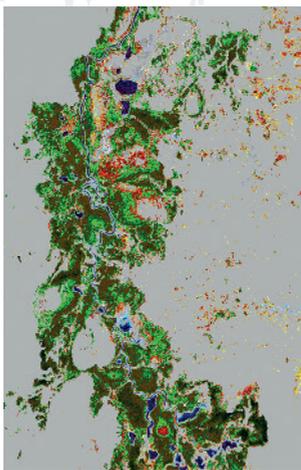
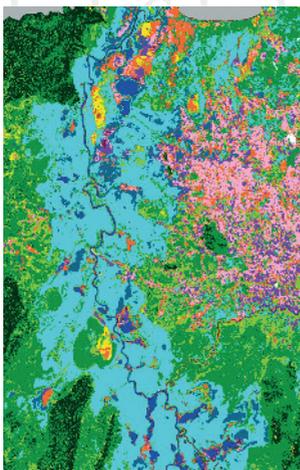
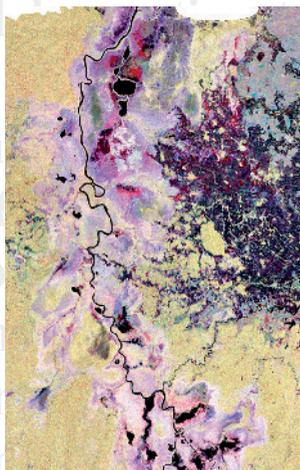
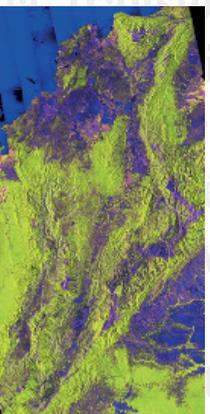
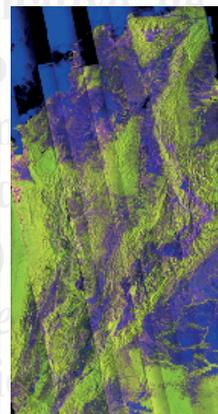


BIOTA COLOMBIANA

ISSN 0124-5376
DOI 10.21068/c001

Volumen 17 • Suplemento 1 - Humedales • Julio de 2016



Comunidad de peces de la ciénaga de Paredes, Magdalena medio, Santand...
(Colombia) y su conservación con vegetación acuática temporal...
Conservación *ex situ* de vegetación acuática de humedales de la Sabana d...



Biota Colombiana es una revista científica, periódica-semestral, que publica artículos originales y ensayos sobre la biodiversidad de la región neotropical, con énfasis en Colombia y países vecinos, arbitrados mínimo por dos evaluadores externos y uno interno. Incluye temas relativos a botánica, zoología, ecología, biología, limnología, pesquerías, conservación, manejo de recursos y uso de la biodiversidad. El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del (los) autor (es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. El proceso de arbitraje tiene una duración mínima de tres a cuatro meses a partir de la recepción del artículo por parte de *Biota Colombiana*. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Biota Colombiana incluye, además, las secciones de Artículos de datos (*Data papers*), Notas y Comentarios, Reseñas y Novedades Bibliográficas, donde se pueden hacer actualizaciones o comentarios sobre artículos ya publicados, o bien divulgar información de interés general como la aparición de publicaciones, catálogos o monografías que incluyan algún tema sobre la biodiversidad neotropical.

Biota colombiana is a scientific journal, published every six months period, evaluated by external reviewers which publish original articles and essays of biodiversity in the neotropics, with emphasis on Colombia and neighboring countries. It includes topics related to botany, zoology, ecology, biology, limnology, fisheries, conservation, natural resources management and use of biological diversity. Sending a manuscript, implies a the author's explicit statement that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Biota Colombiana also includes the Notes and Comments Section, Reviews and Bibliographic News where you can comment or update the articles already published. Or disclose information of general interest such as recent publications, catalogues or monographs that involves topics related with neotropical biodiversity.

Biota Colombiana es indexada en Pubindex (Categoría A2), Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's y Ebsco.

Biota Colombiana is indexed in Pubindex (Category A2), Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's and Ebsco.

Biota Colombiana es una publicación semestral. Para mayor información contáctenos / **Biota Colombiana** is published two times a year. For further information please contact us.

Información

humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota
biotacol@humboldt.org.co
www.sibcolombia.net

Comité Directivo / Steering Committee

Brigitte L. G. Baptiste Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
 José Carmelo Murillo Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
 Francisco A. Arias Isaza Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - Invemar
 Charlotte Taylor Missouri Botanical Garden

Editor / Editor

Carlos A. Lasso Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Editora invitada / Guest Editor

Úrsula Jaramillo Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Editor Datos / Data Papers Editor

Dairo Escobar Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Coordinación y asistencia editorial / Coordination and Editorial assistance

Susana Rudas Ll. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Asistencia editorial / Editorial assistance

Paula Sánchez-Duarte Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Traducción / Translation

Donald Taphorn Universidad Nacional Experimental de los Llanos, Venezuela

Comité Científico - Editorial / Editorial Board

Adriana Prieto C. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
 Ana Esperanza Franco Universidad de Antioquia
 Arturo Acero Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe
 Cristián Samper WCS - Wildlife Conservation Society
 Donald Taphorn Universidad Nacional Experimental de los Llanos, Venezuela
 Francisco de Paula Gutiérrez Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
 Gabriel Roldán Universidad Católica de Oriente, Colombia
 Germán I. Andrade Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
 Giuseppe Colonnello Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Venezuela
 Hugo Mantilla Meluk Universidad del Quindío, Colombia
 John Lynch Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
 Jonathan Coddington NMNH - Smithsonian Institution
 José Murillo Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
 Josefa Celsa Señaris Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
 Juan A. Sánchez Universidad de los Andes, Colombia
 Juan José Neif Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Argentina
 Martha Patricia Ramírez Universidad Industrial de Santander, Colombia
 Monica Morais Herbario Nacional Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia
 Pablo Tedesco Muséum National d'Histoire Naturelle, Francia
 Paulina Muñoz Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
 Rafael Lemaitre NMNH - Smithsonian Institution, USA
 Reinhard Schnetter Universidad Justus Liebig, Alemania
 Ricardo Callejas Universidad de Antioquia, Colombia
 Steve Churchill Missouri Botanical Garden, USA
 Sven Zea Universidad Nacional de Colombia - Invemar

Impreso por JAVEGRAF
 Impreso en Colombia / Printed in Colombia

Revista *Biota Colombiana*
 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
 Teléfono / Phone (+57-1) 320 2767
 Calle 28A # 15 - 09 - Bogotá D.C., Colombia

Presentación

En el marco del proyecto 13-014 (FA 005 de 2013) suscrito entre el Fondo Adaptación y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), cuyo objetivo fue determinar y aplicar los criterios técnicos para la delimitación de Ecosistemas Estratégicos Paramos y Humedales, se generó una gran cantidad de información que debe estar disponible para la toma de decisiones sobre estos ecosistemas en el país. Con esa intención se preparó este número especial sobre humedales, en el cual se presentan algunos de los resultados obtenidos en el proyecto e investigaciones de otras instituciones que postularon sus artículos a la convocatoria abierta realizada para este suplemento.

En esta ocasión se presenta un aporte valioso al conocimiento de los humedales a diferentes escalas de trabajo, que van desde estudios puntuales en humedales de tierras bajas y alta montaña, incluyendo resultados sobre humedales a escala nacional, hasta análisis basados en una comparación de los humedales a nivel iberoamericano.

A escala local se presentan las investigaciones sobre las características para conservación *ex situ* de la vegetación de humedales en la sabana de Bogotá y las comunidades de peces en la ciénaga de Paredes en el Magdalena medio. A nivel nacional, se muestran los resultados de la identificación espacial de los humedales del país, el uso de un enfoque ecosistémico en el análisis de imágenes de radar para identificar áreas inundadas y un análisis espacial de la transformación de los humedales en Colombia. Finalmente, se incluye un artículo donde se analiza el estado y factores de cambio de los servicios ecosistémicos de abastecimiento en humedales relacionados con aguas subterráneas en Iberoamérica y España.

Toda la información aquí presentada es de vital importancia para apoyar la gestión integral y diferenciada de los humedales de nuestro país, y nos permitirá incorporar la idea de Colombia como un país de humedales, un territorio pulsátil y diverso, que debe manejarse de manera creativa e innovadora.

Agradecemos al Fondo Adaptación por la co-financiación de este número especial, a los evaluadores y a las organizaciones e instituciones que respalda a los autores, entre las cuales se encuentran: Agencia Aeroespacial Japonesa, Sarvision - Convenio K & C, Ideam, Universidad de Antioquia, Universidad del Magdalena, Universidad EAFIT, Universidad Jorge Tadeo Lozano y la Universidad de Wageningen.

Brigitte L. G. Baptiste
Directora General IAvH

Carlos A. Lasso
Editor *Biota Colombiana*

Úrsula Jaramillo
Editora invitada

Un enfoque ecosistémico para el análisis de una serie densa de tiempo de imágenes de radar Alos PALSAR, para el mapeo de zonas inundadas en el territorio continental colombiano

Time series analysis of the Alos PALSAR radar data using an ecosystem approach for the detection and mapping of flooded areas in Continental Colombia

Marcela Quiñones, Martin Vissers, Ana M. Pacheco-Pascaza, Carlos Flórez, Lina M. Estupiñán-Suárez, César Aponte, Úrsula Jaramillo, Claudia Huertas y Dirk Hoekman

Resumen

Se describe una metodología para la interpretación y procesamiento de imágenes de radar Alos PALSAR- de banda ancha (WB) y de polarización (HH), para la detección de inundaciones a 100 m de resolución. Los efectos de “sal y pimienta” o *speckle* pueden ser disminuidos con filtros y las pendientes y otras distorsiones geométricas típicas del radar deben ser corregidas apropiadamente antes de cualquier análisis o clasificación. Las interacciones físicas de las ondas de radar, de banda L, con la superficie terrestre, permiten detectar y clasificar inundaciones a cielo abierto y bajo dosel con gran precisión. El análisis de una serie de tiempo de 29 mosaicos de imágenes de radar (WB) sobre el territorio colombiano, comprendidas entre 2007 y 2011, permitió generar 29 mapas de inundación con observaciones de inundación máxima y mínima, ya que se incluye años climáticos extremos en los que se registraron los fenómenos de El Niño y La Niña, haciendo de esta ventana temporal una muestra representativa o línea base. La interpretación y el procesamiento de las imágenes se hacen utilizando una aproximación ecosistémica que implica el uso de un mapa de estructura de vegetación para la corrección de las detecciones de inundación de radar. Estos se compilan en un mapa único de frecuencias de inundación, en el que cada pixel indica el número de veces que fue detectado como inundado durante el tiempo de observación. Este mapa constituye un insumo para la delimitación de humedales y los tipos de humedales. El mapa de estructuras de vegetación utilizado se realizó también usando imágenes de radar Alos PALSAR pero de tipo fino (FB). Se utilizó una leyenda LCCS (Land Cover Classification System) de FAO para la descripción de los tipos estructurales de vegetación. Se realizó una validación para los mapas finales utilizando una aproximación estratificada al azar, en 19 ventanas de estudio repartidas en todo el territorio nacional.

Palabras clave. Inundación bajo dosel. Mapa de frecuencias de inundación. Mapas de inundación. Mapeo de tipos de humedales. Series de tiempo.

Abstract

This article describes a methodology for the interpretation and the processing of wide beam Alos PALSAR Images (WB) of HH polarization, for the detection of flooding areas at 100m resolution. Speckle has to be filter as well as other typical radar geometrical distortions need to be corrected before any classification procedures. The physical interactions between the L band radar waves and the land surface allows the detection of open sky flooding and floods under the canopy. The analysis of a time series of 29 radar (WB) mosaics, covering all the continental Colombian territory, allowed the classification of 29 flooding maps, along an observation window of 5 years from 2007 to 2011, comprising years of extreme climatic variations and consecutive El Niño la

Niña events, making of this time a good baseline for flooding studies. The interpretation and the processing of the WB radar images is done following an ecosystemic approach that includes the use of a forest structural map for the correction of the flooding detections. The resultant flooding maps are compiled in a single flood frequency map, in which every pixel indicates the number of times that the pixel was detected as flooded within the 29 flooding maps. This flood frequency map was used as an input for the evaluation of the wetland map at national level, and for the delineation of wetland ecosystems. The vegetation structural map used for the flooding analysis was also created with radar images but of the fine beam, Alos PALSAR-FB, polarizations (HV) and (HH). The LCCS (Land Cover Classification system) of the FAO was used to describe the structural vegetation types. A validation procedure was applied to both maps following a random stratification method over 19 windows distributed along the National territory.

Key words. Dense time series. Flood frequency mapping. Flood Maps. Flooding under the canopy. Mapping of wetland types.

Introducción

Los sistemas de clasificación de humedales que se usan a nivel internacional (Cowardin *et al.* 1979, Semeniuk y Semeniuk 1995, Secretaría de la Convención de Ramsar 2004) utilizan la combinación de parámetros biofísicos para la definición de los diferentes tipos de humedales tales como la geomorfología, el tipo de suelos, los regímenes de inundación y el tipo de vegetación. Colombia cuenta con cartografía de geomorfología y suelos (Igac 2014) y de vegetación (Ideam 2007); información espacial sobre la extensión y la duración de las inundaciones es un insumo espacial necesario, que hasta la fecha no ha estado disponible para el país, a nivel nacional. Para responder a este vacío de información se evaluaron diferentes tipos de sensores remotos o imágenes de satélite que podrían dar la información necesaria. Desde el punto de vista de los sensores remotos, las inundaciones a cielo abierto y los cuerpos de agua pueden ser detectados con imágenes ópticas tales como las imágenes Landsat o las imágenes MODIS, sin embargo la detección de áreas inundadas bajo dosel de bosque son difícilmente detectadas por estos sistemas y requiere el uso de sistemas de tipo activo como los sistemas de radar. Por esta razón y considerando la capacidad del radar banda L en la detección de inundaciones tanto en bajo dosel como a cielo abierto (Hess *et al.* 1990, 2003), se analizó una serie de tiempo de imágenes de radar Alos PALSAR de la agencia espacial JAXA, de tipo de banda ancha (WB) con polarización (HH), a nivel nacional en el periodo comprendido entre 2007 y 2011.

En este artículo se presenta la metodología y los resultados del análisis de una serie de tiempo de imágenes de radar Alos PALSAR-WB, para generar un mapa de frecuencias de inundación, que provee información sobre la extensión máxima y la intensidad de las inundaciones, que responde a las necesidades de información para análisis para la definición de humedales.

Anteriormente se han generado mapas de inundación utilizando imágenes de radar (Hess *et al.* 1990, 1995, 2003, Henry *et al.* 2006, Horrit *et al.* 2001) usando diferentes aproximaciones técnicas para la interpretación y la clasificación de imágenes. Lo innovador de la metodología presentada en este artículo es la aproximación ecosistémica al análisis y clasificación de las imágenes de radar, que involucra el uso de un mapa de estructuras de vegetación, con leyenda LCCS (Land Cover Classification System) de la FAO (Di Gregorio y Jansen 2000), como apoyo a la clasificación de la inundación y a la clasificación de los tipos de humedales. Adicionalmente se hace una integración de información ecológica disponible, con respecto a las variaciones estacionales de la vegetación con los regímenes de lluvia, lo cual aporta valiosos datos sobre el comportamiento de las ondas de radar con el terreno, refinando así las clasificaciones.

Otro aspecto innovador de esta metodología es la incorporación del análisis de series de tiempo

en un periodo de estudio donde se presentan extremos climáticos, lo cual da una consistencia a las observaciones considerando que los procesos de inundación tienen ciclos supra-anales, difícilmente detectables un solo año de estudio. Para este ejercicio de mapeo se compilaron todas las imágenes Alos PALSAR-1 WB, disponibles en los archivos de la agencia espacial JAXA, gracias al convenio de investigación entre la Universidad de Wageningen y el grupo K&C de JAXA. En total se completaron 29 mosaicos Alos PALSAR WB y FB, a 100m de resolución espacial, con cobertura sobre todo el territorio nacional, en un periodo comprendido entre los años 2007 y 2011. Estos años presentaron periodos climáticos extremos, con eventos de El Niño - La Niña consecutivos. El índice de variabilidad climática ONI (Oceanic Niño Index), que indica las anomalías en la temperatura en la superficie del mar para este periodo de estudio, se excedió en los años 2009 y 2011, mostrando umbrales que sobrepasaron cinco meses consecutivos con cifras por encima de los límites estimados para años neutros. Para el año 2009 se registraron 11 meses consecutivos con valores mayores a 0,5°C y para el año 2011 se registraron 11 meses con valores por debajo de -0,5°C, indicando que fueron años con variaciones climáticas anómalas, es decir, años muy secos y muy húmedos y por esta razón podría considerarse como una observación de línea base de inundaciones para Colombia, para futuras acciones de monitoreo

Adicionalmente se presenta la información técnica sobre las metodologías de interpretación, corrección clasificación y análisis de las imágenes de radar Alos PALSAR -HH, para la detección de inundaciones; así mismo, los mapas finales y la estrategia de validación utilizada y las matrices de validación. Además, se discute la importancia de la aproximación ecosistémica para lograr observaciones más precisas con relación a un mapa de inundación recientemente publicado para todo el territorio amazónico.

Metodología

Principios de las imágenes de radar que permiten la detección de inundación

Los radares son sensores remotos activos que envían ondas a la superficie terrestre, con una estrategia de

observación lateral. Las ondas enviadas interactúan con los elementos del terreno y parte de la energía de la onda regresa al radar, que graba esta energía y la transforma en imagen. Hay tres aspectos geométricos que son básicos para comprender las imágenes de radar: el ángulo de incidencia, la dirección de rango y la dirección azimut. La resolución espacial en una imagen de radar se define en la dirección de rango y en la dirección azimut y la resolución radiométrica del radar se define como el número de observaciones del radar en un punto dado. Estas dos resoluciones tienen mucha influencia en la calidad de las imágenes y tienen un efecto directo en la calidad de los productos resultantes.

Adicionalmente hay características técnicas de radar que son importantes y que definen el tipo de elementos que pueden ser detectados y mapeados. Estos son: 1) la longitud de onda y 2) la polarización. Estos dos aspectos definen el tipo de interacción que el radar tiene con la superficie de la Tierra y con los objetos (mecanismos de interacción), y el tipo de fenómenos que pueden ser detectados. En el caso de la longitud de onda, hay diferencias en la penetración de las ondas de radar en el dosel del bosque -por ejemplo la banda C (3 cm de longitud de onda) penetra solo en las capas superiores del dosel mientras que la banda L (25 cm de longitud de onda), penetra el dosel e incluso detecta características del terreno, como la inundación-. Para el radar Alos PALSAR WB-HH (banda L) se presentan dos mecanismos de interacción de la onda de radar con el terreno que hacen posible la detección de inundaciones. La primera es el tipo de interacción de doble rebote, donde la onda entra al dosel y se refleja en el suelo (inundado) y rebota en los troncos de los árboles, devolviéndose al radar con gran cantidad de energía y generando una imagen con valor alto de retorno, de color blanco-claro. Por otro lado para la detección de cuerpos de agua, el mecanismo básico de interacción es un mecanismo de reflexión en los que la onda se refleja en el agua y no regresa nada al radar, generando un retorno bajo de color oscuro (Figura 1).

Por otro lado las diferentes polarizaciones también tienen mecanismos de interacción diferentes. Por ejemplo, para el radar Alos PALSAR, las ondas de la polarización HV interactúa más a nivel de dosel en mecanismo llamados de volumen, sensibles a aspectos estructurales del bosque tales como biomasa,

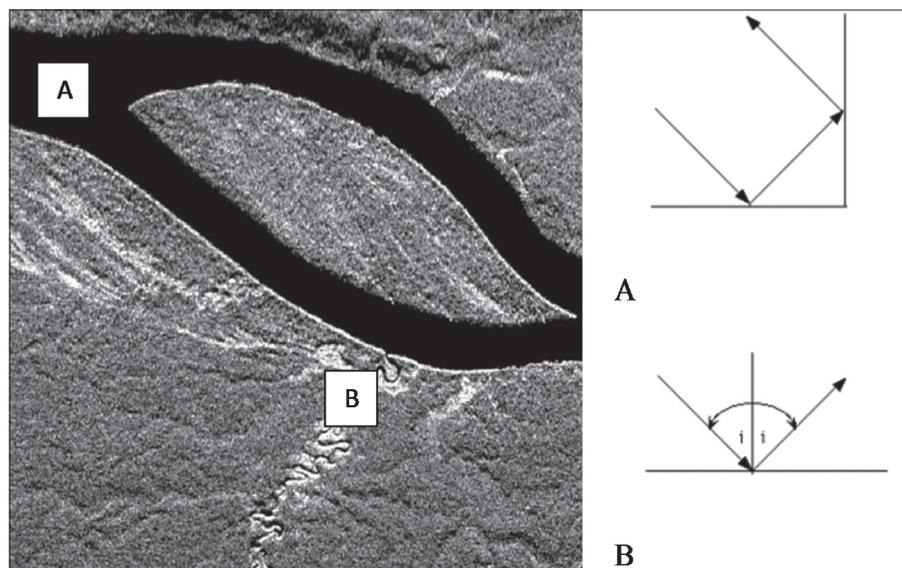


Figura 1. Imagen de radar del sistema AirSAR, Banda L, polarización HH, sobre el río Caquetá en época de inundación. Esta imagen ilustra la capacidad del radar para detectar zonas de inundación a cielo abierto (A) (río en negro) detectado por el mecanismo de reflexión de la onda de radar (mecanismo abajo) y las zonas inundadas bajo el dosel que aparece blancas-brillantes (B) detectados por el mecanismo de doble rebote de la onda de radar (mecanismo arriba).

mientras que la polarización HH tiene mecanismos de interacción de doble rebote que facilita la detección de inundación bajo dosel, como se explicó anteriormente (Figura 2).

Procesamiento. El procesamiento para corrección de las imágenes de radar debe realizarse antes de cualquier proceso de clasificación con el objeto de corregir efectos producidos por la geometría del radar y las condiciones radiométricas. La calidad de las correcciones afecta drásticamente la calidad de los productos finales. Al intentar clasificaciones de imágenes con errores en el pre-procesamiento, se pueden esperar distorsiones en los valores medios del retorno del radar y por ende confusiones entre las clases.

Las imágenes de radar Alos PALSAR se reciben directamente desde JAXA en un nivel de procesamiento básico en formato SLC (single look complex) 1.1. que permite la corrección de las imágenes para las diferentes distorsiones geométricas y radiométricas. El procesamiento de las imágenes se realizó utilizando el software Gamma especializado en el procesamiento de imágenes de radar (http://www.gamma-rs.ch/no_cache/software.html); adicionalmente se utilizaron software creados en

SarVision para filtrar el efecto de sal y pimienta o *speckle* y generar mosaicos, sobre plataforma de IDL-ENVI y software GDAL. Los siguientes procesos de corrección fueron aplicados a todas las imágenes (líneas de radar) utilizadas para generar los mapas:

1. Extracción y conversión de la imagen SAR y metadatos de imagen SLC (single look complex) nivel 1.1.
2. Calibración radiométrica absoluta: conversión de los datos iniciales en valores de intensidad-backscatter Gamma nought (γ^0), corrigiendo parcialmente el efecto de ángulo de incidencia.
3. Georreferenciación (proceso grueso y fino): se hace uso de datos del SRTM modelo digital de terreno (DEM); el modelo digital del terreno (DEM) del sistema SRTM, a 90 m. de resolución, fue utilizado para la corrección de ambos tipos de imágenes de radar.
4. Corrección geométrica del terreno (GTC): corrección geométrica con referencia a un mapa para la corrección de pendientes.
5. Corrección radiométrica del terreno (RTC): corrección de las diferencias en *backscatter*

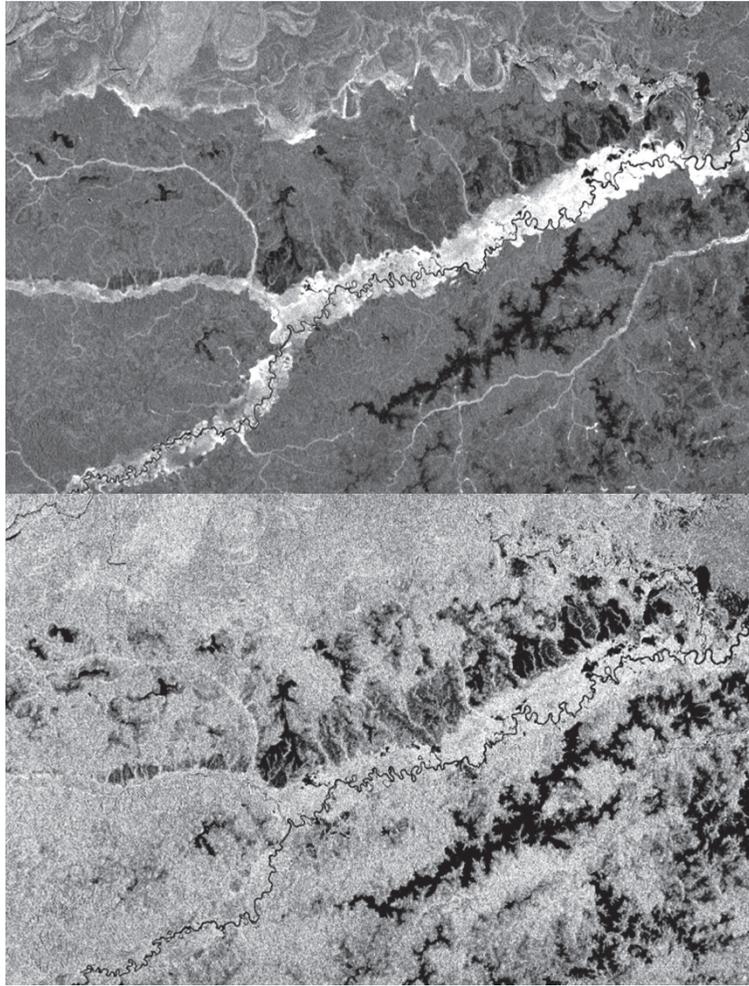


Figura 2. Imagen Alos PALSAR FBD, con dos polarizaciones HH (arriba) y HV (abajo) adquirida en julio de 2007 sobre el área de Matavén. Nótese que el área inundada bajo dosel del caño Matavén se demarca muy bien en la polarización HH, mientras que en la polarización HV no se puede ni siquiera ver (las dos imágenes son adquiridas en el mismo instante solo diferente polarización).

debidas a la pendiente; enmascarar los valores de fondo de imagen y convertir los valores de intensidad Gamma nought a escala de decibeles [dB].

6. Compilación de imágenes corregidas y co-registradas por sitio.
7. Filtrado de *speckle*.
8. Generación de mosaicos. Evaluación de calidad de calibración por mosaico.
9. Proceso de inter-calibración individual por mosaico, hasta lograr una consistencia menor a 1 dB.
10. La inter-calibración radiométrica entre las líneas de radar -que constituyen un mosaico- y entre los mosaicos, debe ser similar. Este proceso es de gran importancia para la generación de mosaicos consistentes, que servirán como base para la creación de cartografía temática.

Esto garantiza que los productos generados por las diferentes imágenes en las diferentes fechas sean comparables. La figura 3 muestra un mosaico de imágenes Alos PALSAR sobre el área central del territorio colombiano antes y después del proceso de inter-calibración.

Las correcciones en las zonas montañosas y especialmente en las zonas de pendientes empinadas, resultan en efectos visibles en las imágenes, incluso si

el DEM es de alta calidad. La figura 4 ilustra un detalle del efecto dramático de cambio sobre las imágenes de radar antes y después de una corrección de pendiente.

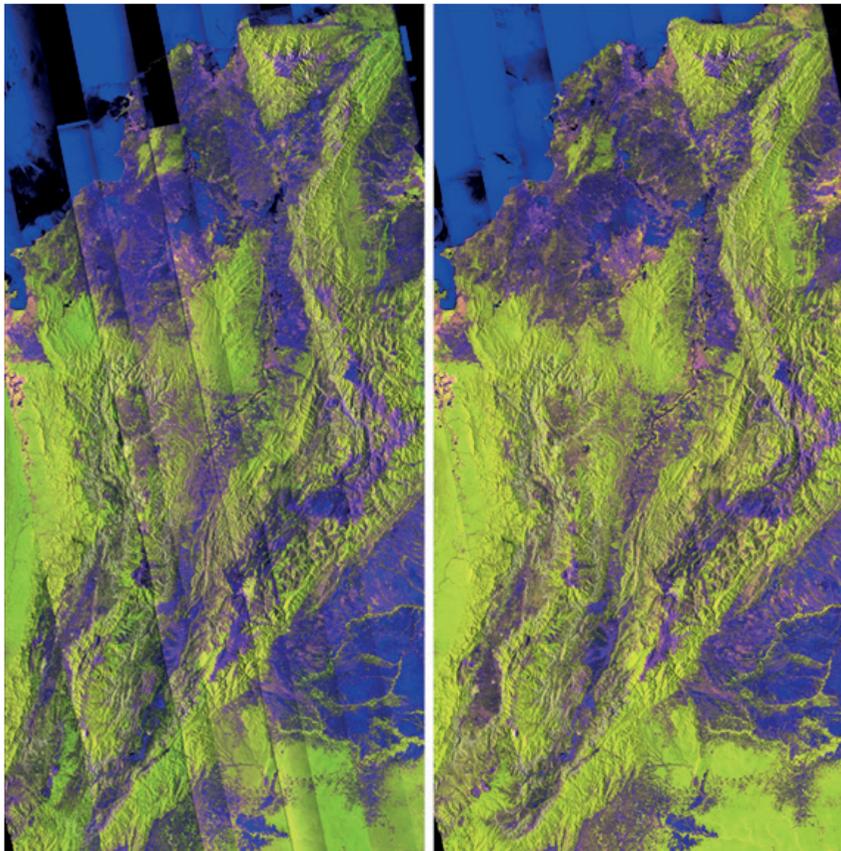


Figura 3. Imágenes Alos PALSAR para una zona en el centro de Colombia, antes y después de las correcciones radiométricas, entre las líneas de adquisición.

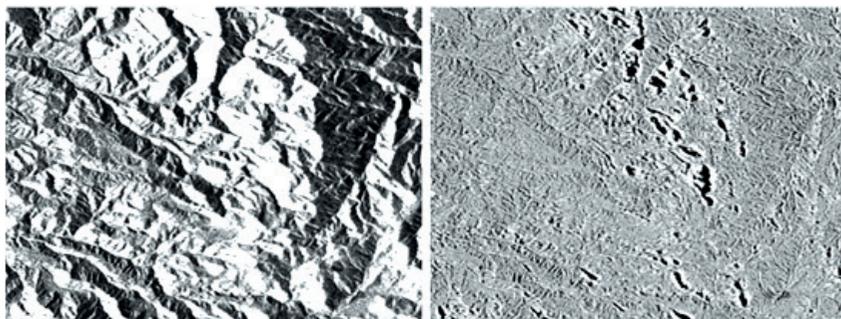


Figura 4. Detalle en una escena de una de las imágenes Alos PALSAR para ilustrar el efecto de la corrección radiométrica del terreno. Las imágenes a la derecha y a la izquierda corresponden a la misma área y tienen la misma escala. Imágenes antes (izquierda) y después de la corrección geométrica y radiométrica (derecha).

Teoría de sensores remotos de radar para el mapeo de los humedales: una aproximación ecosistémica

Desde el punto de vista ecológico la definición de los diferentes tipos de humedales y de ecosistema acuáticos está ligada a los niveles de agua, niveles freáticos, zonas de saturación de agua y sus variaciones, la vegetación y el tipo de suelo. Tanto los regímenes de inundación y el tipo de vegetación asociada tienen una influencia importante en la definición de los tipos de humedales. Los regímenes de inundación pueden variar desde permanentemente inundado (p.e. pantanos, lagos, esteros), ocasionalmente/estacionalmente inundado (p.e. várzeas) y raramente inundado (p.e. sabanas), y los tipos de vegetación pueden variar desde un bosque con dosel cerrado hasta áreas con pastos o incluso zonas sin vegetación. Por estas razones, para el soporte en la delineación de los diferentes tipos de humedales con imágenes de sensores remotos, es necesario contar con insumos que den información sobre la vegetación y las frecuencias de inundación. Las imágenes de radar son sensibles a estos dos aspectos y son unos buenos candidatos para la definición de por lo menos algunos tipos de humedales. Por ejemplo, para la delineación de un paisaje de planicie inundable en

zonas de bosque, es preciso contar con imágenes de sensores remotos adquiridas en épocas lluviosas y secas, donde se puedan apreciar las variaciones en las duraciones de las inundaciones y se puedan detectar áreas que permanezcan inundadas, incluso en épocas secas (Figura 5).

Por otro lado, al respecto de la delineación de humedales en zonas de poca vegetación como sabanas, es necesario saber las variaciones de biomasa y fenología, ya que en zonas de poca vegetación el radar puede sobreestimar la detección de inundación, porque el mecanismo de interacción de las ondas de radar con un terreno plano y seco es del mismo tipo que la interacción con el agua a cielo abierto (mecanismo de reflexión). Por ejemplo, en el caso de la altillanura colombiana de la vertiente del Orinoco, la vegetación es de sabana y muy escasa en la época de verano, por lo cual si no se hacen las correcciones necesarias incluyendo la información de la vegetación, puede producir una misma clasificación con zonas inundadas, justo cuando estas sabanas están secas completamente.

Por estas dos razones se propone una aproximación ecosistémica para el análisis de las imágenes de radar Alos PALSAR HH, que integren la información de

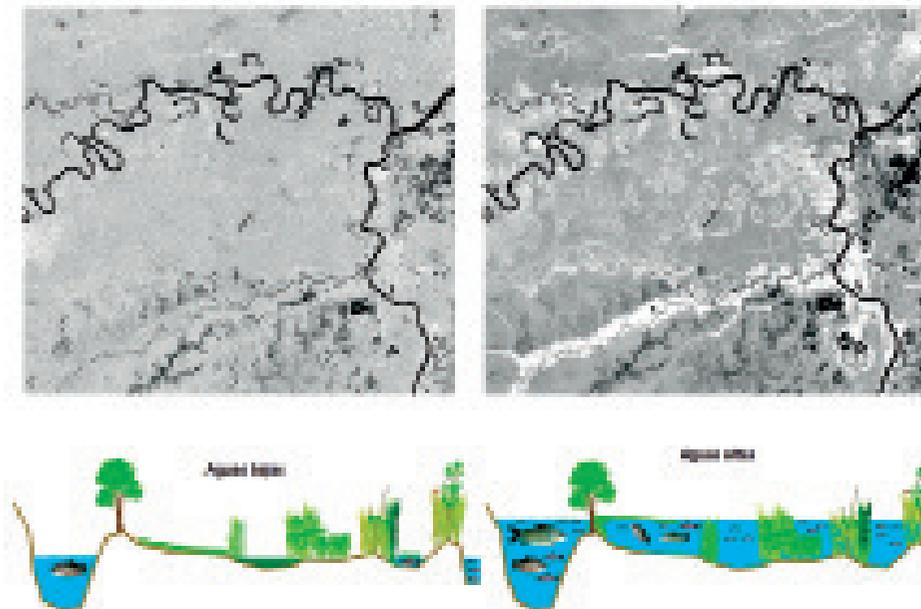


Figura 5. Imágenes de radar Alos PALSAR WB HH adquiridas en el área del Inírida-Guaviare, en época seca (izquierda) y época lluviosa (derecha). Se observa que la zona de la várzea del río Guaviare se detecta mucho más brillante en la época de lluvia. Esta zona corresponde a la planicie de inundación.

estructura de vegetación en el análisis de inundación y en la definición de los tipos de humedales. En este sentido se propuso generar dos productos (mapas) finales que fueran complementarios: uno de tipos estructurales de vegetación y otro de frecuencias de inundación, que compile la información.

Mapa de tipos estructurales de vegetación y definición de la leyenda

Para generar un mapa de tipos estructurales de vegetación se escogieron las polarizaciones con la información relevante. Para este tipo de mapas es indispensable incluir imágenes de las polarizaciones HH y HV, que son sensibles a la estructura de la vegetación, los

niveles de biomasa y las inundaciones. Estos aspectos son los más relevantes en la definición de una leyenda estructural de la vegetación basada en lo que el “radar puede ver”. En el caso de este producto específicamente se evaluaron las ocho polarizaciones e imágenes disponibles y se decidió hacer la clasificación con tres bandas:

Banda 1: FBD-HV promedio 2007-2008

Banda 2: FBD-HV promedio 2009-2010

Banda 3: FBD-HH promedio 2009-2010

El compuesto de color generado con estas tres bandas se puede ver en la figura 6.

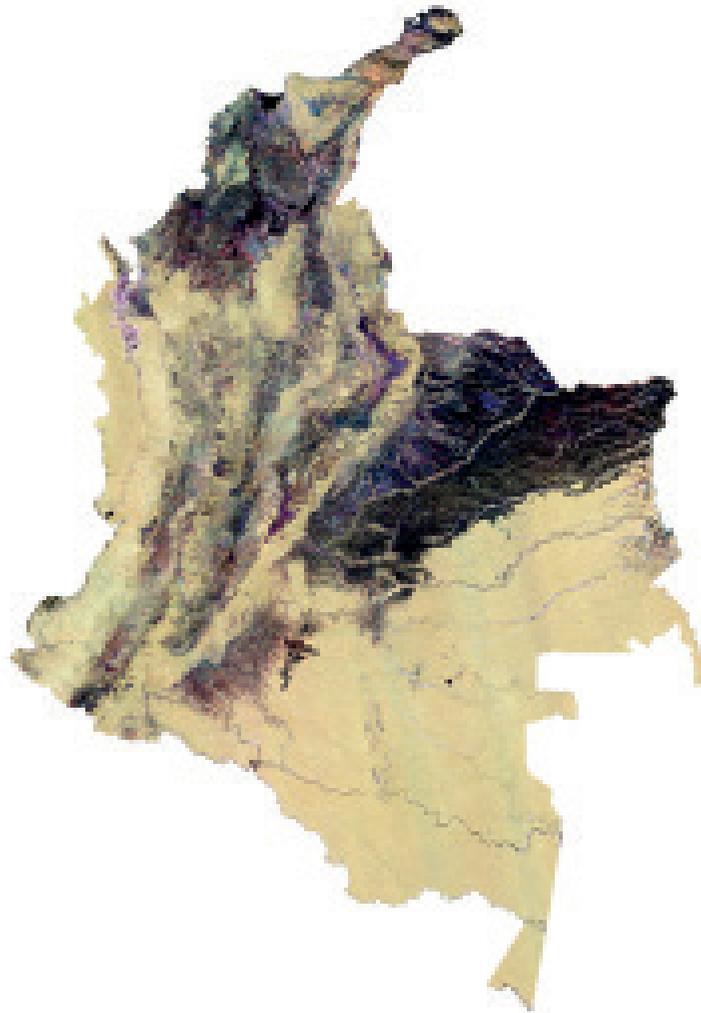


Figura 6. Compuesto de color de las tres bandas Alos FBD HV/HV/HH utilizadas en la clasificación de los tipos estructurales de vegetación en Colombia. Puede observarse que el mosaico no presenta diferencias radiométricas drásticas entre las líneas de adquisición del radar.

El proceso de clasificación de las imágenes de radar fue una combinación de un proceso no supervisado y supervisado, utilizando un algoritmo desarrollado especialmente para clasificación de imágenes de radar, que integra un proceso de clasificación de ML (maximum likelihood) con un análisis de filtrado usando Markov-random fields (Hoekman *et al.* 2010). El proceso de clasificación de las imágenes incluye varios procesos: 1) Interpretación visual de las imágenes en relación con la información disponibles (mapas, imágenes de alta resolución, fotografías e imágenes ópticas). 2) Definición de clases estructurales a clasificar. 3) Clasificación no supervisada de ventanas seccionadas sobre el mosaico en áreas donde se conoce la vegetación. 4) Selección de clases por clasificar, rotuladas con un tipo de vegetación preliminar y extracción de estadísticos de matriz de covarianza y 5) Clasificación supervisada.

La selección de áreas homogéneas de las clases por clasificar y la rotulación de polígonos para cada tipo de vegetación, es un ejercicio de gran importancia ya que dentro de cada clase de vegetación los polígonos de muestra no deben diferir significativamente a nivel estadístico y deben ser a la vez representativos de la clase. La clasificación no supervisada ayuda en la definición de las clases y da las pautas para la selección y la delineación de los polígonos. Se debe hacer un muestreo de los diferentes tipos de vegetación a lo largo y ancho de la imagen para asegurar que la clase quede bien representada. Para el conjunto de polígonos de cada clase se extraen los estadísticos necesarios para la clasificación. La media y la desviación estándar y la distribución de los píxeles se utilizan para evaluar la variabilidad en la clase: si la desviación estándar es mayor a 1 dB y la distribución de píxeles se aleja de una distribución normal, la clase debe ser remuestreada. Una vez definida la clase se extrae la matriz de covarianza que se usa como *input* para la clasificación. Estos valores estadísticos son la base para la clasificación supervisada en la que ocurre un agrupamiento de los píxeles dentro de una rutina de filtros definidos con anterioridad, bajo un análisis de campos aleatorios de Markov. Información más detallada del proceso de clasificación puede encontrarse en Hoekman *et al.* (2010). El resultado es una imagen clasificada con un número de clases de acuerdo a las

clases definidas estadísticamente y con distancias estadísticas que varían entre clases. Después de la clasificación hay un proceso de post-procesamiento que permite remover efectos adicionales, tales como el efecto de las pendientes.

Para la definición de la leyenda se hizo una interpretación de las imágenes basada en los valores del radar, el modelo digital del terreno y la interpretación sobre la vegetación de la zona interpretada sobre *Google Earth* y mapas existentes disponibles. La estratificación de los paisajes y la estructura de la vegetación es muy simple y se hace siguiendo la clasificación del sistema LCCS (Land Cover Classification System) de la FAO, descrita en Di Gregorio y Jansen (2000).

Los principales paisajes muestreados fueron: 1) paisaje de montañas, 2) paisaje en tierras bajas y 3) paisajes de tierras húmedas. Para cada uno de estos paisajes se hace una estratificación en los tipos de vegetación. La estratificación se hace utilizando una clasificación fisonómica y de formas de vida.

Algunas definiciones de vegetación utilizadas en la leyenda son:

- Bosque: cobertura de árboles > 30 %, áreas >1 ha, árboles usualmente >20 m de altura.
- Arboledas: vegetación con cobertura de árboles < 30 %.
- Matorrales: vegetación leñosa de matorrales con cobertura > 10 %.
- Herbazales: vegetación de pastos y gramíneas con cobertura de matorrales < 10 %.

Estos tipos de vegetación se encuentran sujetos a diferentes regímenes hídricos y humedad en suelos. La leyenda final se genera combinando la información de paisaje, vegetación y humedad en suelo.

Mapa de inundación y de frecuencias de inundación

Para el estudio de los pulsos de inundaciones en un territorio extenso es necesario hacer mapeo de inundaciones en un lapso de tiempo suficientemente largo que permita incluir estaciones secas y lluviosas,

y también que incluya eventos extremos tanto de lluvia como de sequía. Desde el punto de vista de los sensores remotos se hace necesario el uso de series de tiempo de imágenes que cubran un periodo significativo de tiempo. En este trabajo se utilizó una serie densa de imágenes Alos PALSAR WB y FB, disponibles para Colombia en los archivos de SarVision, gracias a la colaboración con JAXA, NASA e INPE a través del convenio Carbon and Kioto (K&C) entre la Universidad de Wageningen y JAXA. Se realizó un estudio detallado de las fechas de adquisición y de la calidad de las imágenes disponibles. Se hizo una escogencia de las imágenes con fechas más cercanas para utilizarlas en la creación de mosaicos con cubrimiento sobre todo el país. En total se completaron 22 mosaicos a 100m basados en el sistema Alos PALSAR WB con cubrimiento completo. Adicionalmente, para completar la serie densa de tiempo se realizaron siete mosaicos con imágenes de los modos *FBD-HH* y *FBS-HH*, originalmente a 50 m de resolución, remuestreados a 100 m. Estas imágenes fueron co-registradas a las imágenes *WB*.

En total se analizaron 29 mosaicos de radar polarización HH en el periodo 2007-2011. Sobre cada mosaico se realizó una clasificación para la detección de inundación a cielo abierto e inundación bajo dosel. Básicamente los pasos de análisis pueden ser resumidos en varios puntos:

- Para cada imagen de radar se definieron unos valores máximos y mínimos para las inundaciones abiertas y las inundaciones bajo dosel. Esos valores dependen de las estadísticas de cada mosaico. Se realiza una clasificación supervisada para cada mosaico y se toma esa clasificación como la base del análisis. Los valores mínimos, máximos y medios de *backscatter* fueron extraídos solamente en las áreas planas del área de estudio, para así evitar el efecto de los valores de las pendientes en las estadísticas finales.
- En caso de que se detectaran diferencias radiométricas mayores a 1 dB entre las líneas de órbitas componiendo un mosaico, y que no hubiera sido posible corregir esta diferencia, entonces se hizo la clasificación sobre cada línea de órbita radar. De esta forma cada línea mostró valores de clasificación ligeramente diferente de acuerdo a las estadísticas

calculadas para cada imagen. En general, para la inundación a cielo abierto se definió un rango entre -30 dB y -18 dB y para la inundación bajo dosel se definió un rango entre -5 dB y 9 dB. Esta clasificación se estratificó por regiones, ya que se encontró que diferencias estacionales entre el norte y sur del país causaban diferencias en estos rangos.

- Las áreas detectadas como inundadas en zonas de pendientes mayores al 5,5 % fueron filtradas al igual que las áreas correspondientes a ciudades y áreas construidas (Archivo Shape disponible). En ambos casos el mecanismo de interacción entre las ondas de radar y el terreno, llamado de ‘doble rebote’, es responsable de valores altos de retorno y genera confusión con la detección de agua bajo dosel. Por esta razón deben ser filtrados del mapa de inundación.
- Adicionalmente se hizo un análisis de los valores de retorno del radar para cada uno de los tipos de vegetación, generado con radar. La idea de este análisis es saber qué tipos de vegetación sufren de un cambio brusco en la señal de radar a lo largo del periodo de observación, en la polarización HH, y que por ende puedan estar afectadas por cambio en la humedad en el suelo o inundación o por los cambios fenológicos a niveles de biomasa de la vegetación. Por ejemplo, los valores de retorno de radar, de las áreas abiertas y las zonas de sabana con poca vegetación fueron muy bajos consistentemente, excepto para los meses de lluvia en los que los valores de HH son más altos que para los meses secos. Mientras que bosques de galería y bosques inundables en Amazonia y Chocó mostraron variaciones importantes en *el retorno a lo largo* del periodo de estudio. Estas clases de vegetación se utilizan como máscara para la definición final de las zonas de inundación.
- Además se utilizó el mapa de vegetación y el mapa de regiones para filtrar algunas clases adicionales siguiendo un enfoque ecosistémico. Por ejemplo, en la altillanura y en La Guajira hay muchas zonas planas con poca/ninguna vegetación, especialmente en la época seca, estas zonas deben ser filtradas ya que por el efecto de reflexión de la onda de radar, se genera muy poco retorno de radar y se confunde con inundación a cielo abierto.

La información contenida en los 29 mapas de inundación creados con las imágenes de los 29 mosaicos, se compiló en el mapa de frecuencias de inundación. Cada pixel de este mapa da información sobre cuántas veces este pixel fue detectado inundado en el periodo de tiempo muestreado para los dos tipos de inundación. De esta manera el mapa de frecuencias de inundación tiene dos clases principales. Inundación a cielo abierto e inundación bajo dosel. Y cada uno de esas clases puede ocurrir de uno hasta un máximo de 29 veces.

Resultados

Mosaicos de radar

En total se procesaron y corrigieron 1750 imágenes de radar Alos PALSAR-WB a 100 m de resolución y 4000 imágenes Alos PALSAR FBD a 50 y 25 m de resolución; con estas imágenes geométrica y radiométricamente balanceadas se realizaron los mosaicos de radar con cobertura sobre todo el país. La tabla 1 muestra la lista de los mosaicos Alos PALSAR con polarización HH que se realizaron con todas las imágenes disponibles. A 100 m de resolución se completaron 29 mosaicos con cobertura sobre todo el país, contando los provenientes del sistema WB (22) y los provenientes del sistema FB (7), remuestreados a 100 m. La tabla muestra las fechas aproximadas que cubre cada mosaico así como su resolución y cobertura sobre todo el país: completo (C) e Incompleto (I).

La figura 7 muestra un ejemplo de los mosaicos terminados. Tanto el mosaico HH y los mosaicos HV quedaron para uso de los Institutos Humboldt y del Ideam y formarán parte del banco de imágenes de ambas instituciones.

Mapa de vegetación

El mapa final de estructura de vegetación (Figura 8), resultado de la clasificación de las imágenes de radar, tiene cubrimiento sobre todo el territorio continental colombiano y aunque fue realizado con información combinada de 2007-2008-2009-2010, el mapa incluye la cobertura de vegetación correspondiente al año 2010. El mapa muestra consistencia en los tipos estructurales de vegetación de norte-sur y este-oeste y corresponde a los tipos de vegetación reportados en

otros mapas (Ideam, 2007). Debido a la alta calidad de la inter-calibración de las imágenes, los efectos de ángulo de incidencia son poco visibles en la clasificación final. El mapa está en formato raster Tiff, a una resolución de 50 m por pixel.

La leyenda de este mapa sigue los parámetros de descripción estructural de la vegetación que pudieron ser identificadas por el radar. En total se definieron 17 tipos estructurales de vegetación, una clase de agua y una clase de infraestructura (ciudades y zonas construidas). La leyenda se calculó para el sistema LCCS utilizando el software de FAO disponible en la publicación (Di Gregorio y Jansen 2000), para 11 de las clases. Este software permite el cálculo del código LCCS, código numérico que incluye la información que se entra en el programa. Al final el programa entrega una leyenda con una descripción estructural de la vegetación y un código alfanumérico.

La información para la definición de la leyenda se basó en información y descripciones de vegetación según observaciones en imágenes ópticas de alta resolución para diferentes zonas del país y las imágenes disponibles en *Google Earth*. Para cada clase descrita, el código LCCS incluye información del tipo estructural de vegetación, la humedad de suelo y la localización en el paisaje y el clima. La leyenda final se presenta en la tabla 2. En la última versión del mapa, en junio de 2015, se hizo un pos procesamiento al mapa de vegetación, para incluir las clases de mangles. Para este proceso se utilizó el archivo de mangles provisto por el Instituto Humboldt, y se reclasificaron las clases pertenecientes a bosques. Estas clases de mangle deberían ser controladas en campo para una mayor descripción estructural y así mismo para lograr la suficiente información para el cálculo del código LCCS correspondiente. Hasta ahora no se tiene código para esta vegetación.

El Ideam llevó a cabo un proceso de validación de las clases húmedas del mapa de vegetación utilizando el Mapa Corine Land Cover (Ideam 2007) e imágenes de alta resolución y otras fuentes de información, como fotos georreferenciadas provenientes de otros proyectos. Esta validación sigue el proceso descrito en Oloffson *et al.* (2010), en el que hay una selección de puntos al azar en ventanas escogidas estratégicamente y estratificado y proporcional al área ocupada por cada clase.

Tabla 1. Fechas aproximadas de adquisición y estado de cada uno de los mosaicos generados para la generación de una serie densa e mapas de inundación. Base del Mapa de frecuencias de inundación.

Sistema	Nombre	Estado	Año	Mes	Resolución		
					100 m	50 m	25 m
WB	C02	C	2006	Dic	x		
WB	C03	C	2007	Feb	x		
WB	C04	C	2007	Mar	x		
WB	C05	C	2007	May	x		
WB	C06	C	2007	Jul	x		
WB	C07	C	2007	Ago	x		
WB	C08	C	2007	Sep	x		
WB	C09	C	2007	Oct	x		
WB	C10	C	2007	Nov	x		
WB	C11	C	2008	Dic	x		
WB	C13	C	2008	Abr	x		
WB	C16	C	2008	Ago	x		
WB	C17	C	2008	Oct	x		
WB	C18	C	2008	Nov	x		
WB	C19	C	2009	Ene	x		
WB	C27	C	2010	Mar	x		
WB	C28	C	2010	Abr	x		
WB	C29	C	2010	Jul	x		
WB	C30	C	2010	Sep	x		
WB	C31	C	2010	Oct	x		
WB	C33	C	2011	Ene	x	x	x
WB	C34	C	2011	Mar	x	x	x
FBD		C	2007	Jul	x	x	
FBD		C	2008	Jun	x	x	
FBD		C	2009	Sep	x	x	
FBD		C	2010	Sep	x	x	
FBS		C	2010	Dec	x	x	
FBS		C	2011	Feb	x	x	
WB	C01	I	2006	Nov	xx		
WB	C12	I	2008	Feb	xx		
WB	C15	I	2008	Jun	x		
WB	C20	I	2009	Feb	x		
WB	C21	I	2009	Abr	x		
WB	C22	I	2009	Jul	x		
WB	C23	I	2009	Ago	x		
WB	C24	I	2009	Oct	x		
WB	C25	I	2009	Nov	x		
WB	C26	I	2010	Ene	x		
WB	C14	I	2008	May	x		
WB	C32	I	2010	Dic	x		

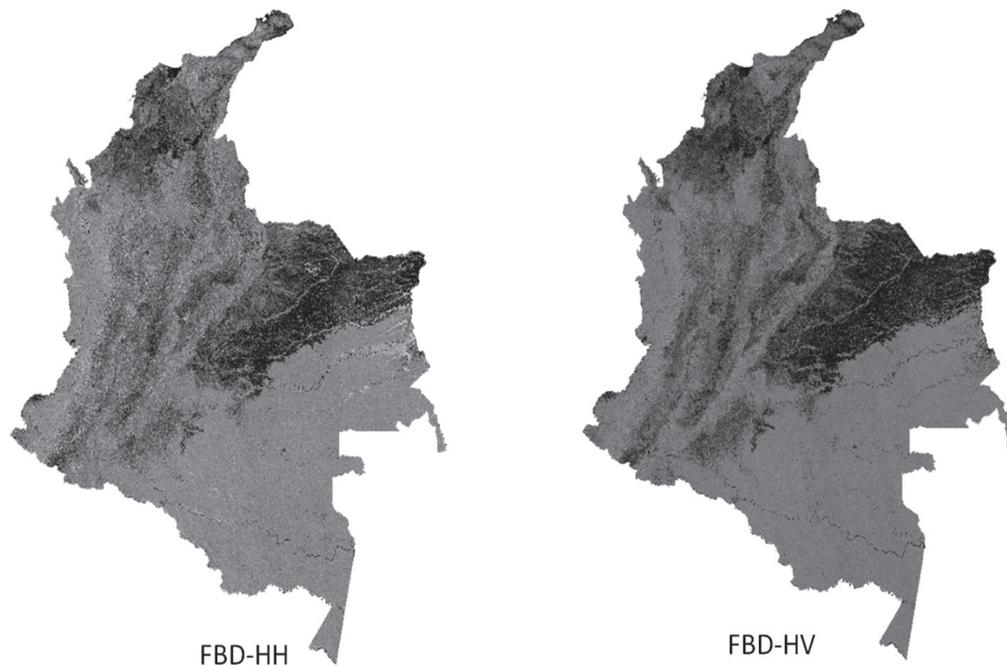


Figura 7. Ejemplo de los mosaicos de imágenes de radar FBD Polarizaciones HH y HV para el año 2008.

En este proceso se escogieron las clases de vegetación con descripción en la leyenda de inundado bajo dosel e inundado a cielo abierto y no-inundado y se validaron con las correspondientes clases en el mapa de vegetación del Ideam (2007); los resultados se pueden observar en la tabla 3. Esta matriz muestra que la precisión general es de un 92,44 % y que la clase con más errores de omisión y comisión es la clase de inundado bajo dosel. Esta relativa baja precisión en la clasificación de esta clase se puede explicar con que para el mapa de Corine Land Cover el polígono es sólido para todo el plano de inundación mientras que en los mapas derivados de SAR dentro del mismo plano de inundación, se detectan zonas inundadas y zonas no inundadas (diques). Es muy probable que los puntos analizados estén dentro del plano de inundación que no se inunda o dique.

Mapas de inundación

Para cada uno de los mosaicos de la serie densa de tiempo se realizó la clasificación de inundación según la metodología descrita anteriormente. Se generaron 29 mapas de inundación, a 100 m de resolución, con píxeles pertenecientes a tres clases: a) no inundado

(gris), b) inundados en zonas abiertas (azul) e c) inundado bajo dosel (verde). La figura 9 muestra un ejemplo de estos mapas de solo tres clases.

Mapa de frecuencias de inundación

En el mapa de frecuencias de inundación cada píxel tiene información de cuántas veces este píxel fue detectado como inundado a cielo abierto o como inundado bajo dosel, a lo largo de la serie densa de 29 mapas de inundación, clasificados para el periodo comprendido entre 2007-2011. Cada clase contiene subclases donde cada píxel tiene un valor que indica el número de veces que fue detectado como inundado; estos números van de 0 a 29. La gama de colores asignada a cada frecuencia para cada una de las clases es de azules para las inundaciones a cielo abierto y verde-roja-café para las inundaciones bajo dosel. A mayor frecuencia de inundación, más oscuro el tono. La figura 10 muestra el mapa de frecuencias de inundación final. Este mapa se encuentra en formato raster GeoTify, y sirvió de insumo para la creación del mapa de humedales. El mapa es consistente a lo largo del territorio, indicando que para cada píxel hubo información en los 29 mapas. Es decir no hay zonas con huecos de información.

Tabla 2. Leyenda LCCS (Land Cover Classification System), FAO. Calculada para el mapa de tipos estructurales de Colombia.

Código	LCCS Cod	Descripción
1	20596 - 13221 - L1L5O1O14	Bosque alto de dosel cerrado, estratificado, que ocurre en zonas tropicales húmedas, bajas, planas o levemente onduladas.
2	20596 - 13221 - L25L8O1O14	Bosque alto de dosel cerrado, estratificado, que ocurre en zonas tropicales, en montañas y en zonas con pendientes
3	20791 - 4186 O1O14 (1)	Bosque alto de dosel abierto, ocurriendo en zonas tropicales planas y montañosas.
4		Ríos, lagunas, ciénagas y áreas inundadas temporalmente, de vegetación abierta.
5	41024 - 33981 - L1L5O1O14 (2)	Bosque alto o medio de dosel cerrado, inundado estacionalmente, ocurriendo en zonas tropicales planas.
6	21380 - 7285 - O1O14	Arboladas de altura media, de dosel abierto, ocurriendo en zonas tropicales planas o en montaña.
7	20969 - 13395 - O1O14	Arbustales altos de dosel cerrado o plantaciones de diverso tipo, ocurriendo en zonas tropicales planas o de montaña.
8	21089 - 4358 - O1O14	Arbustales de dosel abierto, ocurriendo en zonas tropicales planas o de montaña.
9	40789 - 39611 - L1L5O1O14	Vegetación arbustiva media-baja, abierta, permanentemente inundada o inundada frecuentemente, ocurriendo en zonas tropicales planas.
10	21348 - 218 - O1O14	Vegetación densa de gramíneas con arbustos ocasionales, ocurriendo en zonas tropicales planas o de montaña.
11	21348 - 3222 - O1O14	Vegetación de sabana con arbustos bajos esparcidos, ocurriendo en zonas tropicales planas o de montaña.
12	40864 - 30667 - O1O14	Vegetación de sabana con arbustos bajos ocasionales, sometida a inundaciones estacionales y ocurriendo en zonas tropicales, bajas o de montaña.
14	5003 - 13	Ciudades

Tabla 3. Matriz de confusión para la validación del mapa de tipos de vegetación. La confiabilidad del mapa es de un 92,44 % en general y la precisión para todas las clases, excepto inundación bajo dosel, es mayor de 90 %.

MATRIZ DE ERROR		Referencia			Total	Fiabilidad %	Comisión %
		Inundación a cielo abierto	Inundación bajo dosel	No inundado			
Mapa	Inundación a cielo abierto	1704	12	67	1783	95,57	4,43
	Inundación bajo dosel	2	1326	455	1783	74,37	25,63
	No inundado	31	288	7422	7741	95,88	4,12
Total		1737	1626	7944	11307		
Precisión %		98,10	81,55	93,43		92,44	
Omisión %		1,90	18,45	6,57			

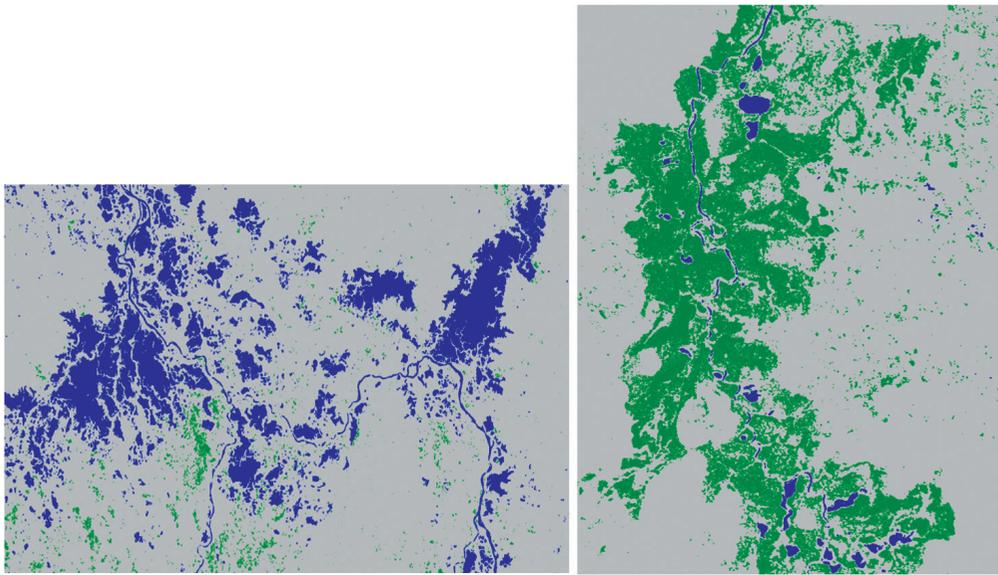


Figura 9. Ejemplos de mapas de inundación: la figura de la izquierda muestra la detección de inundación abierta (azul) detectada en área de la Mojana en Junio 2007, mientras que la figura de la derecha muestra la detección de inundación bajo dosel en el área del Atrato, para la misma fecha. Lo no inundado aparece como gris.

El mapa de frecuencias de inundación a 100 m fue validado por el grupo del Ideam (Pacheco *et al.* 2014), siguiendo el procedimiento descrito en Olofsson *et al.* (2014); la validación se realizó para 19 ventanas escogidas, de común acuerdo en diferentes zonas del país, y en total se validaron 9195 puntos. Los píxeles fueron escogidos de una manera aleatoria y estratificada en las clases de inundado, no inundado e inundado bajo dosel. Como base para la validación se utilizó el mapa de Corine Land Cover del Ideam. La precisión total calculada es de 89,35%. La clase con mayores errores de clasificación es la clase de inundación bajo dosel. Estos errores nuevamente pueden estar relacionados con la selección al azar de puntos dentro de la planicie de inundación que no se inundan, pero que en el mapa usado para la validación aparecen como un polígono sólido. Es decir en el mapa Corine Land Cover en el plano de inundación no se hace diferencia entre las áreas que se inundan y las que no se inundan, por ejemplo los diques. Adicionalmente esta validación mostro que las inundaciones a cielo abierto presentan más de un 10 % de errores de comisión. Este aspecto fue revisado más en detalle y se observó que muchos ríos en Amazonia y Orinoquia no estaban clasificados como inundados en su total extensión, y esto se debe

a la resolución de las imágenes utilizadas, que en este caso es de 100 m. En muchos casos los ríos son menos anchos que esta resolución y no aparecen en las imágenes; es también común que debido a los sedimentos en los ríos amazónicos, los valores del radar sean muy altos y así el agua a cielo abierto pueda clasificarse como algún tipo de playa o sabana. Esta información se utilizó para refinar los valores de clasificación de inundación en estas áreas y se concluyó que en la mayoría de los casos las clasificaciones deben hacerse por región.

Discusión y conclusiones

Importancia de la aproximación ecosistémica en la clasificación de las inundaciones

El aporte de esta aproximación ecosistémica para el análisis de definición de las inundaciones con imágenes de radar es de gran importancia, ya que muchos territorios aparecerían inundados si no se corrigieran adecuadamente con el mapa de vegetación. Uno de los efectos más comunes, a corregir, se presenta en las zonas planas de poca vegetación -como desiertos o sabanas- en épocas de sequía o zonas de afloramientos rocosos de poca pendiente.

Tabla 4. Matriz de confusión calculada en el proceso de validación llevado a cabo por el grupo de validación del Ideam. Resultados de validación del mapa de frecuencias de inundación a 100m. Los valores en el interior de la tabla representan el número de píxeles mientras que los valores de fiabilidad y precisión están dados en porcentaje.

MATRIZ DE ERROR		Referencia			Total	Fiabilidad %	Comisión %
		Inundación a cielo abierto	Inundación bajo dosel	No inundado			
Mapa	Inundación a cielo abierto	1487	35	139	1661	89,52	4,43
	Inundación bajo dosel	166	1148	355	1669	68,78	25,63
	No inundado	117	288	5581	5865	95,16	4,12
Total		1770	1350	6075	9195		
Precisión %		84,01	85,04	91,87		89,35	
Omisión %		15,99	14,96	8,13			

En estas áreas la interacción de las ondas de radar con el terreno es de tipo de reflexión, generando el mismo efecto que las ondas de radar en el agua, detectando así el terreno seco como si estuviera inundado. Sin hacer la corrección de este efecto es muy fácil clasificar erróneamente grandes territorios tales como la Orinoquia, (especialmente la altillanura) o regiones amplias en La Guajira y La Tatacoa, como si estuvieran inundadas, cuando en la realidad son terrenos secos y sin vegetación.

En un mapa recientemente publicado por científicos de la NASA (Chapman *et al.* 2015) se clasifica a la Orinoquia en el departamento del Meta, la zona de la altillanura, como “vegetación inundada” en épocas de máxima inundación, que según ellos ocurre entre enero y marzo, época que es bien sabido que hay sequía en la Orinoquia y que solo se encuentran sabanas, secas y casi sin vegetación. Esta sobreestimación de la inundación es básicamente debido a la falta de análisis de la inundación en conjunto con la vegetación, ignorando los procesos de variaciones fenológicas y de niveles de biomasa de la vegetación en las diferentes estaciones, y el conocimiento de los regímenes de lluvia local. Cuando la vegetación de sabana en la época seca es casi ausente y el suelo está casi desnudo, justo en esos momentos el efecto de

reflexión de las ondas de radar es más pronunciado y así mismo la sobreestimación de la inundación con el radar. Es indispensable que los mosaicos clasificados en épocas secas se corrijan para este efecto usando el mapa de vegetación. En este caso la clase de vegetación de sabana se utiliza como un filtro para la detección de la clasificación. Una comparación entre los dos mapas puede observarse en la figura 11.

Si se comparan los mapas con detenimiento también es claro que muchos de los bosques inundados de la Amazonia están mejor demarcados en el mapa de frecuencias de inundación y esto es debido al uso de series de tiempo (en este caso 29 observaciones), que capturan en parte las inundaciones ocurridas a lo largo de cinco años, es decir se está muestreando el terreno a lo largo de un tiempo, lo que ayuda a la detección de zonas inundadas que ocurren en diferentes épocas y con ciclos supra anuales. Vale la pena anotar que ambos mapas utilizaron la información de imágenes Alos PALSAR-1 WB en el mismo periodo de tiempo.

Otra observación interesante es que el mapa de frecuencias de inundación producido en este ejercicio puede servir de línea base para estudios de cambio climático en un futuro. Si se monitorean

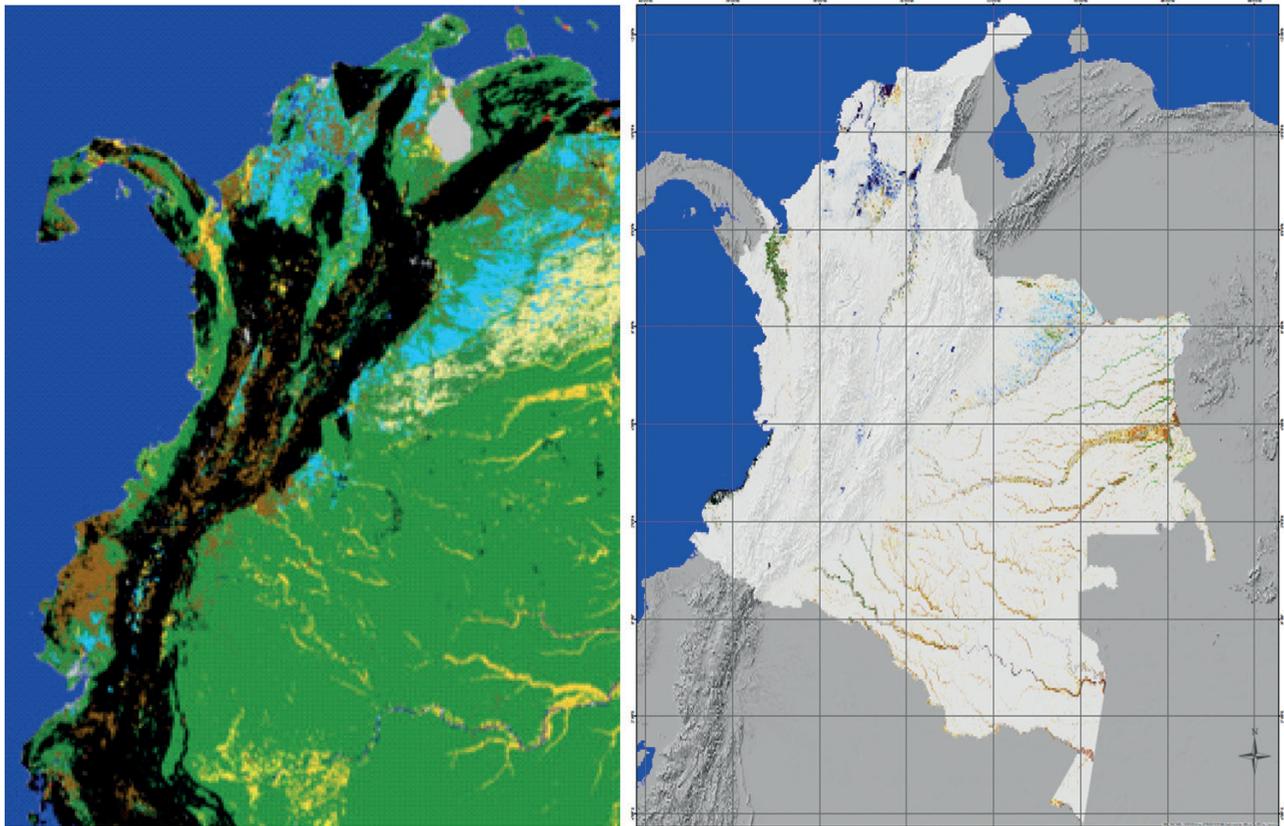


Figura 11. Comparación entre los mapas de inundación máxima (izquierda) (NASA, Chapman *et al.* 2015) y de frecuencias de inundación (derecha, este trabajo). Para el mapa de la izquierda: gris: no clasificado, azul oscuro inundación abierta; azul claro: agua abierta cuando hay máxima; verde: no inundado; amarillo: vegetación inundada; amarillo claro: vegetación inundada en época máxima, café: agricultura. El el mapa de frecuencias de inundación a la derecha, los tonos de azul corresponden áreas inundadas a cielo abierto y los tonos de amarillo-verde a las zonas inundadas bajo dosel.

las extensiones de las inundaciones a largo plazo, es posible detectar cambios en la disponibilidad y la locación del agua en zonas como la Amazonia y la Orinoquia, extensas como la del río Guaviare, pueden servir de indicador de cambio climático al evaluar cantidades de agua y sus variaciones en el tiempo, a largo plazo.

Una conclusión que surge a partir del análisis de los resultados de validación en diferentes regiones es que las clasificaciones de inundación deben hacerse por regiones geográficas con regímenes hídricos semejantes. Es decir es muy probable que los valores de clasificación de la clase de inundación a cielo abierto para la Amazonia y para la zona Atlántico difieran.

Uso de los mapas de vegetación y frecuencias de inundación para la definición de áreas inundadas y la definición de los tipos de humedales

Otro aspecto interesante en la aproximación ecosistémica es el análisis en conjunto de los mapas de vegetación y los mapas de frecuencias de inundación para el análisis de los tipos de humedales. Como se explicó anteriormente, en la definición de humedales hay un componente que tiene que ver directamente con el tiempo que un terreno está inundado y el otro aspecto es el tipo estructural de plantas que cubren el terreno. La figura 12 ilustra un detalle del mapa de vegetación y del mapa de frecuencias de inundación en la zona del Atrato en Chocó. En este detalle es evidente como la zona de bosque inundado (azul-cian)

tiene diferentes patrones en la frecuencia de inundación y de esta manera se pueden esperar diferentes tipos de vegetación o de asociaciones florísticas. Se distinguen áreas infrecuentemente inundadas (verde claras) y áreas permanentemente inundadas (café) y otras que se inundan con alguna regularidad (rojo). Igualmente hay zonas inundadas donde la vegetación es más baja (azul-cian oscuro) y que están permanentemente inundados, que corresponderían a zonas pantanosas de vegetación baja.

Desde este punto de vista, se propone una división en los diferentes tipos de humedales combinando los dos mapas; un ejemplo simple se muestra en la figura 13 (a y b). La figura a muestra una región en el

Casanare donde hay esteros, zonas de lagunas, sabanas temporalmente inundadas, ríos y bosques riparios, además de sabanas secas. La figura b muestra un área en el Atrato (Chocó), donde se distinguen zonas de bosques permanentemente inundados o bosques estacionalmente inundados, lagunas y ríos inundados permanentemente y zonas de pantanos de vegetación baja y media, los arracachales y pantanos de pastos.

Para un ejercicio más juicioso en la delimitación de los tipos de humedales se propone hacer una estratificación por zonas geográficas y por paisajes, en los que se puedan estudiar detalladamente los tipos de vegetación, la geomorfología y los regímenes de inundación.

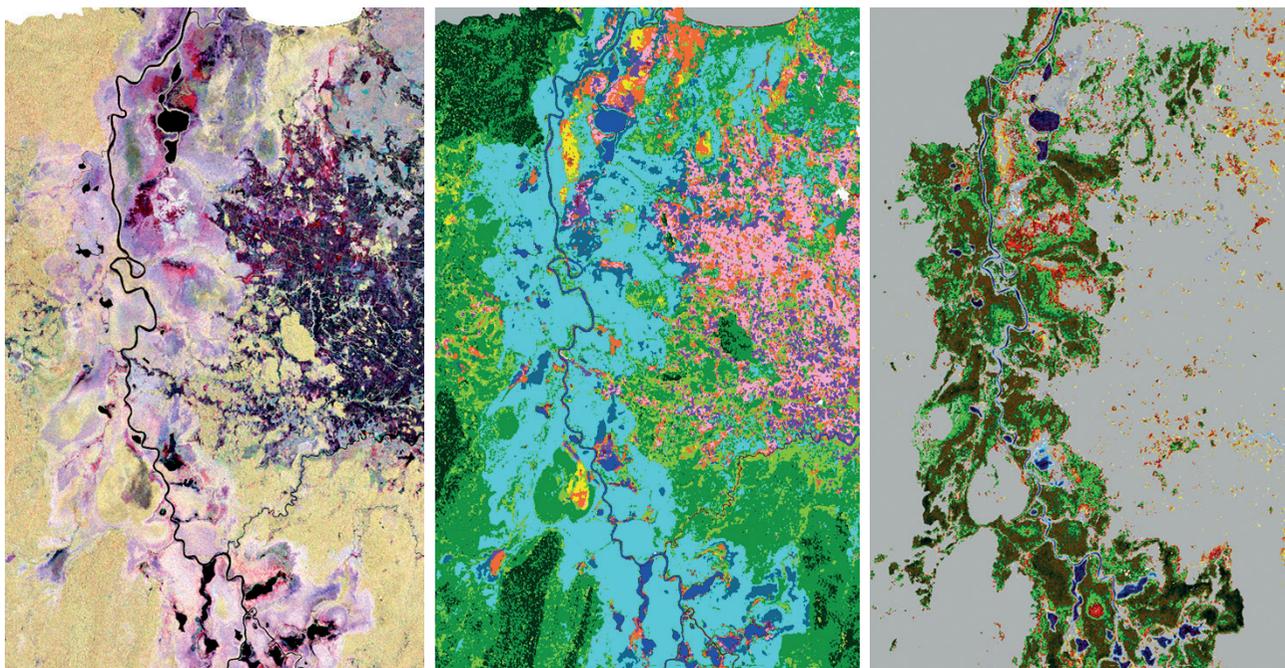


Figura 12. Ejemplo-detalle de los mapas de vegetación y el mapa de frecuencias de inundación en la región del Atrato, Chocó. Mapa de vegetación sigue la leyenda de la tabla 2 y mapa de frecuencias de inundación tonos de azul: inundación abierta (más oscuro inundado más veces); tonos amarillo-verde-rojo inundación bajo dosel (hacia rojo/café inundado más veces “pantanos”).

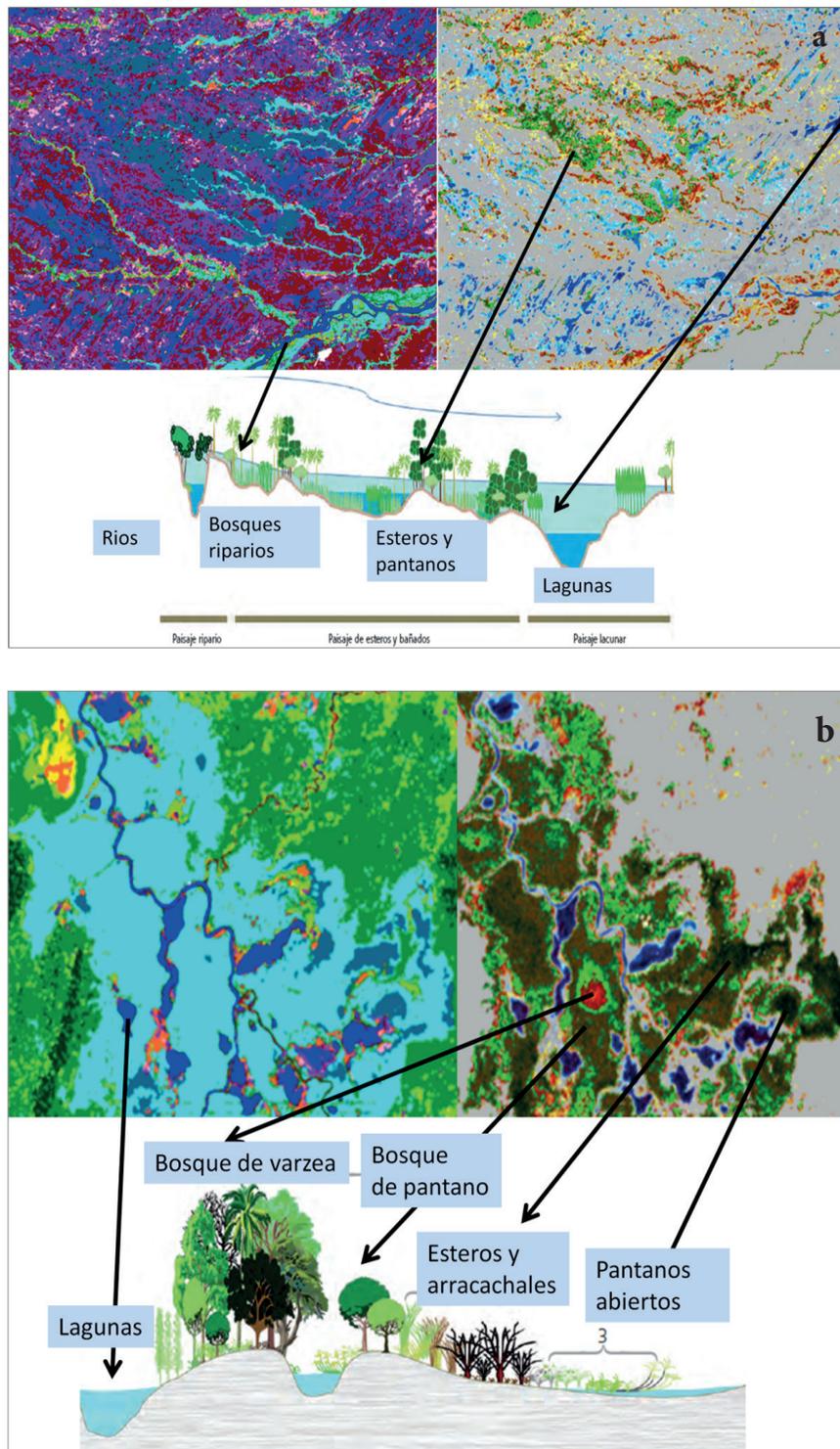


Figura 13 (a y b). Detalles de los mapas de vegetación y de frecuencias de inundación generados con radar Alos PALSAR. La combinación de la información de vegetación y la información de frecuencias de inundación ayuda a la definición de los tipos de humedales. Por ejemplo. Áreas permanentemente inundadas son zonas de pantano que pueden estar cubiertas de bosques, de palmas (esteros), o de Aráceas (arracachales) o por pastos y gramíneas.

Agradecimientos

Se agradece a JAXA a través del convenio K&C-Universidad de Wageningen y a Dirk H. Hoekman por las imágenes de radar proporcionadas para este trabajo. Este trabajo se realizó en el marco del contrato Instituto Humboldt-Ideam-SarVision 1313014368PS realizado dentro del convenio de cooperación No. 13-13-014-093CE-IAVH-(008 de 2013) entre el Ideam y el Instituto Humboldt, y el marco inter-administrativo No.13-014 (FA.005 de 2013) entre el Fondo Adaptación y el Instituto Humboldt.

Bibliografía

- Chapman, B., K. McDonald, M. Shimada, A. Rosenqvist, R. Schroeder y L. Hess. 2015. Mapping Regional Inundation with Spaceborne L-Band SAR. *Remote Sensing* 7: 5440-5470.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet y T. E. LaRoe. 1979. Classification of Wetlands and deepwater habitats of the United States. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, FWS/OBS:79/31.
- Di Gregorio y L. J. M. Jansen. 2000. Land cover classification system (LCCS): Classification Concepts and user Manual, FAO. 179 pp.
- Hess, L. L., J. M. Melack, E. M. Novo, C. C. F. Barbosa y M. Gastil. 2003. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon region. *Remote Sensing of Environment* 87: 404-428.
- Hess, L. L., J. M. Melack, D. y S. Simonett. 1990. Radar detection of flooding beneath the forest canopy: A review. *International Journal of Remote Sensing* 11: 1313-1325.
- Hess, L. L., J. M. Melack, S. Filoso y Y. Wang. 1995. Delineation of inundated area and vegetation along the Amazon floodplain with the SIR-C synthetic aperture radar. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 33: 896-904.
- Henry J. B., P. Chastanet, K. Fellah y Y. L. Desnos. 2006. ENVISAT multi-polarised ASAR data for flood-mapping. *International Journal of Remote Sensing* 27: 921-1929,
- Hoekman D. H., M. Vissers y T. Tran. 2010. Unsupervised full-polarimetric SAR data segmentation as a tool for classification of agricultural areas” *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (JSTARS)* 3 (4): 605-617.
- Horritt, M. S., D. C. Mason y A. J. Luckman. 2001. Flood boundary delineation from synthetic aperture radar imagery using a statistical active contour model. *International Journal of Remote Sensing* 27: 1921-1929.
- Ideam. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C. 72 pp.
- Olofsson, P., G. M. Foote, M. Herold, S. V. Stehman, C. E. Woodcock y M. A. Wulder. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148: 42-57.
- Semeniuk, C. A. y V. Semeniuk. 1995. A geomorphic approach to global wetland classification”. *Vegetation* 118: 103-124.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. 2004. Manual Ramsar para el uso racional de los humedales, Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). 124 pp.

Marcela Quiñones
Sarvision
Holanda
quinones@sarvision.nl

Martin Vissers
Sarvision
Holanda
vissers@sarvision.nl

Ana María Pacheco-Pascaza
Universidad de Leicester
Leicester, Inglaterra
ampp2@leicester.ac.uk

Carlos Flórez
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt
Bogotá, Colombia
carlos.florez@gmail.com

Lina M. Estupiñán-Suárez
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt
Bogotá, Colombia
lestupinan@humboldt.org.co

César Aponte
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt
Bogotá, Colombia
caponte@humboldt.org.co

Úrsula Jaramillo Villa
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt
Bogotá, Colombia
ujaramillo@humboldt.org.co

Claudia Huertas
Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis
Bogotá, Colombia
clauhuertas@gmail.com

Dirk Hoekman
Universidad de Wageningen
Wageningen, Holanda
dirk.hoekman@wur.nl

Un enfoque ecosistémico para el análisis de una serie densa de tiempo de imágenes de radar Alos PALSAR, para el mapeo de zonas inundadas en el territorio continental colombiano

Citación del artículo. Quiñones, M., M. Vissers, A. M. Pacheco-Pascaza, C. Flórez, L. M. Estupiñán-Suárez, C. Aponte, U. Jaramillo, C. Huertas y D. Hoekman. 2016. Un enfoque ecosistémico para el análisis de una serie densa de tiempo de imágenes de radar Alos PALSAR, para el mapeo de zonas inundadas en el territorio continental colombiano. *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 1 - Humedales): 63-85. DOI: 10.21068/c2016s01a04

Recibido: 24 de junio de 2015
Aprobado: 17 de marzo de 2016

Guía para autores

(humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota)

Preparación del manuscrito

El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Los trabajos pueden estar escritos en español, inglés o portugués, y se recomienda que no excedan las 40 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas) incluyendo tablas, figuras y anexos. En casos especiales el editor podrá considerar la publicación de trabajos más extensos, monografías o actas de congresos, talleres o simposios. De particular interés para la revista son las descripciones de especies nuevas para la ciencia, nuevos registros geográficos y listados de la biodiversidad regional.

Para la elaboración de los textos del manuscrito se puede usar cualquier procesador de palabras (preferiblemente Word); los listados (a manera de tabla) deben ser elaborados en una hoja de cálculo (preferiblemente Excel). Para someter un manuscrito es necesario además anexar una carta de intención en la que se indique claramente:

1. Nombre completo del (los) autor (es), y direcciones para envío de correspondencia (es indispensable suministrar una dirección de correo electrónico para comunicación directa).
2. Título completo del manuscrito.
3. Nombres, tamaños y tipos de archivos suministrados.
4. Lista mínimo de tres revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

Evaluación del manuscrito

Los manuscritos sometidos serán revisados por pares científicos calificados, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) *aceptado* (en cuyo caso se asume que no existe ningún cambio, omisión o adición al artículo, y que se recomienda su publicación en la forma actualmente presentada); b) *aceptación condicional* (se acepta y recomienda el artículo para su publicación solo si se realizan los cambios indicados por el evaluador); y c) *rechazo* (cuando el evaluador considera que los contenidos o forma de presentación del artículo no se ajustan a los requerimientos y estándares de calidad de *Biota Colombiana*).

Texto

- Para la presentación del manuscrito configure las páginas de la siguiente manera: hoja tamaño carta, márgenes de 2,5 cm en todos los lados, interlineado 1,5 y alineación hacia la izquierda (incluyendo título y bibliografía).
- Todas las páginas de texto (a excepción de la primera correspondiente al título), deben numerarse en la parte inferior derecha de la hoja.

- Use letra Times New Roman o Arial, tamaño 12 puntos en todos los textos. Máximo 40 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos. Para tablas cambie el tamaño de la fuente a 10 puntos. Evite el uso de negritas o subrayados.
- Los manuscritos debe llevar el siguiente orden: título, resumen y palabras clave, abstract y key words, introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones (optativo), agradecimientos (optativo) y bibliografía. Seguidamente, presente una página con la lista de tablas, figuras y anexos. Finalmente, incluya las tablas, figuras y anexos en archivos separadas, debidamente identificadas.
- Escriba los nombres científicos de géneros, especies y subespecies en *cursiva* (itálica). Proceda de la misma forma con los términos en latín (p. e. *sensu, et al.*). No subraye ninguna otra palabra o título. No utilice notas al pie de página.
- En cuanto a las abreviaturas y sistema métrico decimal, utilice las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI) recordando que siempre se debe dejar un espacio libre entre el valor numérico y la unidad de medida (p. e. 16 km, 23 °C). Para medidas relativas como m/seg., use m.seg⁻¹.
- Escriba los números del uno al diez siempre con letras, excepto cuando preceden a una unidad de medida (p. e. 9 cm) o si se utilizan como marcadores (p. e. parcela 2, muestra 7).
- No utilice punto para separar los millares, millones, etc. Utilice la coma para separar en la cifra la parte entera de la decimal (p. e. 3,1416). Enumere las horas del día de 0:00 a 24:00.
- Expresé los años con todas las cifras sin demarcadores de miles (p. e. 1996-1998). En español los nombres de los meses y días (enero, julio, sábado, lunes) siempre se escriben con la primera letra minúscula, no así en inglés.
- Los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O (en inglés W), etc. La indicación correcta de coordenadas geográficas es como sigue: 02°37'53''N-56°28'53''O. La altitud geográfica se citará como se expresa a continuación: 1180 m s.n.m. (en inglés 1180 m a.s.l.).
- Las abreviaturas se explican únicamente la primera vez que son usadas.
- Al citar las referencias en el texto mencione los apellidos de los autores en caso de que sean uno o dos, y el apellido del primero seguido por *et al.* cuando sean tres o más. Si menciona varias referencias, éstas deben ser ordenadas cronológicamente y separadas por comas (p. e. Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- RESUMEN: incluya un resumen de máximo 200 palabras, tanto en español o portugués como inglés.
- PALABRAS CLAVE: máximo seis palabras clave, preferiblemente complementarias al título del artículo, en español e inglés.

Agradecimientos

Opcional. Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la bibliografía. Evite títulos como Dr., Lic., TSU, etc.

Fotografías, figuras, tablas y anexos

Refiera las figuras (gráficas, diagramas, ilustraciones y fotografías) sin abreviación (p. e. Figura 3) al igual que las tablas (p. e. Tabla 1). Gráficos (p. e. CPUE anuales) y figuras (histogramas de tallas), preferiblemente en blanco y negro, con tipo y tamaño de letra uniforme. Deben ser nítidas y de buena calidad, evitando complejidades innecesarias (por ejemplo, tridimensionalidad en gráficos de barras); cuando sea posible use solo colores sólidos en lugar de tramas. Las letras, números o símbolos de las figuras deben ser de un tamaño adecuado de manera que sean claramente legibles una vez reducidas. Para el caso de las fotografías y figuras digitales es necesario que estas sean guardadas como formato tiff con una resolución de 300 dpi. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertarla.

Lo mismo aplica para las tablas y anexos, los cuales deben ser simples en su estructura (marcos) y estar unificados. Presente las tablas en archivo aparte (Excel), identificadas con su respectivo número. Haga las llamadas a pie de página de tabla con letras ubicadas como superíndice. Evite tablas grandes sobrecargadas de información y líneas divisorias o presentadas en forma compleja. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertar tablas y anexos.

Bibliografía

Contiene únicamente la lista de las referencias citadas en el texto. Ordénelas alfabéticamente por autores y cronológicamente para un mismo autor. Si hay varias referencias de un mismo autor(es) en el mismo año, añada las letras a, b, c, etc. No abrevie los nombres de las revistas. Presente las referencias en el formato anexo, incluyendo el uso de espacios, comas, puntos, mayúsculas, etc.

ARTÍCULO EN REVISTAS

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

LIBROS, TESIS E INFORMES TÉCNICOS

Libros: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 118 pp.

Tesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 160 pp.

Informes técnicos: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

Capítulo en libro o en informe: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Resumen en congreso, simposio, talleres: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

PÁGINAS WEB

No serán incluidas en la bibliografía, sino que se señalarán claramente en el texto al momento de mencionarlas.

Guidelines for authors

(humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota)

Manuscript preparation

Submitting a manuscript implies the explicit statement by the author(s) that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese and it is recommended not exceeding 40 pages (with paragraphs spaced at 1,5) including tables, figures and Annex. For special cases, the editor could consider publishing more extensive papers, monographs or symposium conclusions. New species descriptions for science, new geographic records and regional biodiversity lists are of particular interest for this journal.

Any word-processor program may be used for the text (Word is recommended). taxonomic list or any other type of table, should be prepared in spreadsheet application (Excel is recommended). To submit a manuscript must be accompanied by a cover letter which clearly indicate s:

1. Full names, mailing addresses and e-mail addresses of all authors. (Please note that email addresses are essential to direct communication).
2. The complete title of the article.
3. Names, sizes, and types of files provide.
4. A list of the names and addresses of at least three (3) reviewers who are qualified to evaluate the manuscript.

Evaluation

Submitted manuscript will have a peer review evaluation. Resulting in any of the following: a) *accepted* (in this case we assume that no change, omission or addition to the article is required and it will be published as presented.); b) *conditional acceptance* (the article is accepted and recommended to be published but it needs to be corrected as indicated by the reviewer); and c) *rejected* (when the reviewer considers that the contents and/or form of the paper are not in accordance with requirements of publication standards of *Biota Colombiana*).

Text

- The manuscript specifications should be the following: standard letter size paper, with 2.5 cm margins on all sides, 1.5-spaced and left-aligned (including title and bibliography).
- All text pages (with the exception of the title page) should be numbered. Pages should be numbered in the lower right corner.
- Use Times New Roman or Arial font, size 12, for all texts. Use size 10 text in tables. Avoid the use of bold or underlining. 40 pages maximum, including tables, figures and annex. For tables use size 10 Times New Roman or Arial Font (the one used earlier).
- The manuscripts must be completed with the following order: title, abstract and key words, then in Spanish Título, Resumen y Palabras claves. Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, conclusions (optional), acknowledgements (optional) and bibliography. Following include a page with the Table, Figure and Annex list. Finally tables, figures and annex should be presented and clearly identified in separate tables.
- Scientific names of genera, species and subspecies should be written in italic. The same goes for Latin technical terms (i.e. sensu, *et al.*). Avoid the use of underlining any word or title. Do not use footnotes.
- As for abbreviations and the metric system, use the standards of the International System of Units (SI) remembering that there should always be a space between the numeric value and the measure unit (e.g., 16 km, 23 °C). For relative measures such as m/sec, use m.sec⁻¹.
- Write out numbers between one to ten in letters except when it precedes a measure unit (e.g., 9 cm) or if it is used as a marker (e.g., lot 9, sample 7).
- Do not use a point to separate thousands, millions, etc. Use a comma to separate the whole part of the decimal (e.g., 3,1416). Numerate the hours of the from 0:00 to 24:00. Express years with all numbers and without marking thousands (e.g., 1996-1998). In Spanish, the names of the months and days (enero, julio, sábado, lunes) are always written with the first letter as a lower case, but it is not this way in English.
- The cardinal points (north, south, east, and west) should always be written in lower case, with the exception of abbreviations N, S, E, O (in English NW), etc. The correct indication of geographic coordinates is as follows: 02°37'53"N-56°28'53"W. The geographic altitude should be cited as follows: 1180 m a.s.l.
- Abbreviations are explained only the first time they are used.

- When quoting references in the text mentioned author's last names when they are one or two, and et al. after the last name of the first author when there are three or more. If you mention many references, they should be in chronological order and separated by commas (e.g., Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- ABSTRACT: include an abstract of 200 words maximum, in Spanish, Portuguese or English.
- KEY WORDS: six key words maximum, complementary to the title.

Pictures, Figures, Tables and Annex

- Figures (graphics, diagrams, illustrations and photographs) without abbreviation (e.g. Figure 3) the same as tables (e.g., Table 1). Graphics and figures should be in black and white, with uniform font type and size. They should be sharp and of good quality, avoiding unnecessary complexities (e.g., three dimensions graphics). When possible use solid color instead of other schemes. The words, numbers or symbols of figures should be of an adequate size so they are readable once reduced. Digital figures must be sent at 300 dpi and in .tiff format. Please indicate in which part of the text you would like to include it.
- The same applies to tables and annexes, which should be simple in structure (frames) and be unified. Present tables in a separate file (Excel), identified with their respective number. Make calls to table footnotes with superscript letters above. Avoid large tables of information overload and fault lines or presented in a complex way. It is appropriate to indicate where in the text to insert tables and annexes.

Bibliography

References in bibliography contains only the list of references cited in the text. Sort them alphabetically by authors and chronologically by the same author. If there are several references by the same author(s) in the same year, add letters a, b, c, etc. Do not abbreviate journal names. Present references in the attached format, including the use of spaces, commas, periods, capital letters, etc.

JOURNAL ARTICLE

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

BOOK, THESIS, TECHNICAL REVIEWS

Book: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 118 pp.

Thesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 160 pp.

Technical reviews: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe

Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. 80 pp.

Book chapter or in review: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Symposium abstract: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

WEB PAGES

Not be included in the literature, but clearly identified in the text at the time of mention.

Guía para autores - Artículos de Datos

www.humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota-biotacol@humboldt.org.co

www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co

El objetivo de esta guía es establecer y explicar los pasos necesarios para la elaboración de un manuscrito con el potencial de convertirse en artículo de datos para ser publicado en la revista *Biota Colombiana*. En esta guía se incluyen aspectos relacionados con la preparación de datos y el manuscrito.

¿Qué es un artículo de datos?

Un artículo de datos o *Data Paper* es un tipo de publicación académica que ha surgido como mecanismo para incentivar la publicación de datos sobre biodiversidad, a la vez que es un medio para generar reconocimiento académico y profesional adecuado a todas las personas que intervienen de una manera u otra en la gestión de información sobre biodiversidad.

Los artículos de datos contienen las secciones básicas de un artículo científico tradicional. Sin embargo, estas se estructuran de acuerdo a un estándar internacional para metadatos (información que le da contexto a los datos) conocido como el *GBIF Metadata Profile (GMP)*¹. La estructuración del manuscrito con base en este estándar se da, en primer lugar, para facilitar que la comunidad de autores que publican conjuntos de datos a nivel global, con presencia en redes como la *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)* y otras redes relacionadas, puedan publicar fácilmente artículos de datos obteniendo el reconocimiento adecuado a su labor. En segundo lugar, para estimular que los autores de este tipo de conjuntos de datos que aún no han publicado en estas redes de información global, tengan los estímulos necesarios para hacerlo.

Un artículo de datos debe describir de la mejor manera posible el quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo de la toma y almacenamiento de los datos, sin llegar a convertirse en el medio para realizar un análisis exhaustivo de los mismos, como sucede

en otro tipo de publicaciones académicas. Para profundizar en este modelo de publicación se recomienda consultar a Chavan y Penev (2011)².

¿Qué manuscritos pueden llegar a ser artículos de datos?

Manuscritos que describan conjuntos de datos primarios y originales que contengan registros biológicos (captura de datos de la presencia de un(os) organismo(s) en un lugar y tiempo determinados); información asociada a ejemplares de colecciones biológicas; listados temáticos o geográficos de especies; datos genómicos y todos aquellos datos que sean susceptibles de ser estructurados con el estándar *Darwin Core*³ (DwC). Este estándar es utilizado dentro de la comunidad de autores que publican conjuntos de datos sobre biodiversidad para estructurar los datos y de esta manera poder consolidarlos e integrarlos desde diferentes fuentes a nivel global. No se recomienda someter manuscritos que describan conjuntos de datos secundarios, como por ejemplo compilaciones de registros biológicos desde fuentes secundarias (p.e. literatura o compilaciones de registros ya publicados en redes como GBIF o IABIN).

Preparación de los datos

Como se mencionó anteriormente los datos sometidos dentro de este proceso deben ser estructurados en el estándar DwC. Para facilitar su estructuración, el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia), ha creado dos plantillas en Excel, una para registros biológicos y otra para listas de especies. Lea y siga detenidamente las instrucciones de las plantillas para la estructuración de los datos a publicar. Para cualquier duda sobre el proceso de estructuración de estos datos por favor contactar al equipo coordinador del SiB Colombia (EC-SiB) en sib+iac@humboldt.org.co.

¹ Wiczorek, J. 2011. Perfil de Metadatos de GBIF: una guía de referencia rápida. *En:* Wiczorek, J. The GBIF Integrated Publishing Toolkit User Manual, version 2.0. Traducido y adaptado del inglés por D. Escobar. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 23p. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>.

² Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 12 (Suppl 15): S2.

³ TDWG. 2011. *Darwin Core*: una guía de referencia rápida. (Versión original producida por TDWG, traducida al idioma español por Escobar, D.; versión 2.0). Bogotá: SiB Colombia, 33 pp. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>

Preparación del manuscrito

Para facilitar la creación y estructuración del manuscrito en el estándar GMP, se cuenta con la ayuda de un editor electrónico (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) que guiará al autor en dicho proceso y que finalmente generará una primera versión del manuscrito. Se recomienda el uso del manual GMP, como una guía de la información a incluir en cada sección del manuscrito, junto con el anexo 1.

Pasos a seguir para la elaboración del manuscrito:

1. Solicite al correo sib+iac@humboldt.org.co el acceso al editor electrónico. El EC-SiB le asignará un usuario y contraseña.
2. Ingrese con su usuario y contraseña al editor electrónico, luego diríjase a la pestaña *Gestión de recursos* y cree un nuevo recurso asignando un nombre corto a su manuscrito usando el formato “AcronimoDeLaInstitucion_año_tipoDeConjuntoDeDatos”, p.e. ABC_2010_avestini y dar clic en el botón crear.
3. En la vista general del editor seleccione “editar” en la pestaña *Metadatos* (por favor, no manipule ningún otro elemento), allí encontrará diferentes secciones (panel derecho) que lo guiarán en la creación de su manuscrito. Guarde los cambios al finalizar cada sección, de lo contrario perderá la información. Recuerde usar el manual GMP. A continuación se presentan algunas recomendaciones para la construcción del manuscrito. Las secciones se indican en MAYUSCULAS y los elementos de dichas secciones en **negrilla**.
 - En PARTES ASOCIADAS incluya únicamente aquellas personas que no haya incluido en INFORMACIÓN BÁSICA.
 - Los DATOS DEL PROYECTO y DATOS DE LA COLECCIÓN son opcionales según el tipo de datos. En caso de usar dichas secciones amplíe o complemente información ya suministrada, p. ej. no repita información de la **descripción** (COBERTURA GEOGRÁFICA) en la **descripción del área de estudio** (DATOS DEL PROYECTO).
 - De igual manera, en los MÉTODOS DE MUESTREO, debe ampliar o complementar información, no repetirla. La información del **área de estudio** debe dar un contexto específico a la metodología de muestreo.
 - Es indispensable documentar el **control de calidad** en MÉTODOS DE MUESTREO. Acá se debe describir que herramientas o protocolos se utilizaron para garantizar

la calidad y coherencia de los datos estructurados con el estándar DwC.

- Para crear la **referencia del recurso**, en la sección REFERENCIAS, utilice uno de los dos formatos propuestos (Anexo 2). No llene el **identificador de la referencia**, este será suministrado posteriormente por el EC-SiB.
 - Para incluir la bibliografía del manuscrito en **referencias**, ingrese cada una de las citas de manera individual, añadiendo una nueva referencia cada vez haciendo clic en la esquina inferior izquierda.
4. Rectifique que el formato de la información suministrada cumpla con los lineamientos de la revista (p. ej. abreviaturas, unidades, formato de números etc.) en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.
 5. Una vez incluida y verificada toda la información en el editor electrónico notifique al EC-SiB al correo electrónico sib+iac@humboldt.org.co, indicando que ha finalizado la edición del manuscrito. Adicionalmente adjunte la plantilla de Excel con los datos estructurados (elimine todas las columnas que no utilizó). El EC-SiB realizará correcciones y recomendaciones finales acerca de la estructuración de los datos y dará las instrucciones finales para que usted proceda a someter el artículo.

Someter el manuscrito

Una vez haya terminado la edición de su manuscrito y recibido las instrucciones por parte del EC-SiB, envíe una carta al correo electrónico biotacol@humboldt.org.co para someter su artículo, siguiendo las instrucciones en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.

Recuerde adjuntar:

- Plantilla de Excel con la última versión de los datos revisada por el EC-SiB.
- Documento de Word con las figuras y tablas seguidas de una lista las mismas.

Cuando finalice el proceso, sus datos se harán públicos y de libre acceso en los portales de datos del SiB Colombia y GBIF. Esto permitirá que sus datos estén disponibles para una audiencia nacional e internacional, manteniendo siempre el crédito para los autores e instituciones asociadas.

Anexo 1. Estructura base de un artículo de datos y su correspondencia con el editor electrónico basado en el GMP.

SECCIÓN/SUBSECCIÓN	CORRESPONDENCIA CON LOS ELEMENTOS DEL EDITOR ELECTRÓNICO
TÍTULO	Derivado del elemento título .
AUTORES	Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas .
AFILIACIONES	Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas . De estos elementos, la combinación de organización, dirección, código postal, ciudad, país y correo electrónico , constituyen la afiliación.
AUTOR DE CONTACTO	Derivado de los elementos creador del recurso y proveedor de los metadatos.
CITACIÓN	Para uso de los editores.
CITACIÓN DELE RECURSO	Derivada del elemento referencia del recurso .
RESUMEN	Derivado del elemento resumen . Máximo 200 palabras.
PALABRAS CLAVE	Derivadas del elemento palabras clave . Máximo seis palabras.
ABSTRACT	Derivado del elemento abstract . Máximo 200 palabras.
KEY WORDS	Derivadas del elemento key words . Máximo seis palabras.
INTRODUCCIÓN	Derivado del elemento propósito (de las secciones Introducción y Antecedentes). Se sugiere un breve texto para introducir las siguientes secciones. Por ejemplo, historia o contexto de la colección biológica o proyecto en relación con los datos descritos, siempre y cuando no se repita información en las subsecuentes secciones.
Datos del proyecto	Derivada de los elementos de la sección Datos del proyecto: título, nombre, apellido, rol, fuentes de financiación, descripción del área de estudio y descripción del proyecto .
Cobertura taxonómica	Derivada de los elementos de la sección Cobertura taxonómica: descripción, nombre científico, nombre común y categoría .
Cobertura geográfica	Derivada de los elementos de la sección Cobertura geográfica: descripción, latitud mínima, latitud máxima, longitud mínima, longitud máxima .
Cobertura temporal	Derivada de los elementos de la sección Cobertura temporal: tipo de cobertura temporal .
Datos de la colección	Derivada de los elementos de la sección Datos de la colección: nombre de la colección, identificador de la colección, identificador de la colección parental, método de preservación de los especímenes y unidades curatoriales .
MATERIAL Y MÉTODOS	Derivado de los elementos de la sección Métodos de muestreo: área de estudio, descripción del muestreo, control de calidad, descripción de la metodología paso a paso .
RESULTADOS	
Descripción del conjunto de datos	Derivado de los elementos de las secciones Discusión y Agradecimientos, contiene información del formato de los datos y metadatos: nivel de jerarquía, fecha de publicación y derechos de propiedad intelectual .
DISCUSIÓN	Se deriva del elemento discusión . Un texto breve (máximo 500 palabras), que puede hacer referencia a la importancia, relevancia, utilidad o uso que se le ha dado o dará a los datos en publicaciones existentes o en posteriores proyectos.
AGRADECIMIENTOS	Se deriva del elemento agradecimientos .
BIBLIOGRAFÍA	Derivado del elemento bibliografía .

Anexo 2. Formatos para llenar el elemento referencia del recurso.

La referencia del recurso es aquella que acompañará los datos descritos por el artículo, públicos a través de las redes SiB Colombia y GBIF. Tenga en cuenta que esta referencia puede diferir de la del artículo. Para mayor información sobre este elemento contacte al EC-SiB. Aquí se sugieren dos formatos, sin embargo puede consultar otros formatos establecidos por GBIF⁴.

TIPO DE RECURSO	PLANTILLA	EJEMPLO
El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de un proyecto de carácter institucional o colectivo con múltiples participantes.	<Institución publicadora/ Grupo de investigación> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>. <Número total de registros>, <aportados por:> <parte asociada 1 (rol), parte asociada 2 (rol) (...)>. <En línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA>.	Centro Nacional de Biodiversidad (2013). Vertebrados de la cuenca de la Orinoquia. 1500 registros, aportados por Pérez, S. (Investigador principal, proveedor de contenidos, proveedor de metadatos), M. Sánchez (Procesador), D. Valencia (Custodio, proveedor de metadatos), R. Rodríguez (Procesador), S. Sarmiento (Publicador), V. B. Martínez (Publicador, editor). En línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , publicado el 01/09/2013.
El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de una iniciativa personal o de un grupo de investigación definido.	<Parte asociada 1, parte asociada 2 (...)> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>, <Número total de registros>, <en línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA>	Valencia, D., R. Rodríguez y V. B. Martínez (2013). Vertebrados de la cuenca del Orinoco. 1500 registros, en línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin . Publicado el 01/09/2001.

Guidelines for authors - Data Papers

www.humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota-biotacol@humboldt.org.co | [www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co](http://www.sibcolombia.net-sib+iac@humboldt.org.co)

The purpose of this guide is to establish and explain the necessary steps to prepare a manuscript with the potential to become a publishable data paper in Biota Colombiana. This guide includes aspects related to the preparation of both data and the manuscript.

What is a Data Paper?

A data paper is a scholarly publication that has emerged as a mechanism to encourage the publication of biodiversity data as well as an approach to generate appropriate academic and professional recognition to all those involved in the management of biodiversity information.

A data paper contains the basic sections of a traditional scientific paper. However, these are structured according to an international standard for metadata (information that gives context to the data)

known as the *GBIF Metadata Profile* (GMP)⁵. The structuring of the manuscript based on this standard enables the community of authors publishing datasets globally, with presence in networks such as the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) and other related networks, to publish data easily while getting proper recognition for their work and to encourage the authors of this type of data sets that have not yet published in these global information networks to have the necessary incentives to do so.

A data paper should describe in the best possible way the Whom, What, Where, When, Why and How of documenting and recording of data, without becoming the instrument to make a detailed analysis of the data, as happens in other academic publications. To deepen this publishing model, it is recommended to consult Chavan & Penev (2011)⁶.

⁴ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan), Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

⁵ GBIF (2011). GBIF Metadata Profile, Reference Guide, Feb 2011, (contributed by O Tuama, E., Braak, K., Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 19 pp. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_metadata_profile_how-to_en_v1.

⁶ Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. BMC Bioinformatics 12 (Suppl 15): S2.

Which manuscripts are suitable for publication as data paper?

Manuscripts that describe datasets containing original primary biological records (data of occurrences in a particular place and time); information associated with specimens of biological collections, thematic or regional inventories of species, genomic data and all data likely to be structured with the standard *Darwin Core Darwin Core*⁷ (DwC). This standard is used in the community of authors publishing biodiversity datasets to structure the data and thus to consolidate and integrate from different sources globally. It is not recommended to submit manuscripts describing secondary datasets, such as biological records compilations from secondary sources (e.g. literature or compilations of records already published in networks such as GBIF or IABIN).

Dataset preparation

As mentioned above data submitted in this process should be structured based on DwC standard. For ease of structuring, the Biodiversity Information System of Colombia (SiB Colombia), created two templates in Excel; one for occurrences and other for species checklist. Carefully read and follow the template instructions for structuring and publishing data. For any questions about the structure process of data please contact the Coordinator Team of SiB Colombia (EC-SiB) at sib+iac@humboldt.org.co

Manuscript preparation

To assist the creation and structuring of the manuscript in the GMP standard, an electronic writing tool is available (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) to guide the author in the process and ultimately generate a first version of the manuscript. The use of GMP manual as an information guide to include in each section of the manuscript, as well as the annex 1 is recommended.

Steps required for the manuscript preparation:

- 1 Request access to the electronic writing tool at sib+iac@humboldt.org.co. The EC-SiB will assign a username and password.
2. Login to the electronic writing tool, then go to the tab Manage Resources and create a new resource by assigning a short name for your manuscript and clicking on the Create button. Use the format: "InstitutionAcronym_Year_DatasetFeature", e.g. NMNH_2010_rainforestbirds.
3. In the overview of the writing tool click on edit in Metadata section (please, do not use any other section), once there you will find different sections (right panel) that will guide you creating your manuscript. Save the changes at the end of each section, otherwise you will lose the information. Remember to use the GMP manual. Here are some recommendations for editing the metadata, sections are indicated in CAPS and the elements of these sections in **bold**.

- In ASSOCIATED PARTIES include only those who are not listed in BASIC INFORMATION.
 - PROJECT DATA and COLLECTION DATA are optional depending on the data type. When using these sections extend or complement information already provided, i.e. do not repeat the same information describing the **description** (GEOGRAPHIC COVERAGE) in the **study area description** (PROJECT DATA).
 - Likewise, in SAMPLING METHODS, you must expand or complete the information, not repeat it. The information in **study extent** should give a specific context of the sampling methodology.
 - It is essential to document the **quality control** in SAMPLING METHODS. Here you should describe what tools or protocols were used to ensure the quality and consistency of data structured with DwC standard.
 - To create the **resource citation** in the CITATIONS section, follow one of the two formats proposed (Annex 2). Do not fill out the **citation identifier**, this will be provided later by the EC-SiB.
 - To include the manuscript bibliography in **citations**, enter each of the citations individually, adding a new citation each time by clicking in the bottom left.
4. Check that the format of the information provided meets the guidelines of the journal (e.g. abbreviations, units, number formatting, etc.) in the *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.
 5. Once included and verified all information in the writing tool, notify to EC-SiB at sib+iac@humboldt.org.co, indicating that you have finished editing the manuscript. Additionally attach the Excel template with structured data (remove all columns that were not used). The EC-SiB will perform corrections and final recommendations about the structure of the data and give you the final instructions to submit the paper.

Submit the manuscript

Once you have finished editing your manuscript and getting the instructions from EC-SiB, send a letter submitting your article to email biotacol@humboldt.org.co, following the instructions of *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.

Remember to attach:

- Excel template with the latest version of the data reviewed by the EC-SiB.
- Word document with figures and tables followed by a list of them.

At the end of the process, your information will be public and freely accessible in the data portal of SiB Colombia and GBIF. This will allow your data to be available for national and international audience, while maintaining credit to the authors and partner institutions.

⁷ Biodiversity Information Standards – TDWG. Accessible at <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/>

Annex 1. Basic structure of a data paper and its mapping to the writing tool elements based on GM.

SECTION/SUB-SECTION HEADING	MAPPING WITH WRITING TOOL ELEMENTS
TITLE	Derived from the title element.
AUTHORS	Derived from the resource creator , metadata provider , and associated parties elements.
AFFILIATIONS	Derived from the resource creator , metadata provider and associated parties elements. From these elements combinations of organization , address , postal code , city , country and email constitute the affiliation .
CORRESPONDING AUTHOR	Derived from the resource contact , metadata provider elements.
CITATION	For editors use.
RESOURCE CITATION	Derived from the resource citation element.
RESUMEN	Derived from the resumen element. 200 words max.
PALABRAS CLAVE	Derived from the palabras clave element. 6 words max.
ABSTRACT	Derived from the abstract element. 200 words max.
KEY WORDS	Derived from the key words element. 6 words max.
INTRODUCTION	Derived from the purpose (Introduction and Background section). A short text to introduce the following sections is suggested. For example, history or context of the biological collection or project related with the data described, only if that information is not present in subsequent sections.
Project data	Derived from elements title , personnel first name , personnel last name , role , funding , study area description , and design description .
Taxonomic Coverage	Derived from the taxonomic coverage elements: description , scientific name , common name and rank .
Geographic Coverage	Derived from the geographic coverage elements: description , west , east , south , north .
Temporal Coverage	Derived from the temporal coverage elements: temporal coverage type .
Collection data	Derived from the collection data elements: collection name , collection identifier , parent collection identifier , specimen preservation method and curatorial units .
MATERIALS AND METHODS	Derived from the sampling methods elements: study extent , sampling description , quality control and step description .
RESULTADOS	
Descripción del conjunto de datos	Derived from the discussion and acknowledgments, contains information about the format of the data and metadata: hierarchy level , date published and ip rights .
DISCUSSION	Derived from the discussion element. A short text (max 500 words), which can refer to the importance, relevance, usefulness or use that has been given or will give the data in the published literature or in subsequent projects.
ACKNOWLEDGMENTS	Derived from the acknowledgments element.
BIBLIOGRAPHY	Derived from the citations element.

Annex 2. Citation style quick guide for “resource reference” section.

The Resource Reference is the one that refer to the dataset described by the paper, publicly available through SiB Colombia and GBIF networks. Note that this reference may differ from the one of the paper. For more information about this element contact EC-SiB.

Here two formats are suggested; however you can consult other formats established by GBIF⁸.

TYPE OF RESOURCE	TEMPLATE	EXAMPLE
The paper is the result of a collective or institutional project with multiple participants.	<Institution/Research Group>. <Year>, <Title of the Resource/Paper>. <Number of total records>, <provided by :> <associated party 1 (role), associated party 2 (role), (...)>. <Online,> <resource URL>, <published on>. <Published on DD/MM/AAAA>.	National Biodiversity (2013). Vertebrates in Orinoco, 1500 records, provided by: Perez, S. (Principal investigator, content provider), M. Sanchez (Processor), D. Valencia (Custodian Steward, metadata provider), R. Rodriguez (Processor), S. Sarmiento (Publisher), VB Martinez (Publisher, Editor). Online, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , published on 01/09/2013.
The paper is the result of a personal initiative or a defined research group.	<associated party 1, associated party 2, (...)>. <Year>, <Title of the Resource/Paper>, <Number of total records>, <Online,> <resource URL>. <Published on DD/MM/AAAA>.	Valencia, D., R. Rodríguez and V. B. Martínez. (2013). Vertebrate Orinoco Basin, 1500 records, Online, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , published on 01/09/2001

⁸ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan), Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

Una publicación del /A publication of: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
En asocio con /In collaboration with:
Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar
Missouri Botanical Garden

TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

Presentación	1
Conservación <i>ex situ</i> de la vegetación acuática de humedales de la sabana de Bogotá. <i>Ex situ</i> conservation of aquatic plants of wetlands of the sabana de Bogotá. <i>Lina M. Camelo-Mendoza, Myriam L. Martínez-Peña, Hernando Ovalle Serrano, Vilma I. Jaimes</i>	3
Comunidad de peces de la ciénaga de Paredes, Magdalena medio, Santander (Colombia) y su asociación con variables espacio temporales y ambientales. The fish community of the Paredes floodplain lake, Magdalena medio (Santander) and its association with spacio-temporal and environmental variables. <i>Beatriz H. Mojica-Figueroa y John J. Díaz-Olarte</i>	27
Identificación espacial de los sistemas de humedales continentales de Colombia. Identification and mapping of Colombian inland wetlands. <i>Carlos Flórez, Lina M. Estupiñán-Suárez, Sergio Rojas, César Aponte, Marcela Quiñones, Óscar Acevedo, Sandra Vilardy y Úrsula Jaramillo</i>	44
Un enfoque ecosistémico para el análisis de una serie densa de tiempo de imágenes de radar Alos PALSAR, para el mapeo de zonas inundadas en el territorio continental colombiano. Time series analysis of the Alos PALSAR radar data using an ecosystem approach for the detection and mapping of flooded areas in Continental Colombia. <i>Marcela Quiñones, Martín Vissers, Ana María Pacheco-Pascaza, Carlos Flórez, Lina M. Estupiñán-Suárez, César Aponte, Úrsula Jaramillo, Claudia Huertas y Dirk Hoekman</i>	63
Análisis espacial cuantitativo de la transformación de humedales continentales en Colombia. Quantitative spatial analysis of Colombian continental wetlands transformation. <i>Jorge E. Patiño</i>	85
Estado y factores de cambio de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento en humedales relacionados con aguas subterráneas en Iberoamérica y España. Provisioning ecosystem services and direct drivers change in wetlands related to groundwater in Iberoamerica and Spain. <i>Teresita Betancur, Emilia Bocanegra, Emilio Custodio, Marisol Manzano y Gerson Cardoso da Silva</i>	106
Guía para autores. Guidelines for authors	120