



Efecto del Dique Sur sobre las coberturas del humedal de Güira de Melena, Artemisa, Cuba

Effect of the South Dike on the canopy types of the Güira de Melena Wetland, Artemisa, Cuba

Yailín Pérez-Gutiérrez^{1*}, Yaiser Ávila Rodríguez², Claudia Bolívar Rodríguez³, Rosmery Hernández-Prado⁴

RESUMEN

¹Universidad Agraria de La Habana, Ministerio de Educación, Mayabeque, Cuba.

²Universitat Politècnica de Valencia. Camí de Vera, Valencia, España.

³Instituto de Ciencias del Mar, La Habana, Cuba.

⁴Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba.

*Correspondencia: yaillypg@gmail.com

Recibido: 06 de febrero de 2020

Aceptado: 24 de noviembre de 2020

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons



<https://eqrcode.co/a/iGKF1W>

Los humedales son de gran importancia para la protección ante eventos meteorológicos debido a su capacidad de disminuir la penetración del mar. Históricamente, estos ecosistemas en Cuba han reducido su extensión debido a la deforestación, la modificación del régimen hídrico y la expansión urbana. Los humedales del sur de Güira de Melena, Artemisa, Cuba, presentan modificaciones en el régimen hídrico por la construcción de obras hidráulicas como el Dique Sur. Se han realizado diversos estudios en los cuales se ha llegado a resultados contradictorios sobre los efectos del dique en la vegetación de esta zona. Una herramienta útil para poder realizar investigaciones de variaciones de la cobertura de humedales costeros es la teledetección de imágenes satelitales. El objetivo de este estudio fue evaluar las variaciones de la cobertura boscosa del humedal de Güira de Melena entre los años 1985 y 2017. Se utilizó una clasificación supervisada de la cobertura de humedal con datos de campo tomados en el área analizada. Se determinó que la extensión de los humedales de la zona costera de Güira de Melena mostró variaciones entre los años 1985 y 2017. La construcción de obras como el Dique Sur para esta región probablemente haya repercutido negativamente sobre los bosques de ciénaga porque presentaron una reducción durante el periodo analizado. Los herbazales de ciénaga mostraron un aumento hacia la región norte, mientras los manglares predominaron en la zona sur, con lo cual ha ido en ascenso la protección de las costas contra eventos meteorológicos.

Palabras clave: bosque de ciénaga, herbazal de ciénaga, manglar, teledetección

ABSTRACT

Wetlands are of utmost importance for protection against meteorological events due to their ability to reduce the penetration of the sea. Historically, these ecosystems in Cuba have decreased their extension due to deforestation, the modification of the water regime and urban expansion. The wetlands of the south of Güira de Melena, Artemisa, Cuba, have presented modifications in the water regime due to the construction of hydraulic works such as the South Dike. Various studies have been carried out in which contradictory results have been reached on the effects of the dike on the vegetation of this area. A useful tool to be able to carry out investigations of variations in the coverage of coastal wetlands is the remote sensing of satellite images. The objective of this study was to evaluate the variations in the forest cover of the Güira de Melena wetland between 1985 and 2017. A supervised classification of the wetland cover was used with field data taken in the analyzed area. It was determined that the extension of the wetlands of the coastal zone of Güira de Melena showed variations between the years 1985 and 2017. The construction of works such as the South Dike for this region has probably had a negative impact on the swamp forests because they have had a reduction during the period analyzed. The swamp grasslands showed an increase towards the northern region, while mangroves predominated in the southern area, with which the protection of the coasts against meteorological events has been increasing.

Keywords: mangrove, remote sensing, swamp forest, swamp grassland

INTRODUCCIÓN

Los humedales constituyen ecosistemas asociados a sustratos saturados de agua, ya sea de forma temporal o permanente. Se establece que son humedales a las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006). Estos ecosistemas se emplean continuamente en actividades como la pesca y el ecoturismo. Sin embargo, su importancia no radica solo en el valor económico que poseen, sino que, además, aportan servicios ecosistémicos irremplazables. Por ejemplo, constituyen barreras contra inundaciones costeras, son sumideros de carbono e importantes sitios de cría de peces y aves (Cabrera-Amaya *et al.*, 2017). La alta diversidad de especies que exhiben los humedales, así como su importante rol en el control de inundaciones, ha llamado la atención de la comunidad internacional para el desarrollo de acciones encaminadas a su protección y conservación. Tal es el caso de los sitios Ramsar, donde se protegen humedales tanto naturales como artificiales que alberguen poblaciones de aves (FAO, 2009).

A pesar de la importancia de los humedales, estos han disminuido su extensión debido, fundamentalmente, a factores antropogénicos como: la construcción de diques, canales, viales y caminos, la deforestación, y la expansión urbana (Menéndez y Guzmán, 2006; Batista, 2016). Los humedales más vulnerables de Cuba son los que se encuentran al sur de Artemisa y Mayabeque (Menéndez, 2013), debido a que históricamente han sido explotados para la extracción de madera y la construcción de zanjales y canales. Dentro de esta región, uno de los humedales más afectados es el de Güira de Melena, por las modificaciones en el régimen hídrico que causó la construcción del Dique Sur (1985-1991). Otros autores como Capote-Fuentes (2007) plantean que esta área ha sido beneficiada por aumento de cobertura de manglar asociado a la construcción del mismo dique. Los estudios de esta área con respecto al efecto del Dique Sur sobre el humedal muestran resultados contradictorios. Además, esta zona ha sido sometida a cambios en las coberturas vegetales debido a la deforestación con fines agrícolas, construcción de obras hidrotécnicas, así como la ocurrencia de huracanes (Menéndez y Guzmán, 2006). Desde el 2007

hasta la fecha este humedal ha sido afectado por cuatro huracanes intensos, sequías, así como el uso indiscriminado de los recursos hídricos para la agricultura (Batista, 2016; Stewart, 2017).

Un recurso eficiente para detectar los cambios en la cobertura de la vegetación en grandes extensiones durante periodos prolongados de tiempo es el uso de la teledetección (Green y Mumby, 2000; Berlanga-Robles y Ruiz-Luna, 2006). Esta herramienta es muy utilizada a nivel mundial en estudios medioambientales, pues se basa en un sistema de adquisición de datos a distancia sobre la biosfera, que relaciona las propiedades de la radiación electromagnética y su interacción con los materiales de la superficie terrestre (Sacristán, 2006). En Cuba existen antecedentes de numerosas investigaciones ejecutadas por el Instituto de Geografía Tropical, donde se han empleado procedimientos metodológicos en el uso de la teledetección, así como otros relacionados con los temas de cambios en la cobertura y el uso de la tierra (Lao, 2018). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar las variaciones de la cobertura boscosa del humedal de Güira de Melena entre los años 1985 y 2017 mediante el uso de la teledetección.

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE ESTUDIO

El área de estudio es el humedal de la costa sur del municipio Güira de Melena, ubicado en la provincia Artemisa, Cuba. Este municipio limita al norte con San Antonio de los Baños, al este con Quivicán, al oeste con Alquizar y al sur con el Golfo de Batabanó entre las coordenadas Latitud 22°43'30" y Longitud 82°30'30" (ONEI, 2017).

La población se distribuye en la ciudad de Güira de Melena, cabecera municipal, y los poblados de El Gabriel, El Junco, Cajío y población dispersa. Esta región se encuentra dividida por una barrera de agua dulce de 52 km de largo y 8 m de ancho que se extiende por toda la provincia y se conoce como Dique Sur. La barrera fue construida en cinco fases durante 1985-1991 con el objetivo de garantizar agua dulce en la capital del país y en zonas agrícolas (Batista, 2016). En el territorio donde se encuentra el municipio Güira de Melena, no existe drenaje superficial y predominan los depósitos palustres y sedimentos turbosos arcillosos. El relieve es suavemente ondulado y del tipo de llanura cársica. En la franja costera los suelos son cenagosos y no aptos para la agricultura (Batista, 2016).

La vegetación del humedal comprende manglares, bosque de humedal, vegetación herbácea con *Typha domingensis* Pers. (macío), *Cladium jamaicense* Crantz. (cortadera) y *Acrostichum aureum* L. (palmita de río), así como otras plantaciones, entre las que se encuentran *Casuarina* sp. (casuarina), *Calophyllum* sp. e *Hibiscus* sp. Las especies locales son *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), *Avicennia germinans* (L.) L. (mangle prieto), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. (patabán o mangle blanco) y *Conocarpus erectus* L. (yana) (Capote-Fuentes, 2007).

El municipio Güira de Melena, al encontrarse en el territorio de la región occidental, está expuesto al peligro del azote de los ciclones tropicales. Estos eventos meteorológicos, en dependencia de la velocidad del viento y de las lluvias asociadas, pueden ocasionar serios daños a la infraestructura y a las plantaciones agrícolas del área (Batista, 2016). El periodo de 1902-2005 fue el punto común de entrada de fuertes ciclones tropicales como Jenny en 1969, Irene en 1999 y Charley en 2004 (Stewart, 2017).

METODOLOGÍA

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación se seleccionaron imágenes satelitales Landsat 5 (TM) y 8 (OLI_TIRS) con todas sus bandas espectrales, correspondientes al periodo poco lluvioso de los años 1985 y 2017 respectivamente, evitando la alta nubosidad. Estas fueron obtenidas del sitio web Earth Explorer (www.earthexplorer.usgs.gov) a partir de sus coordenadas Centro Imagen 16-44.

Para la selección de los puntos de muestreo primero se realizó una clasificación no supervisada, que permitió conocer las diferencias entre las coberturas vegetales para la posterior selección de las regiones de interés, empleando el mismo número de clases de Capote-Fuentes (2007). Para la ubicación de los puntos de la imagen de 1985 se tomaron los empleados por Capote-Fuentes (2007), las bases de datos de la ordenación de las empresas agroforestales en 1980, la interpretación visual por los obreros e investigadores y la clasificación no supervisada. En el caso de la imagen de 2017 se emplearon los puntos de las expediciones del Proyecto “Reducción de la vulnerabilidad ante las inundaciones costeras del litoral sur de Artemisa y Mayabeque mediante la adaptación basada en ecosistemas” (Manglar Vivo), además manteniendo los puntos de muestreo de Capote-Fuentes (2007), las bases de datos de la ordenación de las empresas agroforestales en

2005, la interpretación visual por los obreros e investigadores, y la clasificación no supervisada. La cantidad de puntos seleccionados por clase y por año y sus coordenadas se muestran en la Tabla 1 y en el Anexo 1 respectivamente.

Tabla 1. Puntos de muestreo seleccionados por clase y año.

Table 1. Sample points selected by class and year.

Tipo de cobertura	Cantidad de puntos	
	Año 1985	Año 2017
Manglar	288	82
Bosque de ciénaga	13	21
Herbazal de ciénaga	116	30
Plantaciones y cultivos	11	21
Lagunas interiores	17	8
Infraestructuras	113	18

Se realizó un recorte del área de estudio en las imágenes satelitales con el objetivo de visualizar y ajustar mejor la región. Posteriormente, se binarizaron las imágenes (correspondiendo el color negro al mar y el blanco a la tierra) con el propósito de crear una máscara que anulara los niveles digitales correspondientes a la zona marina, para que no influyera en el análisis siguiente. Por último, se disminuyó el ruido atmosférico presente mediante una calibración radiométrica. Todo este procesamiento se realizó utilizando el programa ER MAPPER 7.0.

Las imágenes pre-procesadas se introdujeron en el software ENVI 5.0 para realizarles la clasificación supervisada y procesarlas. La clasificación se realizó aplicando el método *Maximum Likelihood* a todas las bandas espectrales, recomendado por Capote (2007) y Estrada *et al.* (2011) para los ecosistemas de humedales. Se conformaron seis clases con las imágenes: manglar, herbazal de ciénaga, lagunas interiores, bosque de ciénaga, pastos y cultivos e infraestructura. Para cada clase se seleccionaron los puntos de muestreo georreferenciados correspondientes, cubriendo toda la reflectancia recogida en la imagen, de manera tal que no quedaran píxeles sin clasificar. Luego de la clasificación, se le aplicó un filtrado a la imagen (Median 3x3) que permitió homogenizar las clases.

Las imágenes clasificadas se convirtieron a formato vectorial, para introducirlas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permitiera una mejor edición de estas clases y su mapificación. La

vectorización realizada en el ENVI 5.0 se llevó a cabo para cada clase por independiente. El SIG empleado para la edición, análisis y confección de los mapas de tipos de cobertura en cada año fue el MapInfo Professional 12.0. Los datos de cambios de cobertura, tanto cualitativos como cuantitativos, fueron obtenidos al analizar los mapas confeccionados previamente con la herramienta Encom Discover del SIG MapInfo Professional 12.0.

RESULTADOS

Los mapas obtenidos a partir de la clasificación supervisada de las imágenes satelitales mostraron los cambios en la distribución y extensión de los diferentes tipos de cobertura entre los años 1985 y 2017 (Fig.1). El humedal, en su conjunto, no estaba bajo la influencia del Dique Sur en 1985, por lo que no existía una división física establecida entre el norte y el sur, que sí existe para el año 2017, siendo este el principal cambio en la región de infraestructura.

En ambos años los bosques más representativos fueron manglar con un 41% y 54%, seguidos de herbazal de ciénaga con 24% y 37%, pastos y cultivos con 22% y 4%, y bosque de ciénaga con un 12% y 2% para los años 1985 y 2017, respectivamente. Según las cifras obtenidas, las extensiones totales de manglar y herbazal de ciénaga aumentaron, mientras que la de los restantes bosques disminuyeron. En el caso de las lagunas interiores presentaron pequeñas variaciones de su área entre ambos años, aumentando para el 2017.

En 1985 la distribución de manglar se concentraba principalmente en la región de Cayamas. Para el caso de los pastos y cultivos, ocupaban fundamentalmente la primera franja costera que no presentaba manglar. Hacia el interior del territorio se encontraban los herbazales de ciénaga, interrumpidos en la zona de las Cayamas por el manglar. El bosque de ciénaga estaba más fragmentado, con un mayor predominio hacia el norte de la región de estudio (Fig.1A).

En 2017 la distribución del manglar se concentraba principalmente en la primera línea de costa y en la mayor parte de la región de Cayamas. Para el caso de los pastos y cultivos se encontraron restringidos en parches aislados en las cercanías al poblado de Cajío, al sur del dique. En cambio, los herbazales de ciénaga se encontraban distribuidos fundamentalmente hacia el norte del dique, interrumpidos por el manglar de Cayamas. El bosque de ciénaga se encontraba

concentrado hacia el noreste del dique dentro de la región de estudio (Fig.1B).

La dinámica de los diferentes tipos de cobertura detectados en el área de estudio entre los años 1985 y 2017 se reflejó en variaciones de extensión y distribución con ganancia en algunas regiones y pérdidas en otras (Fig. 2). De manera general, hacia el sur del dique muchas de las áreas que se encontraban ocupadas en 1985 por pastos y cultivos y bosque de ciénaga fueron sucedidas por manglar en el 2017, siendo este último el tipo de cobertura de mayor predominio en la costa. Por otra parte, al norte del dique la sucesión pasó de un humedal mixto de manglar, herbazal de ciénaga, pastos y cultivos y bosque de ciénaga a dominante de herbazal de ciénaga y manglar (Fig.1).

En el caso del manglar, hubo una ganancia principalmente hacia ambos lados (Este-Oeste) del poblado de Cajío y de la región de Cayamas. Las pérdidas fundamentales de estos bosques ocurrieron hacia el norte del dique y en las cercanías de Cajío. En Punta Cayamas se evidenció una disminución de manglar en el borde costero de la región este y un aumento en la zona oeste, mientras que para el centro de esta región se mantuvo sin cambios (Fig. 2A). Las variaciones en los herbazales de ciénaga se produjeron fundamentalmente en la región noreste del dique, donde se evidenció un aumento de la cobertura. En el resto de esta vegetación se produjo una disminución quedando parches aislados. La franja de herbazal de ciénaga del norte del área de estudio se mantuvo sin cambios (Fig. 2B). Las ganancias de cobertura en los bosques de ciénaga se concentraron en la zona noreste del área de estudio. Las pérdidas se distribuyeron en el resto del humedal, excepto en el parche ubicado al noreste de la zona que se mantuvo constante (Fig. 2C). Los pastos y cultivos presentaron grandes pérdidas por todo el norte del dique con respecto a la ganancia que tuvieron en la región del sureste. En este caso, se produjeron cambios en toda la zona de estudio (Fig. 2D).

Los herbazales de ciénaga fueron los de mayor aumento en toda la región, mientras que los pastos y cultivos fueron los de mayores pérdidas constituyendo el tipo de cobertura más inestable (Fig. 2). En cambio, la cobertura más estable en el tiempo fue manglar. De forma general, se puede observar que el norte del dique presentó una mayor variación que el sur, aunque en

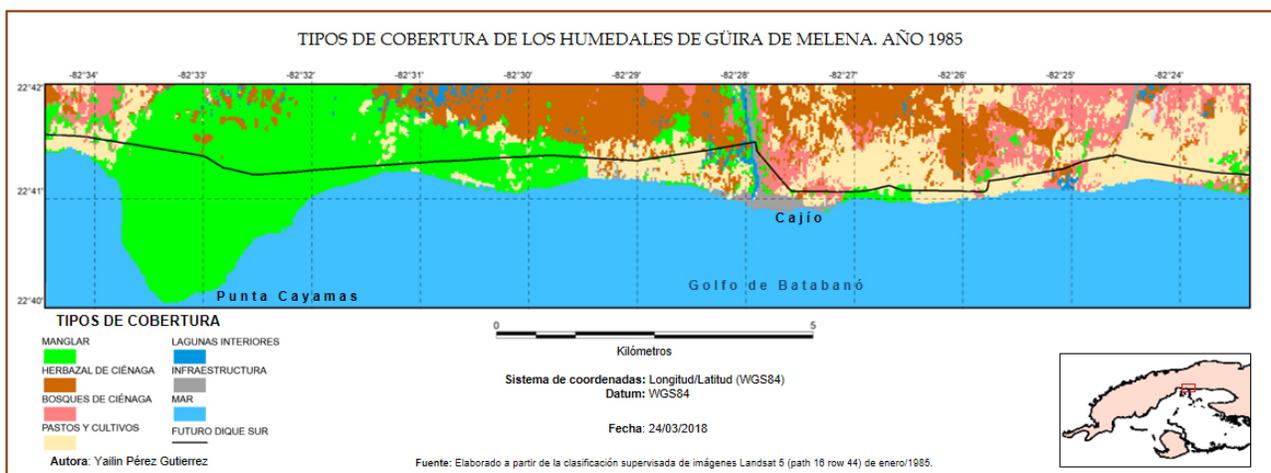
ambos casos las coberturas más afectadas fueron pastos y cultivos y bosques de ciénaga.

DISCUSIÓN

Las causas de los cambios desfavorables en las características de un humedal pueden agruparse en cinco grandes categorías: contaminación de las aguas, modificación física, sobreexplotación de los productos biológicos, introducción de especies invasoras y cambios en el régimen hídrico (Jiménez *et al.*, 2001). En el caso del área de estudio la construcción del dique provocó transformaciones en el régimen hídrico, lo cual disminuyó el flujo de agua dulce hacia la costa y

aumentó la salinidad en la parte sur (Capote-Fuentes, 2007). Ante estos cambios, los manglares dada su condición de plantas halófilas (López-Portillo, 2019), pasaron a ser la vegetación dominante en esta región. Dentro del grupo de especies de manglares en Cuba, el mangle prieto es el más tolerante a la salinidad, la adaptación que le permite esta alta tolerancia consiste en dejar entrar la sal disuelta en el agua a través de sus raíces, por filtración selectiva, y eliminar los excesos a través de glándulas en las hojas. El mangle rojo, a pesar de poseer la misma adaptación a la salinidad, no soporta valores tan altos como el mangle prieto. El patabán o mangle blanco se puede encontrar donde la salinidad del suelo oscila entre 20 y 40 ppmil (Menéndez, 2013).

A



B

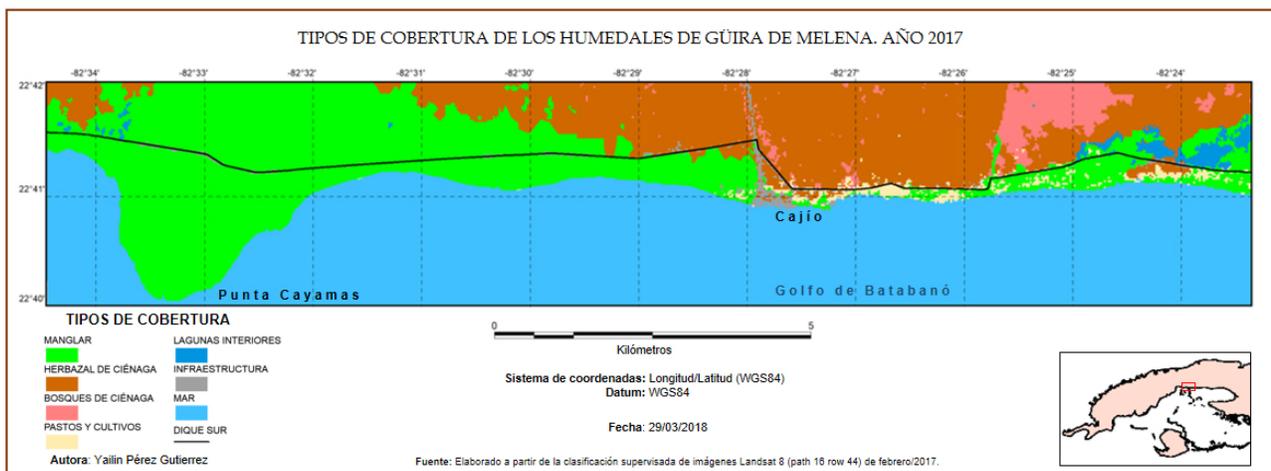


Figura 1. Mapa de los tipos de cobertura del humedal de Güira de Melena en los años 1985 (A) y 2017(B).

Figure 1. Map of coverage's types of Güira de Melena wetland in years 1985(A) and 2017(B).

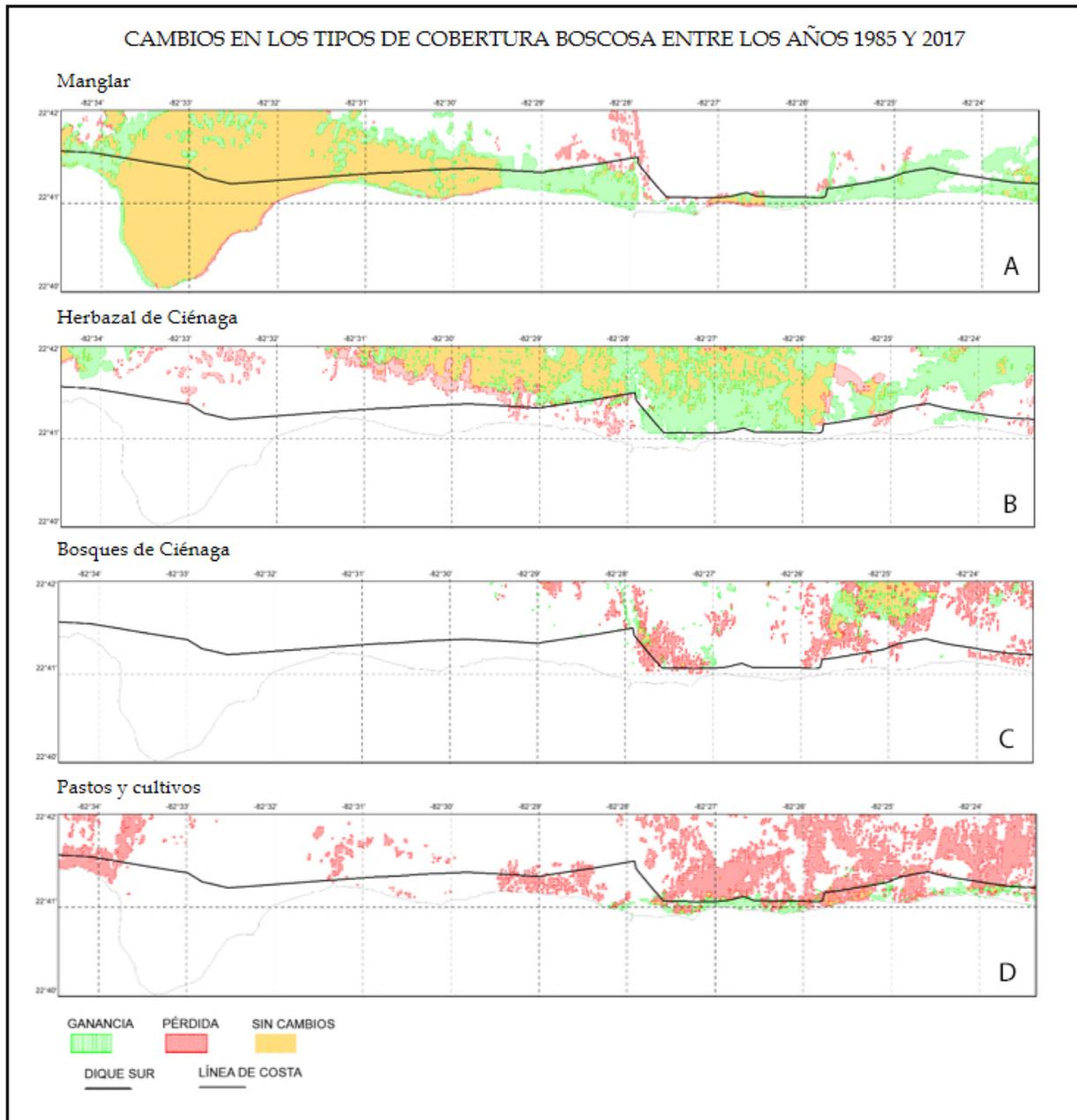


Figura 2. Variación de los tipos de cobertura del humedal de Güira de Melena entre los años 1985 y 2017: manglar (A), herbazal de ciénaga (B), bosque de ciénaga (C), pastos y cultivos (D).

Figure 2. Variation of cover's types of Güira de Melena wetland between 1985 and 2017: mangrove (A), swamp grassland (B), swamp forest (C), pastures and crops (D).

Por otra parte, las zonas de pastos y cultivos, así como los bosques de ciénaga, al ser sensibles a mayores valores de salinidad disminuyeron (Lemus *et al.*, 2009; Mesa, 2003).

En cambio, al norte del dique se produjo un aumento del nivel freático y disminuyeron los niveles de salinidad (Batista, 2016). El herbazal de ciénaga, con respecto a las vegetaciones del área de estudio, es la más resistente

a las condiciones de anegamiento (Menéndez y Guzmán, 2006). Según Gordon (2000) muchas especies herbáceas tienen la capacidad de flotar sobre la lámina de agua durante los periodos de inundación, aumentando su supervivencia. Dadas estas condiciones la cobertura mixta existente (manglar, herbazal de ciénaga, pastos y cultivos, y bosque de ciénaga) fue sustituida por una dominancia de herbazal de ciénaga.

La distribución de bosque de ciénaga se restringió a un parche ubicado hacia las zonas más altas, debido a la alta sensibilidad que posee ante la inundación prolongada (Menéndez y Guzmán, 2006) presente en las zonas bajas del área de estudio. Otro factor que puede haber influido en la disminución de este tipo de vegetación es la introducción de especies exóticas invasoras, como *Terminalia catappa* L. (almendra) y *Casuarina* sp. (casuarina), que compiten con las especies nativas y entorpecen su reclutamiento, lo cual reduce su diversidad biológica y resiliencia (Windevoxhel *et al.*, 2017).

En el caso particular de la zona de las Cayamas, la cobertura de manglar se mantuvo estable para el periodo de estudio. Puede deberse a que el ecotipo presente en la zona es de mangle achaparrado, caracterizado por mayor área de copa y menor altura, lo cual le beneficia para contrarrestar la acción del viento (Carrillo-Bastos *et al.*, 2008). En los bordes costeros de esta área se presentaron zonas de aumento de manglar que coincidían con las costas más protegidas del efecto de las corrientes marinas, y zonas de disminución correspondientes con las más expuestas (Hernández-González *et al.*, 2017).

En la mayor parte de la literatura relacionada con el tema (Menéndez y Guzmán, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2011; Menéndez, 2012) se plantea que, posterior a la construcción del dique, los humedales se deterioraron (particularmente los manglares). Sin embargo, este estudio muestra un aumento notable de la cobertura de los manglares, en concordancia con lo obtenido por Capote-Fuentes (2007). Lo anterior no significa que el dique sea una estructura beneficiosa para los humedales, pues Menéndez y Guzmán (2006), Capote-Fuentes (2007) y Oviedo (comun. pers.) plantean que, en otras áreas bajo efectos del mismo dique, pero con otras condiciones geomorfológicas e ingenieriles, este ha sido perjudicial para su desarrollo. Además, el área de estudio ha presentado desde 2008 regulaciones en la tala de los bosques de humedales por Ley Moratoria, lo que probablemente también ha contribuido al aumento de cobertura de manglar.

En general, con el presente estudio se determinó que la extensión de los humedales de la zona costera de Güira de Melena mostró variaciones entre los años 1985 y 2017. La construcción de obras como el Dique Sur para esta región probablemente haya repercutido negati-

vamente sobre los bosques de ciénaga porque han tenido una reducción durante el periodo analizado. Por otra parte, se produjo un aumento de cobertura de manglar, con lo cual ha ido en ascenso la protección de las costas contra eventos meteorológicos.

CONCLUSIONES

En el humedal al sur de Güira de Melena, dividido por el Dique Sur, se pudieron evidenciar diferentes cambios de cobertura en el periodo de 1985 a 2017, posteriores a la construcción del dique. La clase manglar, dominante en la región al sur del dique en el 1985, aumentó su extensión manteniendo esta condición de dominancia en el 2017. Por otra parte, la clase herbazal de ciénaga aumentó considerablemente su área en la zona norte al dique, desplazando a gran parte de otros tipos de coberturas como bosque de ciénaga y pastos y cultivos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Proyecto Internacional “Reducción de la vulnerabilidad ante las inundaciones costeras del litoral sur de Artemisa y Mayabeque mediante la adaptación basada en ecosistemas (Manglar Vivo)” que hizo posible el desarrollo de las investigaciones. También a la Brigada Forestal y al Cuerpo de Guardabosques de Boca de Cajío por el apoyo brindado durante las expediciones. Por último, a los revisores anónimos por sus sugerencias para mejorar la versión final del trabajo.

LITERATURA CITADA

- Batista J. 2016. Recursos hídricos en el municipio Güira de Melena. *Revista Voluntad Hidráulica*. 115:11-18.
- Berlanga-Robles C, Ruiz-Luna A. 2006. Evaluación de cambios en el paisaje y sus efectos sobre los humedales costeros del sistema estuarino de San Blas, Nayarit (México) por medio de análisis de imágenes Landsat. *Ciencias Marinas*. 32: 523-538.
- Cabrera-Amaya DM, Lopera-Doncel C, Vásquez-Valderrama MY, Sandoval-Ramos M y López-Cruz JW. 2017. Diversidad florística y cambios en las coberturas de la cuenca del humedal Jaboque y el parque La Florida (Bogotá, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 41: 326-337.
- Capote-Fuentes RT. 2007. Resilience of Mangroves on the South Coast of Havana province, Cuba. Tesis de Doctorado. Universidad de Bonn.

- Carrillo-Bastos A, Elizalde-Rendón EM, Torrescano N, Flores G. 2008. Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana*. 10:31-38.
- Estrada R, Martín G, Fernández P, Rodríguez S, Capote RP, Reyes I, Galano S, Cabrera C, Martínez C, Mateo L, Guerra Y, Batte A, Coya L. 2011. Mapa (BD-SIG) de vegetación natural y seminatural de Cuba V.1 Sobre Landsat ETM 7 SLC-OFF GAP FILLED, CIRCA. En: IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad, IX Convención internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo (julio 8-12).
- FAO. 2009. Los bosques y el agua. Montes. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/i0410s/i0410s00.htm> (consultado: 20 de septiembre del 2020).
- Gordon E. 2000. Dinámica de la vegetación y del banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino (Venezuela). *Revista de Biología Tropical*. 48: 25-42.
- Green E, Mumby P. 2000. Mapping mangroves. En: Edwards AJ (ed.), *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*, 183-198, UNESCO, Paris.
- Gutiérrez B, Acosta F, Jáimez E, Rocamora E, Guerra M. 2011. Análisis geólogo ambiental para el ordenamiento territorial. Municipio Güira de Melena, provincia La Habana, Cuba. En: IX Congreso Cubano de Geología (Geología 2011), IV Convención Cubana de Ciencias de La Tierra, La Habana (abril 4-8)
- Hernández-González M, Navarro J, Arriaza-Oiveros L, Bolívar C. 2017. Modelación del posible estado actual y escenario futuro de la dinámica e hidrología de las aguas. Informe de Resultado de Proyecto, Evaluación de los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad y desarrollo de estrategias de adaptación en dos regiones de ecosistemas frágiles de Cuba. Instituto de Ciencias del Mar, La Habana.
- Jiménez JF, Caballero H, Palacio PA, Lopera JG, Durango C, Machado J, Giraldo CA, Velásquez AA. 2001. Informe Final de Proyecto, Prediagnóstico físico y sociocultural participativo del estado ambiental de los humedales del Magdalena Medio antioqueño, Jurisdicción de Corantioquia. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Lao B, Peláez D. 2018. Remote Sensing and Geographic Information System in the Decision Making Process for Land Management. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 27: 54-65.
- Lemus Y, Figueroa C, Delgado F, Fonticoba O. 2009. Valoración de impactos en ecosistemas costeros ante el riesgo de penetraciones del mar. *ECOVIDA*. 1: 199-212.
- López-Portillo JA, Lara-Domínguez AL. 2019. Los manglares como bioindicadores. En: Rivera-Arraiga E, Sánchez Gil P, Gutiérrez J. (eds.), *Trópicos de Agenda para la Sostenibilidad de Costas y Mares Mexicanos*, 69-86, Red RICOMAR, Universidad Autónoma de Campeche.
- Menéndez L. 2012. Impacto del incremento del nivel del mar en playa Cajío: Situación actual y perspectivas a mediano y largo plazo para el asentamiento. Tesis de Maestría. Instituto de Meteorología, Cuba.
- Menéndez L. 2013. El ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano: Bases para su gestión. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante, Comunidad Valenciana.
- Menéndez L, Guzmán JM. 2006. El ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: estudios y experiencias enfocadas a su gestión. Editorial Academia, La Habana.
- Mesa D. 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37: 217-226.
- ONEI (Oficina Nacional de Estadísticas e Información). 2017. Anuario estadístico de Güira de Melena 2016. Oficina Nacional de Estadística e Información Municipio Güira de Melena. Artemisa. Cuba.
- Sacristán F. 2006. La teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista AquaTIC*. 24: 13-41.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Stewart S. 2017. National hurricane center annual summary. Disponible en <https://www.nhc.noaa.gov/> (consultado: 12 de septiembre del 2020)
- Windevoxhel N, Murcia C, Mugica L. 2017. Informe de Evaluación de Medio Término de Proyecto, Reducción de la vulnerabilidad ambiental a las inundaciones costeras mediante Adaptación Basada en Ecosistema (ABE) en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque. AMA del CITMA, La Habana.

Pérez-Gutierrez *et al.*: Dinámica de las coberturas del humedal de Güira de Melena

Anexo 1. Coordenadas de los puntos de muestreo seleccionados por clase y año.

Appendix 1. Coordinates of selected sample points by class and year.

Número	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Tipo de Cobertura 1985*	Tipo de cobertura 2017**
1	318653.2	2512153.4	Herbazal	Pastos y cultivos
2	319493.2	2512213.4	Manglar	Manglar
3	320033.2	2512183.4	Manglar	Manglar
4	321743.2	2512423.4	Manglar	Manglar
5	318226.0	2511311.0	Herbazal	Pastos y cultivos
6	318366.0	2511408.0	Herbazal	Pastos y cultivos
7	324443.2	2511763.4	Herbazal	Pastos y cultivos
8	324383.2	2511763.4	Herbazal	Pastos y cultivos
9	329783.2	2510233.4	Herbazal	Pastos y cultivos
10	329843.2	2510293.4	Herbazal	Pastos y cultivos
11	319343.2	2512483.4	Manglar	Manglar
13	319403.2	2512393.4	Manglar	Manglar
14	319373.2	2512363.4	Manglar	Manglar
15	319463.2	2512303.4	Manglar	Manglar
16	318653.2	2512183.4	Herbazal	Herbazal
17	324443.2	2511823.4	Herbazal	Herbazal
18	329753.2	2510293.4	Herbazal	Herbazal
19	320543.2	2512453.4	Manglar	Manglar
20	320663.2	2512513.4	Manglar	Manglar
21	320363.2	2512813.4	Manglar	Manglar
22	320423.2	2512633.4	Manglar	Manglar
23	320123.2	2512633.4	Manglar	Manglar
24	330293.2	2512483.4	Herbazal	Pastos y cultivos
25	330353.2	2510563.4	Herbazal	Pastos y cultivos
26	336863.2	2510293.4	Herbazal	Manglar
27	341753.2	2509663.4	Manglar	Manglar
28	341753.2	2509693.4	Manglar	Manglar
29	344213.2	2509813.4	Manglar	Manglar
30	344213.2	2509873.4	Manglar	Manglar
31	348923.2	2510083.4	Bosque de ciénaga	Herbazal
32	348956.0	2509993.0	Bosque de ciénaga	Herbazal
33	336833.2	2510323.4	Manglar	Manglar
34	320153.2	2512843.4	Manglar	Manglar
35	320243.2	2513023.4	Manglar	Manglar
37	320183.2	2512903.4	Manglar	Manglar
38	320543.2	2512003.4	Manglar	Manglar
39	320543.2	2512063.4	Manglar	Manglar
40	320543.2	2512153.4	Manglar	Manglar

Pérez-Gutierrez *et al.*: Dinámica de las coberturas del humedal de Güira de Melena

Número	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Tipo de Cobertura 1985*	Tipo de cobertura 2017**
41	320543.2	2512273.4	Manglar	Manglar
42	319373.2	2512213.4	Manglar	Manglar
43	319493.2	2511793.4	Manglar	Manglar
44	319463.2	2511853.4	Manglar	Manglar
45	319463.2	2511913.4	Manglar	Manglar
47	360683.2	2509183.4	Manglar	Manglar
48	360953.2	2509213.4	Manglar	Manglar
49	360893.2	2509393.4	Manglar	Manglar
50	360803.2	2509273.4	Manglar	Manglar
51	360803.2	2509273.4	Manglar	Manglar
52	360323.2	2509183.4	Manglar	Manglar
53	365753.2	2509333.4	herbazal	Manglar
54	365753.2	2509453.4	Herbazal	Manglar
55	360953.2	2509123.4	Manglar	Manglar
56	350933.2	2509393.4	Herbazal	Herbazal
57	350933.2	2509273.4	Bosque de ciénaga	Herbazal
58	352883.2	2509333.4	Herbazal	Manglar
59	352883.2	2509273.4	Herbazal	Manglar
60	353063.2	2509393.4	Herbazal	Manglar
61	353153.2	2509393.4	Herbazal	Manglar
62	354233.2	2509603.4	Herbazal	Manglar
63	354233.2	2509663.4	Herbazal	Manglar
64	364013.2	2510413.4	Manglar	Manglar
65	364013.2	2510383.4	Manglar	Manglar
66	364163.2	2510323.4	Manglar	Manglar
67	364193.2	2510143.4	Manglar	Manglar
68	364193.2	2510113.4	Manglar	Manglar
69	362873.2	2509903.4	Manglar	Manglar
70	362783.2	2509963.4	Manglar	Manglar

*Fuente de cobertura en 1985 es [Capote-Fuentes \(2007\)](#).

** Fuente de cobertura en 2017 es el Proyecto Manglar Vivo.