

# Análisis multitemporal de imágenes *Landsat* para evaluar las variaciones de la cobertura vegetal emergente en la laguna Leonero, Granma, Cuba

## Multitemporal Landsat image analysis to assess variations in emergent vegetation cover in Leonero lagoon, Granma, Cuba

Dennis Denis Ávila\*

### RESUMEN

El embalse Leonero constituye un cuerpo de agua dulce de notable importancia económica y ecológica dentro de la ciénaga de Birama, Cuba. Con un área total de 5 448 ha y abundante vegetación acuática, constituye un área importante de refugio, alimentación y reproducción por su extensión y ubicación geográfica para numerosas especies de aves, tanto residentes como migratorias. Su cobertura vegetal emergida es altamente dinámica y cambiante entre estaciones y años, y estos cambios pueden influir en la composición y estructura de sus comunidades zoológicas. El objetivo del presente trabajo es describir la dinámica histórica de colonización de la vegetación acuática en el espejo de agua del embalse Leonero a partir de una serie de imágenes satelitales *Landsat* entre 1978 y 2012, previamente estandarizadas, corregidas y recortadas, se realizaron clasificaciones supervisadas para identificar la extensión y distribución de la vegetación. Se presentan los mapas históricos de los cambios y el comportamiento de las tendencias generales en variables espaciales de dicha vegetación (extensión, ubicación, fragmentación). Se discuten las implicaciones conservacionistas de los cambios observados en este hábitat, en especial para las comunidades de aves acuáticas.

**Palabras clave:** sensores remotos, vegetación acuática, embalses artificiales, cambios históricos

### ABSTRACT

Leonero reservoir is a freshwater body of high importance, both ecological and economical, in the Birama swamp, Cuba. With a total area of 5488 ha and abundant aquatic vegetation it constitute an important refuge, feeding and breeding ground for many bird species, both resident and migratory, due to its geographic location and extension. Its vegetal cover is highly dynamic and changes among seasons and years, and those changes may influence composition and structure of inhabiting zoological communities. The goal of the current paper is to describe historical dynamic of colonization of aquatic vegetation in the water surface of Leonero reservoir using a time series of Landsat satellite imagery between 1978 and 2012. They were previously standardized and corrected, and supervised classification to identify vegetation and to evaluate its extension and distribution. Historical changes maps were presented as well as general trends in spatial variables of vegetation (area, location, fragmentation). Implications for conservation of changes in this habitat were discussed, in special for waterbirds communities.

**Keywords:** remote sensing, aquatic vegetation, artificial reservoir, historical changes

**Recibido:** mayo 2014 **Aceptado:** agosto 2015

### INTRODUCCIÓN

Los embalses y reservas de agua, construidos como parte de la política hidráulica cubana, han tenido un significativo impacto en los procesos hidrológicos y ecológicos de los ecosistemas adyacentes (Vales & al. 1998). El estudio de su ecología y de las poblaciones de animales y plantas que los han colonizado permite una adecuada valoración de tales efectos, y posibilitan su manejo con fines conservacionistas, sin perder los valores de uso para los cuales fueron construidos. El embalse Leonero constituye un cuerpo de agua dulce de notable importancia dentro de la ciénaga de Birama, Cuba, que es el humedal de tipo deltaico más extenso de la región del Caribe. Actualmente ocupa un área total de 65,8 km<sup>2</sup> y por la abundante vegetación acuática constituye un área de alta productividad primaria que se traduce en el desarrollo de abundantes poblaciones de aves acuáticas (Montañez & al.

1985; Torres & al. 1989). También constituye un área relevante para numerosas especies, tanto residentes como migratorias, y es sitio de reproducción de muchas otras especies residentes (Denis & al. 2005, Rodríguez 2006). Por sus características, durante muchos años, ha sido un área de pesca comercial intensiva (Anónimo, 2010) y deportiva y se ha utilizado como coto de caza (Acosta & Mugica 1994) y en la acuicultura (Pérez 2011). Todos estos aspectos le confieren una elevada importancia económica y conservacionista, sobre todo como reservorio de agua dulce, si se tiene en cuenta la salinización que han sufrido la laguna de Birama y la llanura deltaica del río Cauto producto de la construcción de la represa Ejército Rebelde (Ramsar, 2002).

La superficie de este embalse se encuentra parcialmente cubierta por vegetación acuática flotante y emergente, con amplias extensiones de macío (*Typha dominguensis* Pers.) y otras plantas acuáticas que en ocasiones constituyen verdaderos islotes flotantes (ej.: *Azolla caroliniana* Willd.,

\*Dpto. Biología Animal y Humana, Facultad de Biología Universidad de la Habana. La Habana. Cuba. E-Mail: dda@fbio.uh.cu.

*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Lemna* sp., *Pistia stratiotes* L., *Salvinia auriculata* Aubl., *Utricularia* sp.). También es muy rico en comunidades vegetales subacuáticas, cuyos componentes principales son especies de *Cabomba*, *Nymphaea*, *Nymphoides*, *Potamogeton* y *Elodea* (Anónimo, 2006). Su área de cobertura vegetal emergida es altamente dinámica y cambiante, tanto entre estaciones como entre años y esta dinámica puede influir en la composición y estructura de sus comunidades de aves acuáticas y de otros grupos zoológicos además de que afecta su navegabilidad. Sin embargo, ha existido un notable vacío de información sobre estos procesos de dinámica de su cobertura, que pudieran permitir la interpretación de tendencias poblacionales en muchos otros grupos y adecuar medidas de manejo específicas para el área, incluida dentro de un Área de Importancia Internacional para las Aves (IBA) (Aguilar 2010).

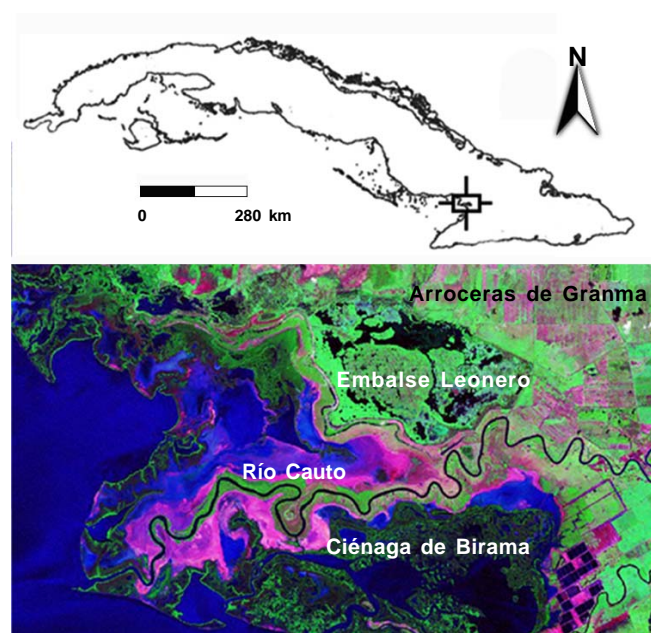
Los análisis de cambios en la vegetación, características de los paisajes o propiedades de los hábitats por medio de información satelital son relativamente frecuentes (ej.: Jano & al. 1998, Franklin & al. 2002, Cerdeira & al. 2008, Le & al. 2013), pero en Cuba han sido muy poco abordados. Esos brindan la oportunidad de detectar cambios históricos sobre amplias zonas geográficas en las cuales no existen estudios detallados en tierra. Estas tendencias históricas proveen importantes bases para la predicción de cambios futuros y pueden apoyar la toma de decisiones de manejo y conservación.

El objetivo del presente trabajo es describir la distribución espacial y la dinámica de variación de la cobertura de la vegetación acuática emergente sobre el espejo de agua del embalse Leonero, a partir de una secuencia histórica de imágenes satelitales del área, como base para futuros análisis sobre su influencia en las poblaciones de otros grupos. Paralelamente, se muestra un estudio de caso de cómo puede ser empleada la información satelital existente, de una manera sencilla, para la evaluación de cambios estacionales en la cobertura vegetal emergente en un cuerpo de agua, con un método que puede ser utilizado en otros programas de monitoreo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad de estudio fue el embalse Leonero, situado en la porción de la llanura del río Cauto que corresponde con la provincia de Las Tunas, en los 20°41' N y los 77°05' W (Figura 1). Fue creado entre 1967 y 1968 con la construcción de un dique alrededor de una laguna que existía en una depresión natural, para utilizar sus aguas en el riego del arroz y tiene una capacidad de 70 millones de metros cúbicos (CNNG 2000). Si bien su volumen está regulado por el hombre a través de diques, su profundidad varía estacionalmente de acuerdo al régimen de lluvias, aunque es mayormente un estanque somero.

Se utilizaron 46 imágenes satelitales de la serie *Landsat* tomadas entre 1978 y 2011, de los siguientes años y meses: 1978 (dic), 1980 (oct), 1987 (ene), 1989 (nov), 1999 (jul, sep), 2000 (ene, abr, may, dic), 2001 (ene, mar, jul, ago), 2002 (ene, jun, ago), 2003 (ene, mar, may), 2005 (ago, Nov), 2006 (abr, jul, ago, sep, feb), 2008 (feb, jul, jun, sep, abr, dic), 2009 (ene, abr, may, jun, jul, sep, dic), 2010 (feb) y 2011 (ene, may, may, jun, ago). Solo se incluyeron imágenes que no presentaran nubes apreciables sobre el área del embalse. Se consideró como periodo de lluvia a los meses de mayo a octubre, y como periodo de seca a los meses de noviembre a abril, según el comportamiento mensual de las precipitaciones en la ciénaga de Birama entre 1995 y 2004 (Denis & Alonso 2010). De las imágenes, 24 correspondieron a meses de lluvia y el resto (22) a meses de seca.



**Fig. 1.** Ubicación geográfica del embalse Leonero, en la provincia Las Tunas, Cuba y su ubicación relativa a la ciénaga de Birama y al complejo de arrozceras de Granma.

Las imágenes fueron estandarizadas a través de una secuencia de operaciones que incluyó el repixelado a una resolución espacial única de 30 m, la conversión a valores de reflectancia, la corrección atmosférica *FLAASH*, empleando un modelo climático de área natural tropical y la sustracción de cuerpo oscuro. No se hizo necesaria el rellenado de las líneas vacías (*gaps*) de las imágenes *Landsat 7* posteriores a marzo de 2002 (*scan line corrector - off*) debido a que el embalse Leonero, al quedar ubicado en el centro del escenario, siempre se encontraba en la zona libre de vacíos. También se realizó la sustracción de cuerpo oscuro (*DOS: Dark Object Subtraction*) para disminuir aún más las posibles diferencias entre imágenes de diferentes años por efectos atmosféricos o por la geometría de la iluminación.

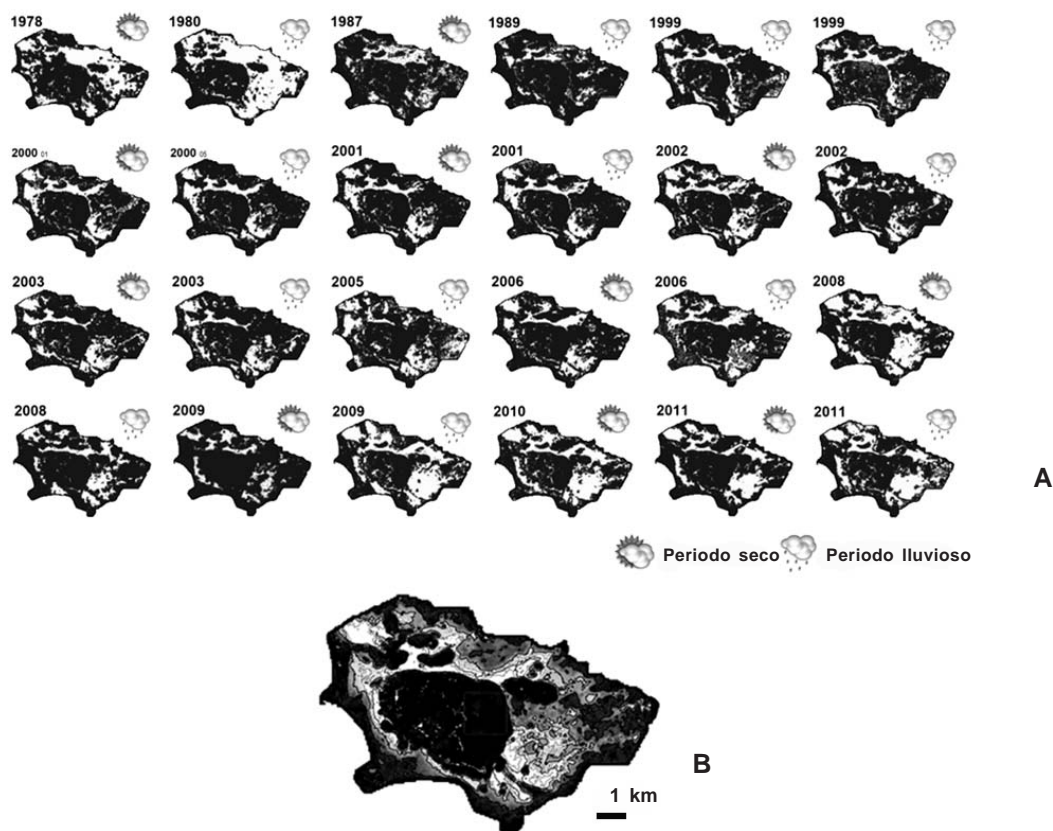
Las imágenes pre-procesadas fueron recortadas a un sub-escenario de 12,2 x 8,6 km (105,2 km<sup>2</sup>), alrededor del embalse. Sobre la banda 4, correspondiente al infrarrojo cercano, en el cual las superficies de agua se diferencian marcadamente de la vegetación, se ubicaron de forma visual regiones de interés que representarían las zonas cubiertas de vegetación y las zonas de espejo de agua descubierta. Estas se emplearon para hacer una clasificación supervisada de la imagen, a partir del algoritmo de la distancia de Mahalanobis con un error de 0,15. El área de las clases finales (vegetación y agua) fueron expresadas como porcentaje del área total de la laguna para cada estación y año, se promediaron los valores en aquellos casos en que habían más de una imagen disponible. El procesamiento de las imágenes satelitales se realizó en el programa ENVI 4.7 (Research Systems, Inc. 2011).

Para caracterizar la dispersión de la vegetación se calculó, además, el área de la mayor extensión continua de vegetación emergente y el número de parches aislados, con sus tamaños medios relativos (%). Para estos cálculos se empleó el sistema de información geográfica ArcView 3.5 (ESRI, 1998) y la extensión Patch Analyst 3.0.

Se analizó la tendencia de la cobertura vegetal emergente sobre el espejo de agua durante el periodo estudiado a partir de los valores promedio por año en los porcentajes de cobertura. Las tendencias mensuales fueron descritas con los promedios por mes, ignorando las diferencias entre años. Se compararon las coberturas entre las temporadas de lluvias y de sequía con una prueba t de Student, con la corrección de Welch (comprobada la normalidad por una prueba de Kolmogorov - Smirnov). Se relacionó la cobertura vegetal con el promedio anual de lluvias en las estaciones climatológicas más cercanas, obtenidos del Instituto de Meteorología.

### RESULTADOS

La cobertura vegetal emergente de la laguna Leonero mostró entre 1978 y 2011 un comportamiento altamente variable (Figura 2), entre un 54 % y un 86 % de la superficie del embalse (promedio 73,4 %, error estándar 7,35 %). Esta se caracteriza por extenderse de forma continua por una amplia zona alrededor del domo central del embalse y numerosos cayos temporales, con una marcada dinámica de fusión-fisión. La región extensa de vegetación continua varió entre el 85,6 % (1980) y el 99,9% (1989) de la superficie total emergida. En la década posterior al año 2000, el promedio de dicha extensión se ha mantenido relativamente constante alrededor del 98,9 %.



**Fig. 2.** Cambios de la cobertura de vegetación emergente en el embalse Leonero, Granma, Cuba, entre 1978 y 2011 (A). El color negro representa la vegetación y el blanco el espejo de agua descubierta. B) Mapa resumen de variabilidad en cobertura. La intensidad del tono de gris se relaciona con la permanencia de la cobertura vegetal: las zonas más oscuras son aquellas que mayor tiempo han permanecido cubiertas.

Los mínimos valores de cobertura vegetal correspondieron, en estación de lluvias, al año 1980 cuando el embalse ya tenía alrededor de una década de creado y en estación de secas, a los años 1978, 2005 y 2008 (Figura 3). En aquellos momentos la vegetación emergente se concentraba principalmente hacia el borde suroeste de la laguna y una isla de vegetación tupida en el área central. A partir del año 2000 la cobertura se mantuvo relativamente constante, aunque se puede percibir una ligera tendencia a su disminución. En 1989, sin embargo, en el mes de noviembre se observó el mayor valor histórico en la cobertura de vegetación emergida, al estar la laguna casi totalmente cubierta (apenas un 13 % de superficie de agua) (Figura 3B).

La dinámica de la cobertura vegetal emergente no se relacionó con las precipitaciones, la superficie expuesta de agua mantiene mayor variabilidad en los meses de menores lluvias (Figura 4A). A pesar de esto, el porcentaje total de cobertura vegetal no tuvo diferencias estacionales marcadas (Figura 4B).

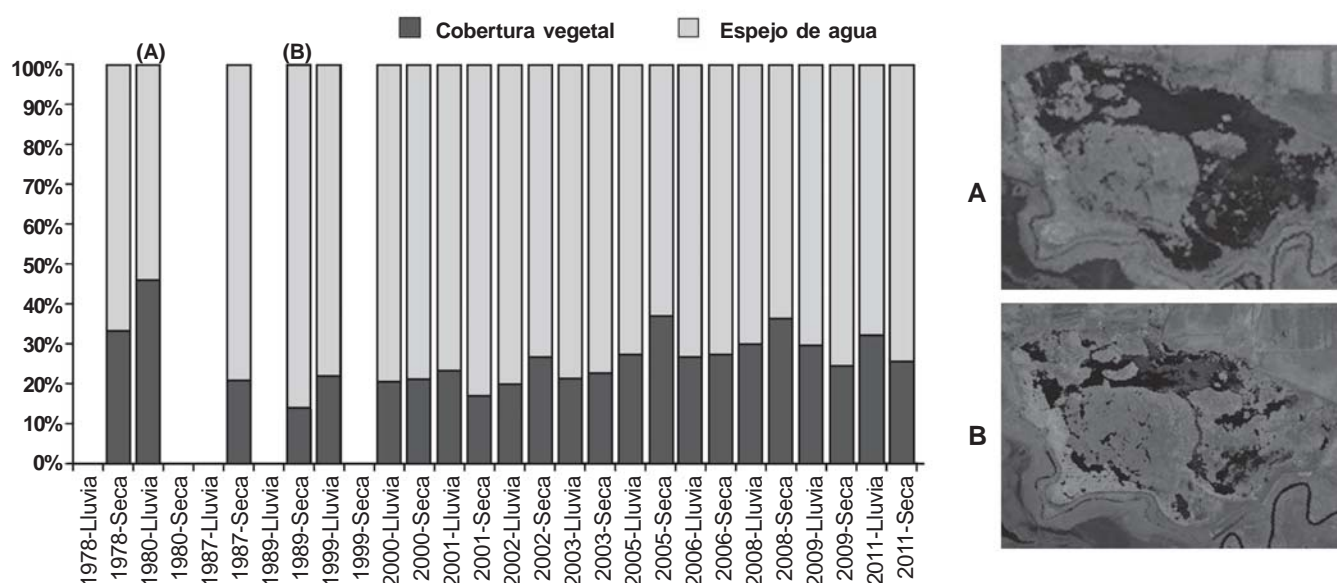
El área en parches aislados de la extensión de vegetación continua hacia el centro, varió entre el 14,40 % en 1980, y el 0,11 % en 1989 y en la última década se ha mantenido entre el 0,16 % y el 4,05 % (promedio= 1,13 %) (Figura 5). En el año 1999 fue cuando apareció la mayor cantidad de dichos islotes de vegetación (varió temporalmente entre 240 y 550 parches), seguido de la etapa lluviosa del 2008 (464) y de 2009 (349). En el resto de los años evaluados la cantidad de islotes vegetales varió entre 9 y 65 (promedio 27), con áreas totales medias del 0,40 % (min: 0,01 %; max: 0,12 %) del área emergente. Todos

estos valores se refieren a parches de vegetación de extensiones superficiales superiores a los 900 m<sup>2</sup> (que es la resolución espacial de las imágenes empleadas). El área media general de estos parches fue del 0,05 % del área emergida (Desviación estándar 0,11), con una altísima variabilidad (Coeficiente de variación del 252 %).

## DISCUSIÓN

A pesar de que el embalse Leonero es manejado artificialmente, la dinámica de su volumen depende de otros factores naturales como las precipitaciones y los afluentes subterráneos. Para el área se han registrado precipitaciones, en período lluvioso, de 1 000 - 1 200 mm y en período seco de 200 - 300 mm (Denis & Alonso 2010) y aparece una ligera tendencia a la disminución de la cobertura vegetal en el periodo de lluvias, pero que no alcanza significación estadística. La sequía que afectó la región en el periodo 2004 - 2005 redujo su acumulado a unos 35x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> y una disminución del nivel del agua de 1,2 m (Acosta 2006), lo cual coincidió con uno de los periodos de mínima cobertura vegetal. La cobertura vegetal emergente, sin embargo, no aparenta tener relación directa con la dinámica de las precipitaciones locales.

La cobertura vegetal es uno de los elementos más importantes que puede determinar la composición y estructura de las comunidades de aves acuáticas que hacen uso del embalse. Su superficie constituye un hábitat relevante para numerosas especies, tanto residentes como migratorias, habiéndose descrito un total de 97 especies, de las cuales 28 crían dentro de sus límites (Montañez & al. 1985, Acosta & Mugica 1994). La relación entre las variables de la vegetación y las



**Fig. 3.** Comportamiento de las proporciones entre espejo de agua descubierto y superficie de vegetación emergente en el embalse Leonero, provincia Granma, Cuba, entre los años 1978 y 2011. Imágenes de las coberturas vegetales mínimas (A) y máximas (B) del embalse (Landsat TM y ETM+, banda 4).

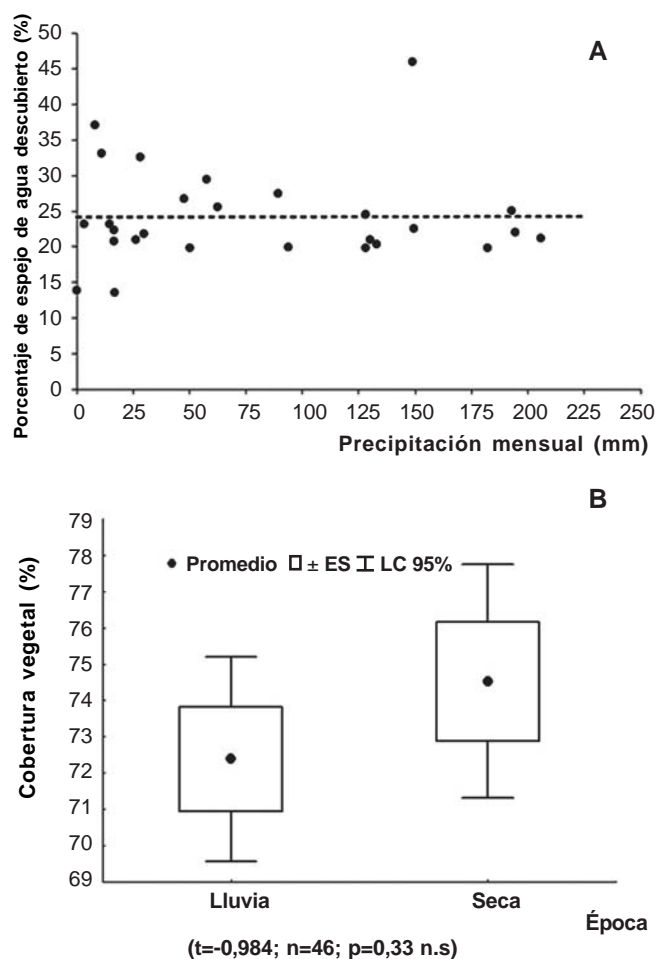


Fig. 4. Relación entre el porcentaje de espejo de agua al descubierto (A) y estacionalidad de la cobertura vegetal (B) en el embalse Leonero, Granma, Cuba.

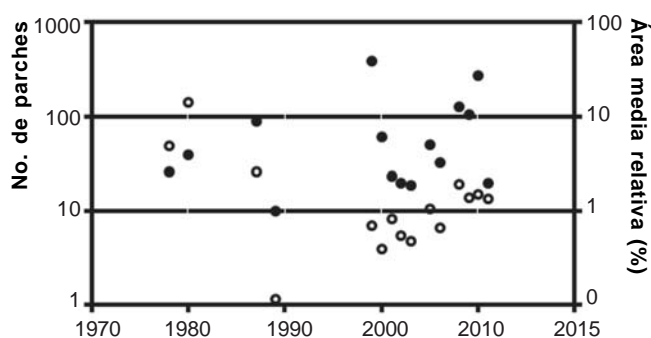


Fig. 5. Variaciones anuales en el número de parches aislados de vegetación emergente (l) y su área media relativa (m) en el embalse Leonero, Granma, Cuba, entre 1978 y 2011.

comunidades de aves ha sido muy estudiada en ecosistema boscosos (ej.: Beedy 1981, Mills & al. 1991) pero en humedales no arbóreos solo existen las inferencias que se pueden realizar a partir del análisis de la dinámica en las arrozceras, que son ecosistemas antrópicos cuyas características y dinámica los con-

vierten en “laboratorios” naturales para estudios de este tipo (Acosta & al. 2010). Aunque algunas especies de aves utilizan la vegetación de los bordes, 17 de estas ubican sus nidos en la vegetación flotante o emergente.

Entre las especies de aves de importancia particular que se relacionan con la vegetación emergente de la laguna del Leonero se encuentra el Coco Prieto (*Plegadis falcinellus*), ya que utiliza el área como sitio de descanso y durante la época de reproducción forma colonias sobre el macío que pueden llegar hasta 5000 individuos. Son importantes también las grandes colonias de gavilanes caracoleros, garzas y guanabaes, que se forman en las zonas más tupidas y pueden superar los 500 nidos (Denis & al. 2005). En la mayoría de los casos de las aves acuáticas, las temporadas reproductivas coinciden con la estación de lluvias, en la cual la extensión de vegetación emergida es menor, con lo cual podría llegar a constituir un factor limitante por sitios de refugio. Al analizar las fechas de inicio de la etapa reproductiva en la ciénaga de Birama, dadas por Denis & Alonso (2010) entre 1995 y 2004, no se observa relación con el comportamiento de la cobertura vegetal descrito para ese periodo en el presente trabajo. La relación entre los eventos reproductivos en las aves acuáticas con la cobertura vegetal puede ser a través de alguno de los varios mecanismos propuestos en la literatura (Frederick & Collopy 1989), pero lo más probable es que se relacione con la distribución y abundancia de las presas acuáticas.

En el análisis realizado debe tenerse en cuenta que la superficie que aparece como espejo de agua al descubierto, también puede presentar otra vegetación flotante, no detectada por su baja densidad o por su respuesta espectral menos contrastante con el agua. Esta vegetación puede servir de hábitat de forrajeo y de sustrato para la anidación de varias especies de limícolas como *Rallus elegans*, *Jacana spinosa* y las tres especies de gallaretas registradas en el área (*Porphyryla martinica*, *Gallinula chloropus* y *Fulica americana*). Sin embargo, el área de agua descubierta y libre de vegetación también es particularmente importante para las especies nadadoras y buceadoras. Específicamente, del grupo de los anátidos, 13 especies se han registrado en el embalse, algunas de ellas con grandes tamaños poblacionales en la etapa migratoria (ej.: *Anas discors*, *A. clypeata*, *A. acuta*, *A. americana*, *Oxyura dominica*) (Denis & al. 2005), que coincide en su mayor parte con la temporada de seca, y que fundamentaron por largo tiempo el empleo de esta zona como coto de caza deportiva. La vegetación emergida es sitio de refugio y cría de otras cinco especies de patos, que habitan en el embalse durante todo el año (*Aix sponsa*, *Anas bahamensis*, *Oxyura jamaicensis*, *Dendrocygna bicolor* y *D. arborea*), entre los cuales, *D. arborea* tiene una situación conservacionista delicada, ya que está cate-gorizada como especie amenazada.

Los resultados mostraron una tendencia al aumento del grado de fragmentación de los parches de vegetación emergente, con una disminución hacia los últimos años en el área relativa de los fragmentos. Estos cambios pueden tener aparejados otros efectos biológicos sobre las poblaciones de animales y plantas asociadas (Andren 1994, Kolb 2008), que debieran ser estudiados en más detalle.

No son las aves el único grupo cuya relación con la dinámica de la cobertura vegetal del embalse es importante para su conservación y estudio. La estructura de las comunidades de macrófitas desempeña un importante papel en la determinación de la composición de las comunidades de fitoplancton, zooplancton y peces en los ecosistemas de agua dulce (Meerhoff & al. 2007). El estudio de las sucesiones y cambios hidrológicos y de vegetación es esencial para el mantenimiento de hábitats que aseguren la conservación de grupos particulares de organismos, como los odonatos y otros macroinvertebrados acuáticos (Suh & Samways 2005). En estos grupos; sin embargo, es notable la ausencia de información básica en ecosistemas naturales cubanos. Los peces de agua dulce ni siquiera han sido inventariados en esta laguna, donde se ha sembrado intensivamente el pez gato (*Clarias gariepinus*) para su explotación económica (Pérez-Osoria & Figueredo 2013). Esta especie es conocida por su carácter invasor, y la vegetación acuática constituye los únicos sitios de refugio de las especies autóctonas para escapar de su depredación.

Si bien, en el presente estudio se analiza, de forma general, la vegetación emergente, el análisis de las imágenes satelitales con el algoritmo empleado solo detecta aquella vegetación más densa, que en la laguna Leonero es formada, fundamentalmente, por macío (*Typha dominguensis*). Esta es una especie herbácea, de gran tamaño (hasta 3 m de altura), perenne, con desarrollo rizomatoso y rápido crecimiento, que puede alcanzar densidades de hasta 7 400 individuos por hectárea (Denis 2006), por lo que produce un marcado desplazamiento de la reflectancia espectral que es fácilmente detectable por sensores remotos de suficiente resolución espacial. El hallarse dentro de una matriz de espejo de agua descubierto aumenta las posibilidades de su identificación correcta, por la marcada absorción del agua a las longitudes de onda infrarrojas. Esta especie se ha catalogado como una especie altamente invasiva en humedales perturbados, donde tiende a desplazar a plantas nativas cuando cambian las condiciones de salinidad, hidrología o fertilidad del suelo. Por lo cual, el método empleado en el presente trabajo puede ser utilizado para el monitoreo y evaluación de su dispersión en otros cuerpos de agua que puedan estar siendo invadidos, tal y como se ha

realizado para otras macrofitas invasoras como *Eichornia crassipes* (Bergier & Morales 1998).

## CONCLUSIONES

La cobertura vegetal emergente del embalse Leonero mantiene una dinámica espacial elevada que no depende directamente de las precipitaciones y sin un ciclo estacional detectable. El análisis multitemporal de imágenes satelitales muestra un alto potencial para el análisis de este tipo de tendencias que puede ser extrapolable a otros cuerpos de agua, y que permite la evaluación de la extensión de esta vegetación, particularmente relacionada con especies invasoras, como las especies de *Eichornia*, con un alto impacto en las comunidades de aves y otros grupos zoológicos asociados.

## AGRADECIMIENTOS

A los trabajadores del embalse Leonero por su apoyo en las evaluaciones de campo y a los revisores anónimos de este manuscrito, por sus excelentes recomendaciones. Se agradece a la organización IdeaWild por su apoyo logístico en equipamiento básico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. 2006. Embalse Leonero: paraíso para las aves acuáticas. pp:107. En: Mugica, L., Denis, D., Martín, A., Jiménez, A., & Rodríguez, A. (Eds) Aves acuáticas en los humedales de Cuba. Edit. Científico Técnica.
- Acosta, M. & Mugica, L. 1994. Notas sobre la comunidad de aves del embalse Leonero, provincia Granma. *Cienc. Biol.* 27:169-171.
- Acosta, M., Mugica, L., Blanco, D., López-Lanús, B., Antunes, R., Doodnath, L. W. & Hurtado, J. 2010. Birds of Rice Fields in the Americas. *Waterbirds* 33 (Special Publication 1): 105-122.
- Aguilar, S. (Ed.) 2010. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Cuba. Editorial Academia, La Habana, Cuba.
- Andren, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *OIKOS* 71: 355-366.
- Anónimo 2006. Plan de manejo del Refugio de Fauna Delta del Cauto. Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna. Provincia Granma.
- Anónimo 2010. Base de Pesca Leonero. Informe de siembra de alevines de *Clarias gariepinus*. PESACGRAM.
- Beedy, E. C. 1981. Bird communities and forest structure in the Sierra Nevada of California. *Condor* 83:97-105.
- Bergier, I. & Morales, E. M. L. 1998. Multitemporal TM image analysis to assess the spatial and temporal dispersión of floating macrophytes in Brazilian hydroelectric reservoirs. IX Simposio Brasileiro de Sensoramento Remoto, Santos, Brasil. INPE: 145-154.
- Cerdeira, S., Lorenzo, S., Areces, A. & Martínez, C. 2008. Mapping of the spatial distribution of benthic habitats in the gulf of Batabano using LandSat-7 images. *Ciencias Marinas* 34(2): 231222.

- CNNG. 2000. Diccionario geográfico de Cuba. Comisión Nacional de Nombres Geográficos. 354 pp.
- Denis, D. 2006. Humedales en Cuba. Capítulo I. pp: 8-25. En: Mugica & al. (Eds): Aves en los humedales de Cuba. Ed. Científico-Técnica, La Habana, Cuba.
- Denis, D. & Alonso, M. 2010. Cronología de la Reproducción de las aves acuáticas y su relación con las condiciones climáticas en la ciénaga de Birama, Cuba, entre 1995 y 2004. *Mesoamericana* 14 (1): 35-43.
- Denis, D., Mugica, L., Rodríguez, A. M. J. & Acosta, M. 2005. Lista de aves de la ciénaga de Birama, Cuba. *Biología* 19 (1-2) 66-73
- ESRI (Environmental System Research Institute, Inc.). 1998. Introduction to ArcView GIS. Esri educational services.
- Franklin, S.E., Lavigne, M.B., Wulder, M.A. & Stenhouse, G.B. 2002. Change detection and landscape structure mapping using remote sensing. *Forestry Chronicle* 78(5): 618-625
- Jano, A. P., Jefferies, R. L. & Rockwell, R. F. 1998. The detection of vegetational change by multitemporal analysis of LANDSAT data: the effects of goose foraging. *Journal of Ecology* 75: 82-88
- Kolb, A., Habitat fragmentation reduces plant fitness by disturbing pollination and modifying response to herbivory. *Biol. Conserv.* (2008). doi:10.1016/j.biocon.2008.07.015
- Le, C., Hu, C., English, Cannizzaro, J. & Kovach, C. 2013. Climate-driven chlorophyll-a changes in a turbid estuary: Observations from satellites and implications for management. *Remote Sensing of Environment* 130: 11–24
- Meerhoff, M., Iglesias, C., De Mello, F.T., Clemente, J. M., Jensen, E., Lauridsen, T. L. & Jeppesen, E. 2007 Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behaviour of littoral zooplankton in temperate versus subtropical shallow lakes. *Freshwater Biology* 52: 1009–1021.
- Mills, G. S., Dunning, Jr. J. B., & Bates, J. M. 1991. The relationship between breeding bird density and vegetation volumen. *Wilson Bull.*, 103(3): 468-479
- Montañez, L., Berovides, V., Sampedro, A. & Mugica, L. 1985. Vertebrados del embalse "Leonero" Provincia Granma. *Misc. Zool., Inst. Zool., Acad. Cien. Cuba*, (25):1-2.
- Pérez, J. E. 2011. Evaluación de la morfometría y dieta de *Clarias gariepinus* (Peces: *Actinopterygii*) en la Laguna Leonero, Granma, Cuba. Tesis de diplomado. Universidad de La Habana. 41 pp.
- Ramsar, 2002. Delta del Cauto. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar. Research Systems, Inc. 2011. ENVI User's Guide. Versión 4.7. 930 pp
- Rodríguez, A. 2006. Aves en las aguas dulces. Cap. 5. Pp: 94-107. En: Mugica, L. & al. Aves acuáticas en los humedales de Cuba. Edit. Científico Técnica.
- Suh, A. N. & Samways, M. J. 2005. Significance of temporal changes when designing a reservoir for conservation of dragonfly diversity. *Biodiversity and Conservation* 14: 165–178
- Torres Leyva, A., Peña, C. & Rams, A. 1989. Aves observadas en las ciénagas de Birama, Cauto Norte, Provincia Granma, Cuba. *Garciana*. No. 20.
- Vales, M. A., Álvarez, A., Montes, L. & Ávila, A. 1998. Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica en la República de Cuba. PNUD - Centro Nacional de Biodiversidad, Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA. 429 pp.
- Pérez-Osoria, J. E. & Figueredo, L. M. 2013. Morfometría de la especie invasora *Clarias gariepinus* (Peces: *Actinopterygii*) en la laguna Leonero, Granma, Cuba. *Novitates Caribaea* 6: 76-86