

¿Pueden las imágenes de muy alta resolución espacial mejorar las estimaciones de biomasa aérea de los bosques tropicales?

GABRIELA REYES-PALOMEQUE

Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad de Recursos Naturales
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).
Calle 43, No. 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo,
97205, Mérida, Yucatán, México.
gab.palomeque@gmail.com

Los bosques tropicales tienen un papel importante en la mitigación del cambio climático, ya que son considerados grandes almacenes de carbono. Por lo que es necesario estimar la biomasa aérea de manera precisa para conocer cuánto carbono están almacenando. Para el estudio de la vegetación es común utilizar la información espectral de las imágenes ópticas a través de los llamados índices de vegetación. Actualmente, contamos con imágenes que tienen una información espacial muy buena en la que podemos observar con gran detalle características de la vegetación ¿te imaginas una imagen donde puedas observar hasta las ramas de un árbol?

Palabras clave: Biomasa vegetal, cambio climático, carbono, imágenes ópticas, resolución espacial.

Durante muchos años nuestros bosques tropicales han estado sujetos a cambios ocasionados por procesos de deforestación y degradación inducidos principalmente por las actividades humanas (Lanly, 2003). Dentro de estos cambios se incluye la disminución de la biodiversidad existente en ellos, así como de los bienes y servicios de los que nosotros como seres humanos nos beneficiamos.

El estudio de los bosques tropicales es muy importante, pues son fundamentales como una estrategia de mitigación del cambio climático y la razón es que, a nivel mundial, estos ecosistemas son considerados como grandes reservas de carbono (Locatelli *et al.*, 2009). De todo el peso de un árbol (biomasa), cerca del 50% corresponde a carbono. La biomasa de un árbol, tiene dos componentes; subterráneo, por debajo del suelo (conocido como biomasa hipogea) y aéreo, por

encima del suelo (conocido como biomasa epigea). La biomasa aérea incluye componentes de los árboles tales como; troncos, ramas, hojas y estructuras reproductivas (flores, frutos, semillas), así como la parte aérea de otras formaciones de crecimiento como; palmas, lianas y arbustos (Keeling y Phillips, 2007). Es precisamente, la biomasa aérea, el componente que durante muchas décadas ha tenido grandes pérdidas, las cuales, han sido ocasionadas principalmente por la presión de las actividades humanas. Ante esto, existe la posibilidad de generar estrategias para atacar directamente el cambio climático, ya sea reduciendo las emisiones de carbono (deforestación y degradación) de los bosques generadas por las actividades humanas o incrementando las absorciones (sumideros de carbono).



Figura 1. A. Deforestación por incendios en un Bosque de la Amazonía, Brasil 2010. B. Imagen de muy alta resolución espacial de 6 cm por píxel. ¿Qué puedes observar? (A. Tomada de: <http://www.ens-newswire.com/ens/dec2010/2010-12-01-01.html>).

Existen diferentes formas de estimar la biomasa aérea de un bosque en campo, algunas son muy laboriosas, entre ellas se incluye un método denominado directo, que implica cortar los árboles, secarlos y pesarlos. También hay otras formas de estimar la biomasa aérea que utilizan funciones matemáticas conocidas como ecuaciones alométricas las cuales utilizan mediciones directas de los árboles, tales como el diámetro del tronco a una altura determinada, la altura o la densidad de la madera.

Tener buenas estimaciones de biomasa aérea a grandes escalas es un aspecto muy importante en la mitigación del cambio climático, pues es necesario saber cuánto carbono se podría estar liberando a la atmósfera ante un disturbio (Figura 1A). Sin embargo, desde hace varios años, se han empleado herramientas de percepción remota (Lanly, 2003), las cuales, han demostrado ser primordiales en el estudio de los bosques, principalmente en la estimación de la biomasa aérea de los bosques tropicales, sobre todo en zonas en donde el acceso es muy complicado y en ocasiones imposible.

Desde el registro de la primera fotografía aérea en 1909, hasta la mejora de la óptica de los sensores en la Segunda Guerra Mundial y el establecimiento de plataformas espaciales, por organizaciones como la NASA y la Agencia

Espacial Federal Rusa (FKA), las imágenes ópticas han tenido una gran evolución (Chuvieco, 1996). En la actualidad existe una gran variedad de imágenes que se pueden utilizar en la estimación de la biomasa aérea, dentro de las que se ven inmersas diferentes características como las resoluciones espectrales, espaciales o radiométricas. Y éstas características, dependen de la capacidad que tengan los sensores que se encuentran en las plataformas (aviones, drones y satélites) para recibir la información de la superficie.

La necesidad de contar con una mayor calidad de las imágenes ópticas que permitan obtener una mayor información de la cubierta terrestre, ha generado que tales características varíen a lo largo del tiempo. En el caso de la biomasa aérea, es indispensable contar con productos que permitan obtener el menor error posible en su estimación.

Uno de los aspectos más importantes utilizados para estudiar la biomasa aérea que si bien es un tema que ha sido abarcado por muchos autores, es la resolución espectral, para estimar la biomasa aérea son utilizados los denominados y ya conocidos índices de vegetación y para su cálculo son consideradas las diferentes bandas espectrales que componen a las imágenes (banda roja, verde, azul e infrarrojo medio). Estudios han concluido

que generalmente, los índices de vegetación calculados con la banda roja e infrarrojo medio, permiten obtener una gran precisión en la biomasa aérea. Sin embargo, algunos índices tienen un gran problema denominado “saturación” cuando son calculados en zonas en donde la concentración de biomasa es muy alta por lo que las estimaciones tienden a tener una mayor incertidumbre y esto contribuye a errores sustanciales cuando lo que queremos hacer es estimar el carbono que posiblemente podría estar almacenado en los bosques tropicales y el que podría estarse liberando a la atmósfera por actividades humanas como la deforestación y los incendios (Houghton, 2009).

En la actualidad existen sensores que tienen la capacidad de proveer imágenes con una resolución espacial mucho más fina, que permite observar todo lo que existe en la superficie de una forma muy detallada (Figura 1B). Estas imágenes pueden ser obtenidas a través de vuelos realizados por aviones o drones y cuentan con información espectral que puede ser también utilizada en los análisis de percepción remota. Estudios han demostrado que su implementación, promete obtener estimaciones más precisas de la biomasa de los bosques (Sarker y Nichol, 2011). A estos productos se les conoce como imágenes de muy alta resolución espacial (Very High Spatial Resolution Imagery por sus siglas en inglés) y se caracterizan porque un píxel (unidad más pequeña de la imagen) mide menos de 1 metro, lo que permite tener un nivel de detalle mucho más fino de la cobertura de la vegetación (Boyd y Danson, 2005).

En un principio, este tipo de imágenes surgieron como apoyo a los inventarios forestales debido al tamaño de sus píxeles que permitían diferenciar muy bien los objetos (Figura 2). En estas imágenes es posible tener una mayor precisión en la diferenciación de los componentes de los

árboles. Es decir, podremos ver las ramas y copas de los árboles con un gran detalle, los cuales estarán conformados por una gran cantidad de píxeles. Sin embargo, cuando se incrementa la resolución espacial, también se incrementa la cantidad de información que tenemos que procesar. Para poder analizar estas imágenes, ya no sólo se usan los índices de vegetación aprovechando la información espectral, sino también son aplicadas otras técnicas, dentro de las que se encuentran, las medidas o análisis de textura (Haralick *et al.*, 1973). La aplicación de la textura es una de las mejores alternativas cuando se requiere estimar biomasa aérea en lugares donde su concentración es muy alta y los índices de vegetación presentan saturación. La textura permitirá medir la variabilidad de los valores de reflectancia de cada uno de los píxeles distribuidos dentro de la imagen a través de una matriz de co-ocurrencia (Haralick *et al.*, 1973). Esta matriz permitirá conocer la distribución espacial de las variaciones de los diferentes tonos de grises dentro de cada una de las bandas que componen a las imágenes. De esta forma se evalúa la relación espacial que cada píxel mantiene con sus píxeles vecinos dentro de un tamaño de ventana asignado (Trianni, 2006). Ya que en estos productos ópticos, se tienen píxeles muy pequeños representando los componentes de ramas, copas y sombras de los árboles, lo que permitirá relacionarlo con valores de biomasa aérea que son obtenidos a través de inventarios realizados en campo. La implementación de imágenes de muy alta resolución han tenido un gran éxito en el estudio de diversos tipos de bosques tropicales, sobre todo porque la calidad de la información extraída de las medidas de textura ha demostrado que pueden proporcionar información muy precisa de las características de la cobertura de los

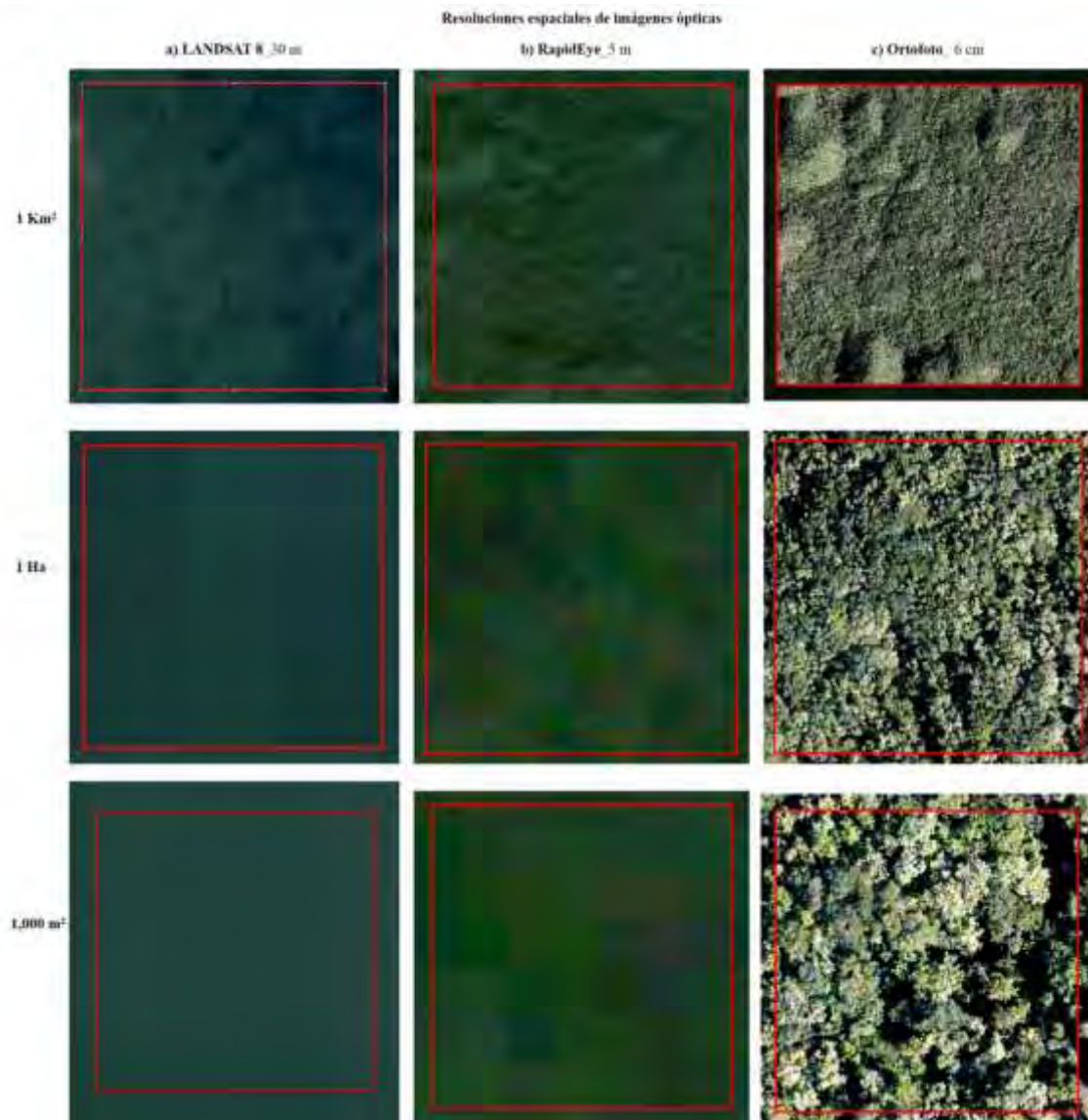


Figura 2. Visualización de la vegetación de una selva mediana subcaducifolia a 1 km², 1 Ha y 1000 m² con imágenes ópticas de diferentes resoluciones espaciales. Los incisos **a)** y **b)** son productos de sensores en plataformas satelitales, mientras que el inciso **c)** corresponde a una fotografía aérea.

árboles como las hojas, ramas o la vegetación que se encuentra en los huecos de los bosques (Couteron *et al.*, 2005).

Existen estudios como el de Sarker y Nichol (2011) en donde se demuestra que la aplicación de los análisis de textura en las imágenes de mediana resolución puede incrementar la precisión en la estimación de la biomasa aérea. Esto es debido a que las imágenes de medianas resoluciones tienen un tamaño de píxel en

donde no es posible observar características individuales de los árboles (por ejemplo, las imágenes de Landsat que tienen un píxel con un tamaño de 30 metros), pues este corresponde a un promedio tanto de la cobertura, el sotobosque, el agua y las sombras de la vegetación que se encuentra dentro del píxel. Por lo que, es muy probable que la implementación de las medidas de textura en imágenes con un nivel de detalle muy

fino, se pueden obtener mejores resultados de este atributo de la vegetación. Esto es muy importante debido a que es necesario conocer cuáles son las herramientas adecuadas para el estudio de la vegetación, y cuál puede ser la mejor técnica para aprovechar la información contenida en ellas. Esto permitirá reducir el riesgo a ofrecer estimaciones erróneas de la cantidad de biomasa aérea que existe en una determinada y sobre todo, de la cantidad de carbono que un bosque tropical es capaz de almacenar en cualquier área.

Referencias

- Boyd D.S. y Danson F.M. 2005.** Satellite remote sensing of forest resources: Three decades of research development. *Progress in Physical Geography* 29: 1–26.
- Chuvieco S.E. 1996.** *Fundamentos y teledetección espacial*. 2º edición, ed. RIALP S.A. Madrid, España. 224 pp.
- Couteron P., Pelissier R., Nicolini E.A. y Paget D. 2005.** Predicting tropical forest stand structure parameters from Fourier transform of very high resolution remotely sensed canopy images. *Journal of applied ecology* 42: 1121–1128.
- Haralick R.M. y Shanmugam K. 1973.** Textural features for image classification. *IEEE. Transactions on systems, man, and cybernetics*, 3: 610–621.
- Houghton R.A., Hall F. y Goetz S.J. 2009.** Importance of biomass in the global carbon cycle. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 114: 1–13.
- Keeling H.C. y Phillips O.L. 2007.** The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 618–631.
- Lanly J. 2003.** Los Factores de la Deforestación y de la Degradación de los Bosques. Recuperado de <http://www.fao.org/-DOCREP/-ARTICLE/WFC/XII/MS12A-S.HTML> (07 Diciembre 2017).
- Locatelli B.K., Brockhaus M., Colfer M., Murdiyarso C.J.P. y Santoso H.D. 2009.** *Ante un futuro incierto: Cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático* (No. 5). CIFOR. Bogor Barat 16115, Indonesia. 104 pp.
- Sarker L.R. y Nichol J.E. 2011.** Improved forest biomass estimates using ALOS AVNIR-2 texture indices. *Remote Sensing of Environment* 115: 968–977.
- Trianni G. 2006.** *Introduzione al telerilevamento per l'osservazione della terra*. Dispense. Università degli Studi di Pavia, Facoltà di ingegneria-Dipartimento di elettronica. Pavia, Italia. 250 pp.

Desde el Herbario CICY, 9: 216–221 (23-NOVIEMBRE-2017), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano y Lilia Lorena Can Itza. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 23 de noviembre de 2017. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.