permitirá identificar rápidamente la ubicación de la guadua que se encuentra en la cuenca del río negro, esto por medio de combinaciones de banda y la forma en que la guadua da respuesta con sus firmas espectrales. Normalmente la vegetación sana se puede detectar en una combinación de bandas 5,6 y 2, sin embargo, estas no describen adecuadamente todas las características de la vegetación, la superficie de las hojas por ejemplo tiene sus propias propiedades de absorción de luz y es acá donde se espera que la guadua muestre diferencias espectrales con respecto al resto de la vegetación debido a sus hojas caulinares que son más delgadas que las de un árbol normal (Neinavaz et al., 2021).

Así mismo, la detección de la Guadua por métodos de percepción remota como el ajuste de la imagen satelital con filtros de paso alto o filtro de paso bajo resulta ser una alternativa bastante útil en la identificación de *Guadua angustifolia* cuando no es posible obtener una imagen con resolución espacial que diferencie claramente el espectro de la especie con respecto al resto de vegetación

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

- Cuantificar las áreas de *Guadua spp* a partir de la clasificación de imágenes satelitales por medio del análisis de firmas espectrales o métodos de percepción remota de dicha especie en la cuenca del Río Negro, Cundinamarca, Colombia

6.2 Objetivos Específicos

- ❖ Analizar las firmas espectrales de *Guadua spp*. En la cuenca del Río Negro para la clasificación por medio de imágenes satelitales.
- ❖ Calcular las áreas de *Guadua spp* en la cuenca del Río Negro

7. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL CONOCIMIENTO

La guadua (*Guadua Angustifolia*) es una especie nativa asociada a espacios que requieren protección de fuentes hídrica, necesita de un espacio lo suficientemente grande para que pueda desarrollarse y expandirse continuamente, se caracteriza por ser una especie de rápido crecimiento (11 cm diarios) que llega a su etapa de adultez a los 2 o 3 años después de la siembra o nacimiento, y el aprovechamiento de madera es óptimo entre los 2 a 6 años. (Avendaño Uribe et al., s/f).

El manejo de la *Guadua angustifolia* resulta ser muy importante para la industria forestal del país, ya que se implementa en la elaboración de paredes, techos, pisos, puentes, casas, entre otras. Por otra parte, al crecer en espacios de regulación hídrica es una especie estratégica en captación de agua, principalmente aguas lluvias, lo que la hace una especie comercialmente interesante y muy importante para que su madera sea vista como alternativa para disminuir la presión y demanda de madera de bosque natural. Avendaño Uribe et al., s/f).



Figura 1: *Guadua angustifolia* en bosque natural (Generalidades de La Guadua Angustifolia Kunth – Arme Guadua & Bambú, s/f).

Como se mencionó anteriormente para el país la *Guadua angustifolia* resulta ser una especie estratégica para el manejo sostenible de los bosques, por esto, el país cuenta con diversas normativas que velan por el buen manejo de la especie. En el año 1993 mediante la ley 99 se crea el Ministerio de Medio Ambiente, actualmente llamado Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) la cual, mediante el artículo 31 de la ley 99 le da a cada una de las Corporaciones Autónomas regionales la potestad de manejo de guadua en su jurisdicción. Por otra parte, el 4 de octubre de 1996 se aprobó el decreto 1791 el cual establece el régimen de aprovechamiento forestal y dicta al igual que la ley 99 de 1993 como cada corporación reglamentará lo relacionado con los aprovechamientos de especies

forestales y productos forestales no maderables. (Normatividad de La Guadua y Certificación de Bósques, 2013).

El área de estudio será la cuenca del río negro que se encuentra bajo jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), la cual mediante el acuerdo 21 de 2018 y la resolución 2971 de 2017 clasifican el aprovechamiento de *Guadua angustifolia* en doméstico, único y persistente. (Resolución 2971 de 2017, 2017).

Con este panorama nacional en cuanto a normatividad e importancia de la guadua para el país, el trabajo prosigue en las formas de identificación por teledetección. La Teledetección (RS) es una técnica de adquisición de datos que no requiere contacto físico con la escena, mediante el uso de sensores en plataformas aéreas. Estos sensores capturan información en diferentes rangos del espectro electromagnético, incluidos los visibles (VIS), el infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de rango de onda corta (SWIR). (Camacho-Velasco et al., 2015).

A la interacción que tienen los objetos con la luz se le conoce como firma espectral, el cual por medio de técnicas de teledetección es posible detectar y determinar la combinación de bandas más acorde a la respuesta de la luz que se está buscando. La firma espectral de la vegetación se detecta como un pequeño “cambio positivo” de unos pocos puntos porcentuales a partir de 700 nm. Esta firma aparece en la mayoría de los espectros y su fuerza está correlacionada con la fase de la Tierra (tierra visible versus océano visible). (Arnold, 2008).

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) actualmente es la metodología de teledetección más usada para la interpretación de biomasa vegetal y vegetación como tal, este índice resulta ser un indicador del estado del bosque y su “verdor”. Por otra parte, la combinación de bandas para el análisis de vegetación sana en imágenes Landsat es 5,6,2, y para imágenes en Sentinel 3 es 8,11,2 el cual realza el infrarrojo cercano, ya que las plantas y la vegetación como tal, por sus facciones como el diámetro de las hojas y al absorber nutrientes de la radiación solar se representan mejor en tonalidades rojizas (Houborg et al., 2015).

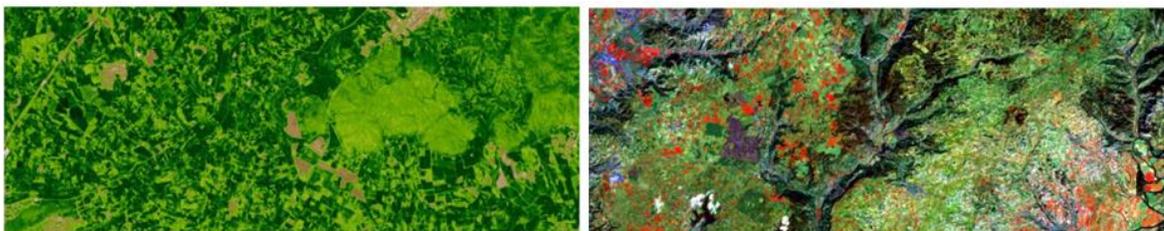


Figura 2: Índice NDVI (Izquierda) y combinación de bandas para vegetación sana

(Derecha) (Combinaciones RGB de imágenes satelitales Landsat y Sentinel, 2017)

Sin embargo, a veces la resolución de la imagen satelital resulta ser muy pequeña y se necesita una mejor resolución, para ello existen formas de modificar el tamaño del pixel, o de realizar un filtro dentro de la imagen que permita sin necesidad de hacer una combinación de bandas identificar elementos del terreno dentro de la imagen. Estas modificaciones se conocen como filtros de paso alto y de paso bajo.

El filtro de paso bajo consiste en pasar todas las frecuencias desde el 0 hasta el punto de corte y elimina las frecuencias encima de este, mientras el filtro de paso alto toma todas las frecuencias desde el punto de corte hasta el infinito, con esto la imagen satelital toma un valor de pixel diferente y es más fácil el analizar el terreno (Matías et al., 2016).

En Colombia se ha trabajado la percepción remota en muchos tipos de trabajos, en uno de ellos se implementó la metodología para cuantificar el índice NDVI en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y calcular una estimación de productividad de la plantación estudiada (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Et al., 1996). Esto se complementa con el trabajo realizado en México para la misma caña de azúcar, donde se utiliza el índice NDVI para ver el estado de salud de la plantación (Aguilar et al., 2010)

Por otra parte, en otros países se ha implementado la percepción remota en la vegetación para crear modelos transferencia radioactiva en copas y detección remota de vegetación (Myneni et al., 1995). Así como para la teledetección de tipos funcionales de plantas dentro de ecosistemas en los que estas se consideran “especies especiales”. (Ustin & Gamon, 2010), o como se viene usando utilizando normalmente la teledetección para monitoreo de vegetación en múltiples temporalidades y escalas espaciales. (Zhang et al., 2021)

8. METODOLOGÍA

La cuenca hidrográfica del río negro se encuentra ubicado al norte del departamento de Cundinamarca, con una extensión de 4235,24 km². Limita al norte con el departamento de Boyacá, al sur con el río Bogotá y al occidente con el río Magdalena. Nace en el municipio de Pacho Cundinamarca y desemboca en el río Magdalena en el municipio de Puerto Salgar, sus paisajes están compuestos principalmente por valles y montañas de la cordillera oriental, así como por presentar problemas de erosión en toda la cuenca. Las características climáticas del río negro varían a lo largo de la cuenca, la altitud va desde los 800 hasta los 3600 msnm, con temperaturas entre los 8 °C a los 26 °C, presenta un régimen de lluvias de tipo bimodal y el promedio anual de precipitación es de 1920 mm(El & Colombiano, s/f).

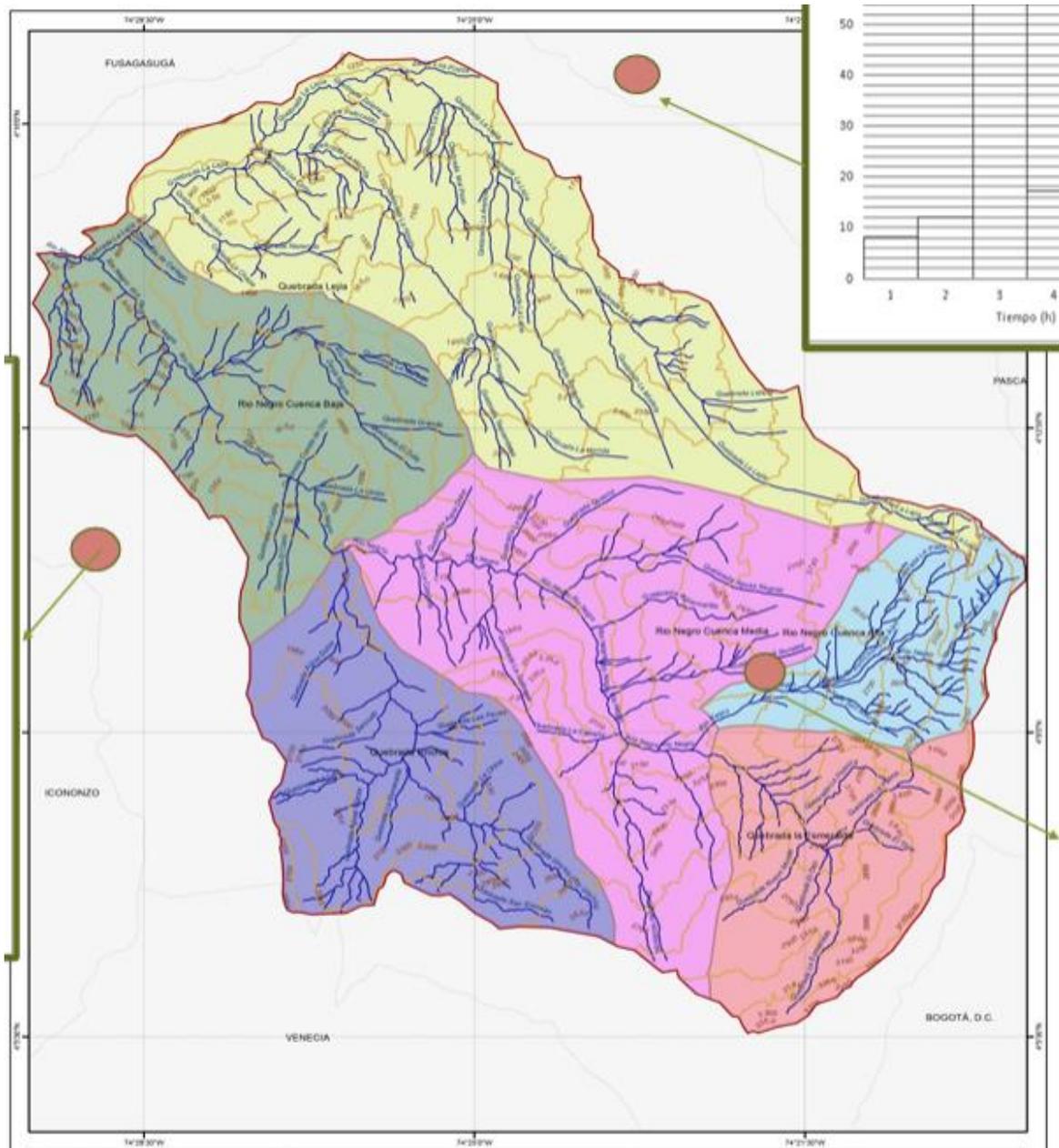


Figura 3: Delimitación de la cuenca del río negro. (García et al., 2016).

Mediante el uso de imágenes satelitales Landsat que se encuentran de manera gratuita en la página de earthdata (<https://search.earthdata.nasa.gov/search>), es posible identificar la cuenca del río negro y poder descargarlas para hacer uso de ellas y crear los resultados del presente trabajo.

El manejo de los datos se realizó mediante dos metodologías, primera, con las imágenes obtenidas en earthdata y utilizando el software ArcGIS, y mediante el uso de herramientas de percepción remota para la identificación de *Guadua spp* dentro de la cuenca y para cada

parche en las que esté presente la especie es necesario crear un polígono que me permita el conteo de áreas.

La segunda, es el análisis espectral de las imágenes previamente obtenidas, utilizando el programa ERDAS, el cual es un software que permite hacer combinaciones de bandas, se planea realizar diferentes tipos de combinación que evidencie la respuesta espectral de *Guadua spp* con respecto al resto de vegetación presente en el río negro.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las imágenes satelitales obtenidas de la cuenca del río negro fue posible realizar varios procesos que indican el estado actual en el que se encuentra la cuenca, usando análisis como el NVDI el cual se utiliza para identificar la vegetación y normalizarla, combinación de banda RGB 5,6,2 que como se mencionó anteriormente es para ver el estado de conservación de la vegetación a lo largo de la cuenca o la implementación de filtros para análisis de coberturas.

Inicialmente a la imagen obtenida fue necesario hacer un proceso de reescalamiento disminuyendo el tamaño del pixel de 30 a 15 metros y reduciendo así mismo el tamaño de los bits del pixel de 16 a 8, con esto se logra una imagen con una mejor resolución que permite detallar las características dentro del el río negro, aun así, como se observa en la figura 4 la resolución de la imagen luego de este tratamiento sigue siendo bastante baja.



Figura 4: Cuenca del río negro con imagen satelital reescalada.

La imagen reescalada al momento de acercarla a una escala mucho más grande para identificar y diferenciar la vegetación de la cuenca no muestra una clara diferencia, por ende, fue necesario crear una imagen con una mejor resolución que resalte las coberturas, este proceso se hizo mediante un filtro de paso alto (Figura 5), el cual es usado normalmente por geólogos y otras áreas para hacer notar más fácilmente las coberturas de una zona.



Figura 5: Cuenca del rio negro en imagen satelital con filtro de paso alto

El filtro de paso alto mejora la resolución de la imagen, sin embargo, esta sigue siendo baja y no se perciben grandes cambios con respecto a la imagen reescalada, por tal razón es necesario hacer una combinación de bandas que resalte el infrarrojo y permita ver el estado de conservación de la vegetación que se ve reflejada en la figura 6, esta resalta la vegetación sana de la cuenca del rio negro, se ubica principalmente en la cuenca alta seguido de la cuenca media, lo cual indica que es un ecosistema alterado.

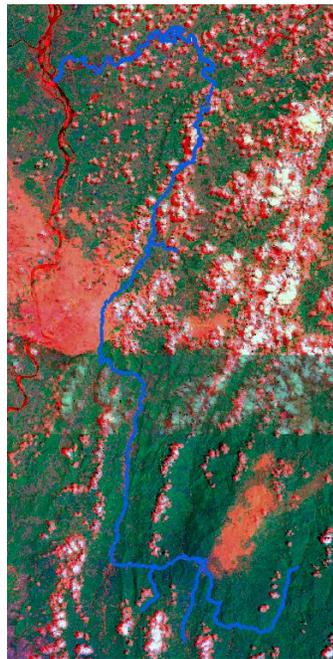


Figura 6: Combinacion RGB para vegetación de la cuenca del rio negro

Por otra parte, utilizando el programa ArcGis se prosiguió a calcular las áreas en las que está presente la *Guadua angustifolia* en la cuenca del río negro, es importante aclarar que para este análisis la imagen satelital no cuenta con la resolución necesario que permita identificar la guadua, por tal motivo, se utilizó la imagen espacial que tiene el programa. Con esto, el cálculo de área de guadua resulta ser de 13,28 ha presentes en el río negro. Este cálculo evidencia que los terrenos y/o las coberturas de la cuenca del río negro es predominando por fincas y la presencia de pequeños bosques de bosque secundario como se puede observar en el anexo 1.

Nombre científico	Bonbre comun	Área (ha)
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,07
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,03
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,16
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,13
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,04
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	1,64
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,04
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,02
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,02
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,03
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,03
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,01
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,13
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,09
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,02
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,76
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,04
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,01
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,02
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,03
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,07
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,50
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,98
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	1,04
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	1,65
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,83
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,34
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,26
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,06
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,06
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,21
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,15
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,82
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,31
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,58
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,16
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,02
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,11
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,09
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,07
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,17
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,02
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,02
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,23
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,26
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,42
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,26
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	0,27
Total		13,28

Tabla 1: Cálculo de áreas de guadua en la cuenca del río negro

La tabla 1 representa la distribución de la guadua en pequeños relictos a lo largo del río negro, es posible inferir que es una especie que a pesar de tener una baja presencia es útil y es aprovechada constantemente por la población.

Las 13,28 ha de *Guadua angustifolia* permiten trazar una ruta en la toma de decisiones que la CAR debe llevar a cabo, recordando que el aprovechamiento de la guadua puede ser de

tres maneras (único, persistente o domestico) y con ello promover medidas silviculturales de enriquecimiento para que esta no se vea mermada y por el contrario sea factible incrementar su población y ayude en el manejo forestal sostenible y se promueva el uso de su madera.

Así mismo, las imágenes satelitales muestran que las coberturas naturales de la cuenca del rio negro están altamente alteradas, estas se caracterizan por la presencia de fincas con grandes pastizales, lo cual indica que la vegetación presente en la zona es de carácter secundario. La parte alta de la cuenca que es la “mejor conservada” no cuenta con las condiciones climáticas favorables para el crecimiento de la guadua, por otra parte, la parte media y baja de la cuenca, en donde la guadua si se puede desarrollar se ve mermada por los dueños de los terrenos.

Ante este panorama resulta complejo plantear un programa de aprovechamiento de la guadua para el rio negro, con este cálculo se puede deducir que únicamente es factible el aprovechamiento de tipo domestico el cual se caracteriza por satisfacer las necesidades vitales de las personas sin que estos se puedan comercializar.

Finalmente es importante mencionar que el rio negro pasa por municipios en los cuales la ganadería se ve muy presente (Guaduas, puerto boyacá), por ende, se necesita de un trabajo en conjunto con las personas y crear iniciativas que promuevan e incentiven el uso y la conservación de la guadua en la región

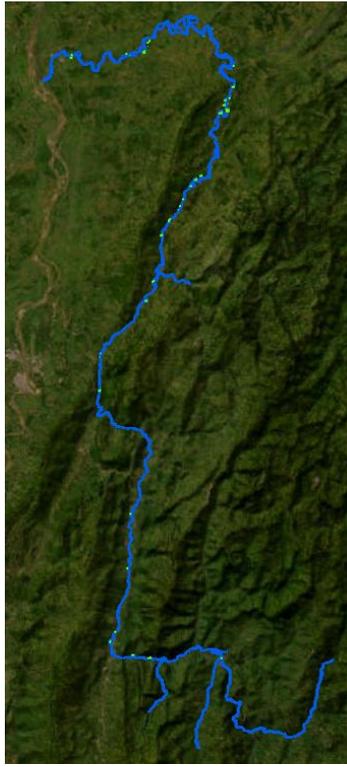
10. CONCLUSIONES

- Las 13,28 de ha de guadua que dio el cálculo de áreas muestra que el ecosistema en el que se encuentra el río negro se ve claramente alterado por la alta presencia de fincas y pocos rastrojos de bosque.
- Los análisis espaciales que se pueden realizar con imágenes satelitales y las maneras de resaltar y mejorar la resolución de estas, resultan ser una herramienta bastante útil para el análisis de coberturas y el estado de las mismas.
- Las diferentes maneras en las que las imágenes satelitales pueden combinar las bandas permiten observar el estado de conservación y el uso del suelo para con ellos poder tomar decisiones de la manera correcta en que esta deba ser usada.
- Se necesita crear una metodología para identificar guadua con imágenes satelitales que tengan mejor resolución y pueda ser visible fácilmente la respuesta espectral con respecto al resto de vegetación, ya que es una especie importante para el país y esta no cuenta con un área estimada.

11. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar este análisis con imágenes espaciales de una mejor resolución que permita el poder diferenciar la guadua del resto de la vegetación alguno de los procesos hechos en este trabajo.
- La Car necesita crear un proyecto que asocie a los campesinos y que promueva el buen uso de la guadua
- Es importante recrear este tipo de análisis para todo el territorio nacional y tener un estimado más acorde a la realidad de cuanta guadua hay en el país y con ellos crear una ruta de decisiones

12. ANEXOS



Anexo 1: Distribucion de guadua en la cuenca del rio negro



Anexo 2: Usos de la *Guadua angustifolia* en el país

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- , P., & Localización De Las Cuencas, D. Y. (s/f). *Delimitación y Localización de las Cuencas Río Cambrás Informe POMCA-001 UT DIAGNÓSTICO, PROSPECTIVA Y FORMULACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO NEGRO.*
- Aguilar, N. ;, Galindo, G. ;, Fortanelli, J. Y., & Contreras, C. (2010). *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria Sugarcane NDVI from Huasteca Potosina* (Vol. 14, Issue 2).
- Avenidaño Uribe, B. E., Díaz Ariza, L. A., García Prieto, A. L., Sandoval Rivera, W. H., & Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (s/f). *A producir guadua en Cundinamarca la guadua de Cundinamarca : el retorno verde.*
- Camacho-Velasco, A., Vargas-Garcia, C. A., Rojas-Morales, F. A., Castillo-Castelblanco, S. F., & Arguello-Fuentes, H. (2015). Applications and challenges of hyperspectral remote sensing in the Colombian geology/Aplicaciones y retos del sensado remoto hiperespectral en la geología colombiana/Aplicacoes e desafios do sensoriamento remoto hiperespectral na geologia colombiana. *Revista Facultad de Ingeniería*, 24(40), 17–30.
<https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&issn=01211129&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA459075103&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria., F., Peñaranda Mallungo, L. A., Velásquez Vargas, W. L., & Díaz Báez, S. A. (1996). Corpoica : ciencia y tecnología agropecuarias : revista de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. En *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (Vol. 16, Issue 1). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062015000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- El, ", & Colombiano, B. (s/f). 4. *LA GUADUA ANGUSTIFOLIA.*
- García, M. O., Gironza, J. M., Grande, F. M., Jimenez, J. E., Moreno, F., & Esquivel, J. (2016). *CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y MODELO HIDROLÓGICO DE RÍO NEGRO, UBICADO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO SUMAPAZ.*
- Generalidades de la Guadua Angustifolia Kunth - Arme Guadua & Bambú.* (s/f). Recuperado el 18 de septiembre de 2022, a partir de
<https://agb.com.co/generalidades-de-la-guadua-angustifolia-kunth/>

- Matías, E., Morales, B., Alejandro, M., Saldías, S., Para, S., Al, O., & De, T. (s/f). “ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE FILTROS ACTIVOS” *Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas-Chile.*
- Myneni, R. B., Maggion, S., Iaquinta, J., Privette, J. L., Gobron, N., Pinty, B., Kimes, D. S., Verstraete, M. M., & Williams, D. L. (1995). Optical remote sensing of vegetation: Modeling, caveats, and algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 51(1), 169–188. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)00073-V](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)00073-V)
- Neinavaz, E., Schlerf, M., Darvishzadeh, R., Gerhards, M., & Skidmore, A. K. (2021). Thermal infrared remote sensing of vegetation: Current status and perspectives. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102, 102415. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2021.102415>
- Normatividad de la guadua y certificación de bosques.* (2013). Recuperado el 18 de septiembre de 2022, a partir de <https://es.slideshare.net/vivaguadua2011/normatividad-de-la-guadua-y-certificacin-de-bsques>
- resolucion 2971 de 2017.* (2017).
- Ustin, S. L., & Gamon, J. A. (2010). Remote sensing of plant functional types. *New Phytologist*, 186(4), 795–816. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8137.2010.03284.X>
- Zhang, Y., Migliavacca, M., Penuelas, J., & Ju, W. (2021). Advances in hyperspectral remote sensing of vegetation traits and functions. *Remote Sensing of Environment*, 252, 112121. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2020.112121>