

Ficha metodológica

La figura muestra el proceso de análisis de transformación de humedales en Colombia. El análisis se hizo en tres etapas: (1) cuantificación de las coberturas intervenidas en zonas de humedal; (2) identificación de zonas calientes (*hotspots*) usando la malla cuadrada regular; y (3) análisis de regresión lineal multivariada teniendo en cuenta efectos espaciales. Estas etapas se describen a continuación.

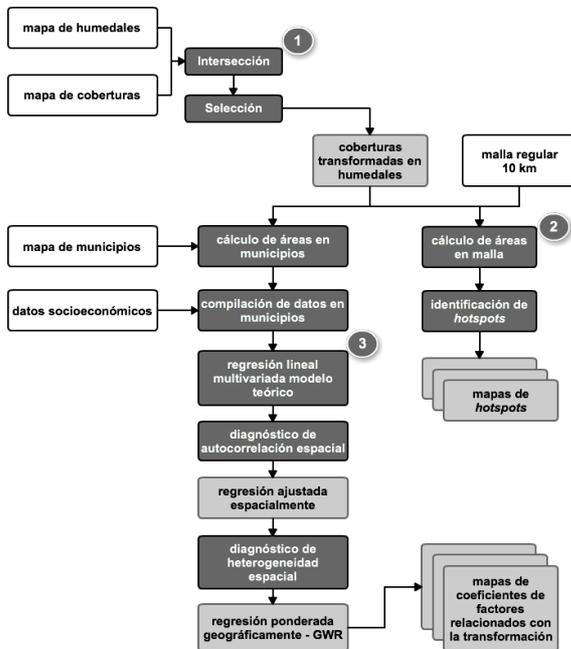


Figura. Diagrama de flujo de la metodología.

Cuantificación de áreas de humedal transformadas

La cuantificación de áreas de humedal transformadas se hizo a partir de la intersección del mapa de humedales¹ con el mapa de coberturas de la tierra². El mapa de humedales, fue generado en formato raster con un tamaño de celda de 25 m. Éste fue vectorizado conservando el atributo de la clase de humedal, y luego intersectado con el mapa de coberturas de la tierra. El resultado de la intersección se editó para seleccionar sólo las coberturas que pueden

asociarse con alguna intervención de origen antrópico (ver tabla), y se cuantificó el área de coberturas intervenidas para cada clase de humedal y para cada actividad.

Tabla. Coberturas transformadas en humedal y actividades asociadas

Leyenda en mapa de coberturas IDEAM (2010)	Actividad asociada
1.1.1. Tejido urbano continuo	urbanización
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	urbanización
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	urbanización
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	obras civiles
1.2.3. Zonas portuarias	obras civiles
1.2.4. Aeropuertos	obras civiles
1.2.5. Obras hidráulicas	obras civiles
1.3.1. Zonas de extracción minera	minería
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	minería
1.3.1.6. Explotación de sal	minería
1.4.1. Zonas verdes urbanas	urbanización
1.4.2. Instalaciones recreativas	urbanización
2.1.1. Otros cultivos transitorios	agricultura
2.1.2.1. Arroz	agricultura
2.1.2.2. Maíz	agricultura
2.1.3.1. Algodón	agricultura
2.1.4.1. Cebolla	agricultura
2.1.4.2. Zanahoria	agricultura
2.1.5.1. Papa	agricultura
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	agricultura
2.2.1.2. Caña	agricultura
2.2.1.2.1. Caña de Azúcar	agricultura
2.2.1.2.2. Caña Panelera	agricultura
2.2.1.3. Plátano y banano	agricultura
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	agricultura
2.2.2.2. Café	agricultura
2.2.2.3. Cacao	agricultura

HUMEDALES Y ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS

2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	agricultura
2.2.3.2. Palma de aceite	agricultura
2.2.4. Cultivos agroforestales	agricultura
2.2.5. Cultivos confinados	agricultura
2.3.1. Pastos limpios	ganadería
2.3.2. Pastos arbolados	ganadería
2.3.3. Pastos enmalezados	ganadería
2.4.1. Mosaico de cultivos	agricultura
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	ganadería
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	agricultura
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	ganadería
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	agricultura
3.1.3. Bosque fragmentado	deforestación
3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	deforestación
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	deforestación
3.1.5. Plantación forestal	forestal
3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	forestal
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	deforestación
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	deforestación
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	deforestación
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	desertificación
3.3.4. Zonas quemadas	zonas quemadas

Identificación de hotspots de transformación

Para la identificación de las zonas con mayor incidencia de transformación de humedales se usaron tres técnicas: mapa de calor con estimación de densidad de kernel^{3,4}, clusters espaciales de valores altos significativos según el indicador local de asociación espacial LISA⁵, y clusters según el estadístico general G⁶.

El mapa de calor permite la identificación rápida de los puntos calientes al ponderar una variable de interés en una ventana móvil que se desplaza por

todo el área de estudio. Este mapa fue generado en el programa QGIS⁷ con el *plug-in Heat Map* a partir de los centroides de la malla regular, ponderando con el valor de área transformada en cada celda y con un kernel de 50 km de radio.

De acuerdo con Anselin (1995), los puntos calientes de un fenómeno pueden identificarse como las zonas para las cuales el indicador local de asociación espacial LISA es significativo. El mapa de clusters LISA muestra las áreas que tienen valores atípicamente altos, o atípicamente bajos, y que son estadísticamente significativos⁵. Este mapa se generó con la función *Univariate LISA* en el programa GeoDa⁸ y se procesó para mostrar sólo las agrupaciones de valores atípicamente altos que corresponden a las zonas con mayor incidencia de transformación de humedales.

El estadístico G general de Getis & Ord (1992) se interpreta de manera similar al estadístico LISA, en el sentido de que contrasta la hipótesis nula de que no existe agrupación espacial de valores altos o bajos. Cuando este estadístico es significativo, indica la presencia de agrupaciones espaciales de valores atípicamente altos o atípicamente bajos. Este mapa se generó con la función *Local G Statistics* en el programa GeoDa y también se procesó para mostrar sólo los clusters de valores altos.

FUENTES DE DATOS UTILIZADOS

Las áreas de humedal se tomaron del mapa de humedales de Colombia del Instituto Humboldt¹, que identificó cinco clases de humedal: (1) Humedal Permanente Abierto, (2) Humedal Permanente Bajo Dosel, (3) Humedal Temporal, (4) Potencial Medio y (5) Potencial Bajo. El mapa de coberturas de la tierra de 2010² se usó para identificar las diferentes coberturas de la tierra en las áreas de humedal y cuantificar las áreas intervenidas por actividades humanas de forma agregada y diferenciada por clase de humedal.

HUMEDALES Y ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS

Se creó una malla cuadrada regular de 10 km que cubre todo el territorio continental del país y para cada celda se cuantificó el área de humedal, el área de coberturas intervenidas dentro de humedales y el porcentaje de área intervenida. Esta malla regular se generó para la identificación de puntos calientes de transformación (*hotspots*) de una manera objetiva e independiente de los límites administrativos.

Los límites municipales se usaron como unidad espacial de análisis para la implementación de modelos de regresión lineal y explorar las posibles relaciones entre la magnitud de la transformación de humedales y algunas variables socioeconómicas. Los municipios son las unidades espaciales más pequeñas para las cuales se cuenta con información socioeconómica con cobertura nacional completa. Los límites municipales se tomaron de la cartografía base del país en escala 1:100.000 actualizada a 2014 cedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Para las unidades municipales se calculó el área de humedal, el área transformada de humedal y el porcentaje del área del municipio que corresponde a humedal transformado.

LITERATURA ASOCIADA

1. IAVH. (2015). Mapa de Humedales de Colombia. Proyecto Ecosistemas estratégicos. Fondo Adaptación e Instituto Humboldt. En U. Jaramillo, J. Cortés-Duque, & C. Flórez (Eds.), *Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1*. (p. 140). Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
2. IDEAM. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000* (Vol. TH-62-04-1). Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
3. Parzen, E. (1962). On estimation of a probability density function and mode. *The Annals of Mathematical Statistics*, 33(3), 1065–1076.
4. Rosenblatt, M. (1956). Remarks on Some Nonparametric Estimates of a Density Function. *The Annals of Mathematical Statistics*, 27(3), 832–837.
5. Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association - LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115.
6. Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by distance statistics. *Geographical Analysis*, 35(24), 189–206.
7. QGIS Development Team. (2015). QGIS 2.8 Wien. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Recuperado a partir de <http://www.qgis.org>
8. Anselin, L., Syabri, I., & Kho, Y. (2006). GeoDa: An introduction to spatial data analysis. *Geographical Analysis*, 38(1), 5–22.

Cítese como: Patiño J.E., Estupiñán L.M. y Jaramillo U. (2016). Humedales y actividades antropogénicas. En: Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I. y Rueda, C. (Eds). Biodiversidad 2015. Estado y Tendencias de la Biodiversidad Continental de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D. C.