

CARBONO CONTENIDO EN LAS COBERTURAS BOSCOSAS DE LA MICROCUENCA LA HERMOSA (LA PALMA CUNDINAMARCA)

SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN PROMAFOR
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA FORESTAL

Autores: Victoria Romero Buitrago – vromerob@correo.udistrital.edu.co
Camilo Eleazar Sabarain Villa Sacristan – camilitoster@gmail.com

Director: Max Alejandro Triana Gómez

PALABRAS CLAVE

Carbono, Coberturas boscosas, UVA (Vehículo aéreo no tripulado), Florístico, Ecuaciones alométricas.

La presente propuesta permite dar solución a una gran cantidad de problemáticas del sector forestal relacionadas con el análisis de coberturas a escala detallada y la aplicación de metodologías de caracterización y estimación de carbono con el uso de la tecnología económica y de gran utilidad como son los UAV.

CONTEXTO

Se estima que los bosques tropicales pueden contener en su biomasa aérea hasta un 60% o más del total de las reservas de carbono en la vegetación, sin embargo son limitados los estudios relacionados con la distribución de biomasa y estimación de carbono (Sierra *et al.*

2007).

De acuerdo con Clark & Clark (2000), las diferencias en aspectos biofísicos y niveles de intervención antrópica hacen que el carbono almacenado en los bosques tropicales tengan una alta variabilidad.

La zona de estudio está clasificada como un

hotspot (Pérez & Díaz, 2010), el cual es considerado valor objeto de conservación debido a sus características de riqueza biológica, altos niveles de endemismo y fuertes presiones antrópicas.

JUSTIFICACIÓN

La estimación y monitoreo de carbono en los ecosistemas tropicales aportan insumos para mitigar y controlar algunos de los factores asociados al cambio climático (Rueda, 2011), a través de los cuales se puede llegar a conocer de antemano el potencial de carbono que puede ser liberado a la atmósfera o conservado en determinada superficie. Igualmente, el monitoreo es la base para la generación de proyectos de pago por servicios ecosistémicos, los cuales buscan garantizar la conservación de los bosques, mediante el reconocimiento económico de las externalidades positivas.

Debido a que los cálculos o estimaciones de carbono son complejos para zonas donde las

coberturas boscosas son heterogéneas, el presente proyecto buscó aumentar la precisión de las estimaciones de carbono, implementando el uso de un UAV, como herramienta para clasificar los diferentes tipos de coberturas con un mayor detalle, con el fin de optimizar el muestreo, para obtener una menor variabilidad de los datos obtenidos en campo.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

Se ha evidenciado que el incremento en las temperaturas globales podría estar ligado al aumento de las concentraciones de gases efecto invernadero en especial el CO₂, ya que, a medida que se incrementan sus concentraciones en la atmósfera se han registrado mayores temperaturas medias y máximas (Gutiérrez, 2010). Como consecuencia, han surgido estrategias para reducir las concentraciones de gases como el CO₂, algunas de estas consisten en conservar

y aumentar las masas boscosas, debido a su capacidad de fijar CO₂ en forma de biomasa.

El objetivo principal de la presente investigación fue estimar el contenido de carbono de las diferentes coberturas boscosas pertenecientes a la microcuenca La Hermosa del municipio La Palma Cundinamarca, a partir de aplicación de ecuaciones alométricas y con base en cartografía generada por UAV, los objetivos generales fueron: (1) Proponer una metodología que permita realizar el levantamiento cartográfico de las coberturas vegetales usando un UAV (Vehículo aéreo no tripulado), (2) Realizar la caracterización, descripción y ajuste cartográfico requerido de las coberturas boscosas, de manera que puedan ser aplicadas metodologías estándar de cuantificación de carbono, y por último, (3) Comparar las cantidades almacenadas de carbono en las diferentes coberturas boscosas obtenidas a partir de la aplicación de ecuaciones alométricas.

Área de Estudio

La microcuenca la Hermosa se encuentra ubicada en el municipio de la Palma (Departamento de Cundinamarca-Colombia), su localización es 5°17'4.08" Norte y 74°21'1.95" Oeste, cuenta con una temperatura promedio de 21,7°C, precipitación promedio de 2.450 a 2.550 mm y está clasificada como Bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).

Esta microcuenca cuenta con un área de 286,44 hectáreas y es afluente del río Murca, que a la vez es afluente del Río Negro y a la macrocuenca del Río Magdalena. Se caracteriza por tener un relieve de crestas-escarpes mayores y crestones.

Por otra parte, la microcuenca ha estado sometida a una presión antrópica constante, ya que en esta se presentan niveles de degradación y deforestación, causados principalmente por la ganadería en zonas de

ladera e inadecuadas prácticas agrícolas (Alcaldía Municipal de La Palma, 2012)

Metodología

Esta investigación fue de tipo descriptivo-experimental debido a que se realizó una estimación de carbono basada en investigaciones y metodologías previas mediante análisis cuantitativos (aplicación de ecuaciones alométricas) en diferentes

coberturas boscosas y se propuso una metodología para levantamiento cartográfico a escala detallada utilizando UVA (Vehículo aéreo no tripulado). En la Figura 1 se presenta el proceso metodológico en términos generales.

Resultados

Como primer resultado se planteó la metodología para la realización del

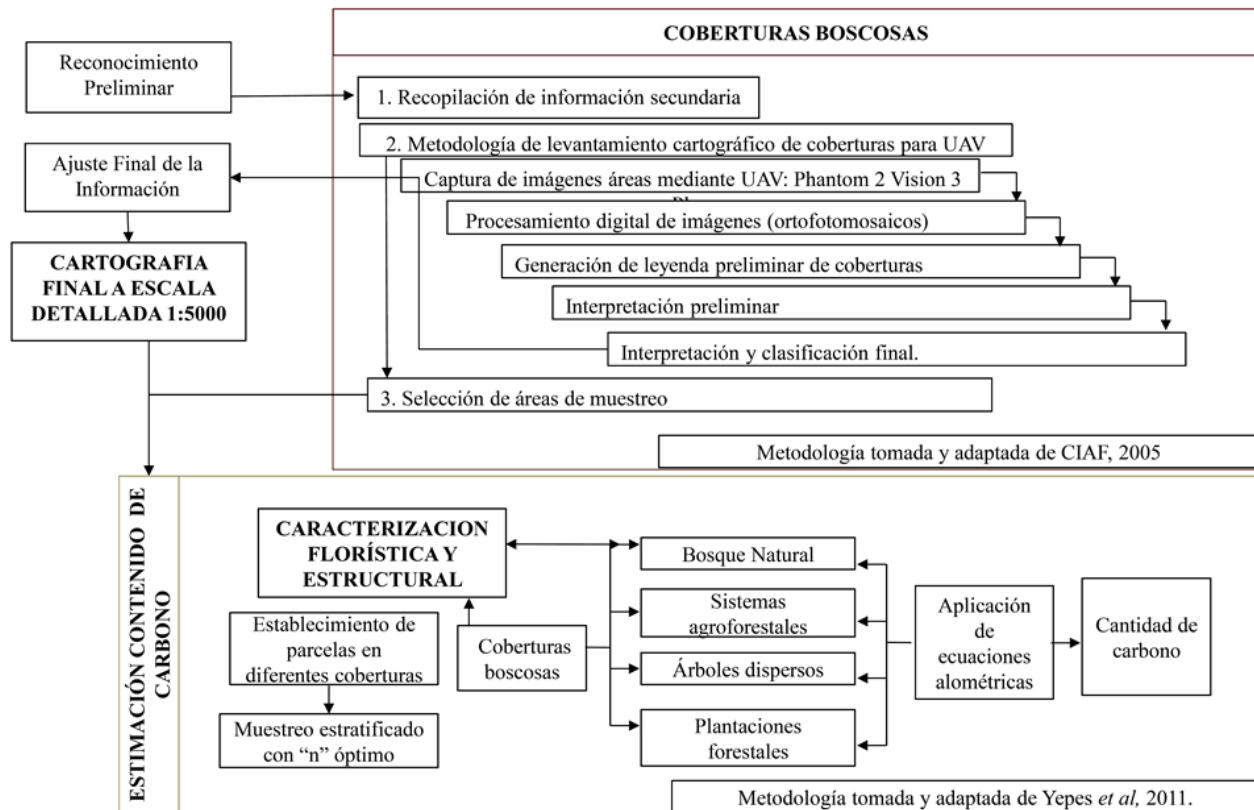


Figura 1. Proceso metodológico aplicado
Fuente: Villa y Romero 2015

levantamiento cartográfico con UAV la cual consistió inicialmente en la generación de las ortofotos donde utilizó el programa Agisoft PhotoScan (Version 1.0.4), donde se siguió la siguiente secuencia lógica: (1) Alineación fotos, (2) Construcción de nube y malla de puntos, (3) Textura a malla de puntos, (4) Generación de puntos control en la ortofotografía, (5) Optimización en la generación de ortofotografías, (6) Imágenes tipo raster para programa ArcGis y por último (7) validación mediante mediciones en campo y en oficina en las cuales no se encontró diferencias a estas medidas superiores a 5 cm.

Para la generación de las ortofotos se tomaron 11.220 aerofotografías con un total de 67 vuelos, los cuales se planificaron en la aplicación DJI VISION (Versión 1.0.58), teniendo en cuenta la identificación de las zonas de vuelo a cartografiar en donde se generaron diversos puntos de control tomados con GPS que facilitaron la georreferenciación

y ortofotorectificación.

Posteriormente, se realizó la interpretación de las coberturas de la microcuenca a escala 1:5.000, donde se identificaron 22 tipos de cobertura, siendo el bosque fragmentado con vegetación secundaria el que se encuentra en mayor porcentaje (17,03%), seguida de vegetación secundaria alta con un 14,98% y con menor proporción café con tan solo 0,12% correspondiente a 3.420 m².

A partir de dicha información cartográfica, se desarrollaron los objetivos 2 y 3 en los cuales se definieron las coberturas boscosas de interés: Bosque natural-Bosque Fragmentado con vegetación secundaria, plantaciones forestales, pastos arbolados y sistemas agroforestales; se aplicó un muestreo estratificado con "n" óptimo, para determinar el número de parcelas (33 parcelas) teniendo en cuenta el área muestreable de cada cobertura y con ello se

procedió a estimar el carbono por cobertura carbon. En la Tabla 1 se encuentran los aplicando la metodología de estimación de modelos alométricos empleados.

Tabla 1: Modelos alométricos empleados para el cálculo de biomasa aérea en las coberturas boscosas.

Componente Biomasa aérea	Ecuación	Fuente
Bosques naturales para Fustales y Latizales	$BA = EXP \left((-2.289) + (0.932 \times (\ln(D^2 \times H \times \rho))) \right)$	Yepes <i>et al</i> 2011. Colombia
Bosques naturales para brinzales	$CH = (Po - Ps) / Po$ $B = Pf - (Pf \times CH)$	Yepes <i>et al</i> 2011. Colombia
Plantación Forestal Pino patula	$BA = 5.338 + (0.018635) \times DAP^2 \times H$	Figuroa, Pérez, Velásquez, & Posadas, 2010. Mexico
Plantación Forestal Eucalipto	$BA = 1.22 \times DAP^2 \times H \times 0.01$	Senelwa & Sims, 1998.
Árboles en coberturas pastos arbolados	$\ln B = -8.83 + (1.8979 \times \ln D) + (0.6191 \times \ln H)$	Ruiz, 2002. Nicaragua
Arbustos en coberturas pastos arbolados	$BA = EXP((2.4128 \times \ln D) - 1.9968)$	Nelson <i>et al.</i> , 1999
Sistemas agroforestales	$\log_{10} BA = -0.834 + 2.223 (\log_{10} DAP)$	(Segura, Kanninen, & Suárez, 2006)

BA: Biomasa aérea (kg árbol⁻¹ para bosque natural y árboles dispersos y kg para las demás coberturas), D o DAP: diámetro a la altura del pecho (cm), H: Altura total (m), ρ: Densidad básica (gr/cm³), CH: Contenido de humedad (%), Po: Peso húmedo antes de secado (g), Ps: Peso seco (g), Pf: Peso húmedo en campo (g), G: área basal (cm²).
Fuente: Villa y Romero 2015

Se identificaron 47 familias, 69 géneros y 86 especies en 0.2 ha muestreadas, la familia más abundante fue MELASTOMATACEAE, seguido de la familia ADOXACEAE Y RUBIACEAE y las especie *Syzygium jambos* (L.) Alston es la que más carbono contiene en su biomasa (4.35TnC/ha) seguida de *Cinnamomum cf. triplinerve* (Ruiz & Pav.) Kosterm (4.2 TnC/ha), y de *Rhus striata* (Ruiz & Pav.) Kuntze (3.42 TnC/ha). Se estimó que la cobertura con más

contenido de carbono fué Bosque natural: bosque fragmentado con vegetación secundaria con 51,28 tnC/ha, presenta un valor bajo con relación a lo reportado por Phillips J. *et al.* (2011) - 106 tnC/ha, no obstante Orrego & del Valle (2003) reporta un valor más próximo a lo obtenido 46,5-51,89 tnC/ha.

Las plantaciones de *Pinus* sp. y *Eucalyptus* sp. almacenan unos niveles significativos de carbono 12,5 tnC/ha y 17,7 tnC/ha

respectivamente. Para pastos arbolados se observó una relación directa entre el volumen y la cantidad de carbono almacenada, en el caso de sistemas agroforestales se reporta en literatura datos que van desde 14,0 a 52,0 tnC/ha, según lo expuesto por Kursten & Burschel (1993), lo anterior estaría de acuerdo con lo estimado para la microcuena (16,9 tnC/ ha). Ver Tabla 2.

Tabla 2: Cantidad de carbono en las coberturas boscosas de la microcuena la Hermosa

Cobertura Boscosa	Área de coberturas en la microcuena (ha)	Intensidad de muestreo*	Valor promedio de Carbono por hectárea tn C/ha**	Carbono almacenado para el área de la microcuena tn C/288.6 ha
Bosque natural: Bosque fragmentado con vegetación secundaria	48.84	0.41	51.28	2504.31
Plantación Forestal de Pino patula	0.58	12.95	12.48	7.23
Plantación Forestal de Eucalipto	0.91	8.28	17.66	15.99
Pastos arbolados	5.79	1.78	1.68	9.71
Sistemas agroforestales	2.54	2.95	16.90	43.00

Fuente: Villa y Romero 2015

Conclusiones

Al realizar el levantamiento cartográfico a escala detallada, se generó información confiable que permitió enriquecer y o

complementar metodologías estándar como la leyenda Corine Land Cover.

El levantamiento de cartografía con UAV-

Phantom 2 V3 ofrece múltiples ventajas, con respecto a los métodos tradicionales ya sean imágenes satelitales o fotografías aéreas, dentro de las ventajas podemos encontrar: bajo costo en la adquisición de la información cartográfica, alta resolución espacial de las imágenes obtenidas, posibilidad de levantamiento de información aun con condiciones de alta nubosidad, información reciente, capacidad de seleccionar el momento adecuado de la toma de la información.

El carbono estimado para la cobertura de bosque natural (bosque fragmentado con vegetación secundaria), fue inferior a lo reportado por diversos estudios en condiciones similares, esto podría explicarse por dos razones: inicialmente el alto grado de afectación antrópica con fines agrícolas o agropecuarios observados en la Microcuenca y por el mayor nivel de detalle y precisión utilizado en éste trabajo que conlleva a una reflexión en términos de las metodologías de

estandarización utilizadas.

Para el logro de una correcta interpretación de las coberturas y su relación en la dinámica de ocupación del territorio se requieren estudios más detallados, principalmente en ámbitos sociales y económicos, con el fin de que estas sean viables en diferentes aspectos, sin embargo, consideramos que la aproximación lograda representa un gran aporte para futuros estudios de valoración de servicios ecosistémicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Municipal de La Palma. (2012).** *Plan de Desarrollo Municipal. «Cambio para progresar»*. Recuperado de: <http://lapalma-cundinamarca.gov.co>.
- Clark, D. B., & Clark, D. a. (2000).** *Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest*. *Forest Ecology and Management*, 137(1-3), 185-

- 198.
- Gutiérrez, E. (2010).** *Efectos de los aumentos de CO₂ en la temperatura del aire y la disponibilidad de nitrógeno en plantas de Trigo (*Triticum aestivum* L.).* Universidad de Salamanca. 246.
- Kursten, E., & Burschel, P. (1993).** *CO₂-Mitigation by agroforestry* *Water, Air and Soul.* Pollution, 70, 533-544.
- Orrego, S., & del Valle, I. (2003).** *Existencias y tasas de crecimiento neto de la biomasa y del carbono de los bosques primarios intervenidos y secundarios.* Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia., 215-241.
- Pérez, M., & Díaz., J. (2010).** *Estimación del carbono contenido en la biomasa forestal aérea de dos bosques andinos en los departamentos de Santander y Cundinamarca.* Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá.
- Phillips, J., Duque, A., K. Cabrera, Yepes, A., Navarrete, D., García, M., ... Vargas, D. (2011).** *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia.* Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales- IDEAM-. Bogota, Colombia
- Rueda, J. (2011).** *Modelación dinámica del carbono en la biomasa de bosques del norte de los andes usando modelo Century.* Universidad Nacional de Colombia., 46.
- Sierra, C. a., del Valle, J. I., Orrego, S. a., Moreno, F. H., Harmon, M. E., Zapata, M., ... Benjumea, J. F. (2007).** *Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia.* Forest Ecology and Management, 243(2-3), 299-309.
- Yepes, A., Navarrete, D., Duque, A., Phillips, J., Cabrera, K., Álvarez, E., & Ordoñez, M. (2011).** *Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia.* IDEAM. Bogotá D.C., Colombia.