

El enfoque de paisajes en la clasificación de humedales. Caso de estudio provincia de Matanzas, Cuba

The Approach Landscape in the Wetlands Classification.
A Case Study of the Province of Matanzas, Cuba

Ángel A. Alfonso Martínez
aalfonsoalmartinez@gmail.com

José Mateo Rodríguez
mateocuba@hotmail.com

Juan Alfredo Cabrera Hernández
alfredo.cabrera@umcc.cu

Raúl Sánchez Vicens
rsvicens@gmail.com, rsvicens@icloud.com

Cómo referenciar este artículo: Alfonso, A., Rodríguez, J., Cabrera, J. & Sánchez, R. (2015). El enfoque de paisajes en la clasificación de humedales. Caso de estudio provincia de Matanzas, Cuba. *Verbum*, 10(10), 79-93.

Resumen

Los humedales, en cuanto a extensión areal, no rebasan el 6 % de la superficie terrestre, pero a pesar de ello son considerados ecosistemas de gran importancia biológica a nivel global. Debido a su complejidad, que les viene dada por su peculiar posición entre ambientes acuáticos y terrestres, no ha sido una tarea fácil su clasificación, en este sentido la utilización del enfoque de paisajes, puede constituirse en una propuesta novedosa y útil en el contexto del ordenamiento ambiental y la optimización del uso de tales sistemas espaciales. En la provincia de Matanzas (Cuba), los paisajes de humedales tienen un gran significado teórico-metodológico y práctico. En este trabajo se describen los criterios que sirvieron de base a la clasificación propuesta, se presenta la correspondiente cartografía y regionalización paisajística, todo lo cual constituye una contribución a la sistematización de los conocimientos acumulados hasta la fecha y aporta una sólida base para la toma de decisiones relacionada con el ordenamiento ambiental y territorial.

Palabras clave: Humedales, Clasificación de humedales, Enfoque de paisajes.

Abstract

Wetlands, as to areally extended, do not exceed 6 % of the Earth's surface, but nevertheless are considered biologically important ecosystems globally. Because of its complexity, which is given to them by their peculiar position between aquatic and terrestrial environments, has not been easy classification thereof, and in this sense the use of the approach landscapes, may become a novel proposal and useful in the context of environmental management and optimization of the use of such space systems. In the province of Matanzas (Cuba), the landscapes of wetlands has great theoretical-methodological and practical significance, and in this paper the criteria that were the basis for the proposed classification are described, the corresponding mapping and landscape regionalization occurs, all of which constitutes a contribution to the systematization of knowledge accumulated to date and provides a solid basis for decision-making related to environmental planning and land use.

Keywords: Wetlands, Wetlands classification, Approach landscapes.

Introducción

Cada vez más se comprende la importancia de los humedales como uno de los tipos de paisajes más productivos del planeta, ya que constituyen “supermercados biológicos”, por el volumen de alimentos y la rica diversidad que proporcionan, son grandes productores de biomasa, y realizan funciones protectoras y reguladoras significativas (Ramsar, 2011; Alfonso & Dipotet, 2007). Pero ellos también se encuentran entre las áreas más amenazadas en el mundo. Baste decir que más del 50 % se perdieron en el siglo pasado, y el resto ha sido degradado en diferentes magnitudes, debido a los efectos adversos de las actividades antrópicas (Hui, 2010).

La clave en el funcionamiento geocológico de este tipo de paisaje es la presencia y circulación del agua, en un período significativo del año, lo que motiva un desarrollo peculiar de suelos, microorganismos y comunidades de plantas y animales. Junto a ello, se ha llamado la atención sobre las limitaciones en la gestión de estos geosistemas, debido al poco conocimiento de sus funciones y valores, lo cual se agrava por el uso de metodologías de ordenamiento y técnicas de manejo inadecuadas (Dugan, 1992) y la ausencia de su justa evaluación económica.

En este contexto, se han propuesto numerosos sistemas de clasificación de humedales, sobre la base de diversos criterios, pero mayormente pensados para territorios muy específicos, o para aplicaciones o necesidades muy concretas de manejo, y se advierte que la mayoría de los sistemas de clasificación propuestos se han basado, implícita o explícitamente, en las

particularidades de la vegetación, la composición florística y los diferentes escenarios de condiciones ambientales.

El presente trabajo es la lógica continuación de una etapa anterior, en que numerosas instituciones y especialistas han centrado su atención en el estudio de los paisajes de humedales, en general, y de la provincia de Matanzas, en particular. En función de ello, se ha cumplido primero una ardua revisión documental de los aspectos conceptuales y metodológicos que han sido empleados en el ámbito internacional y nacional sobre clasificación y cartografía de humedales, y posteriormente se defiende la tesis de la utilidad de la adopción del enfoque ecólogo-paisajístico para su clasificación y se desarrolla una aplicación específica en esta provincia cubana, a partir de un exhaustivo trabajo de campo, y el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La propuesta de clasificación de los paisajes de humedales de este territorio, su expresión cartográfica y su regionalización constituyen los resultados concretos de este trabajo, y todo ella deja abiertas amplias posibilidades de extrapolación de este enfoque conceptual-metodológico a otros contextos espaciales similares, aunque siempre con su imprescindible adecuación.

1. Marco conceptual-metodológico de partida

Según la primera edición del Larousse, (2011), humedal es el área que está permanentemente saturada de agua, puede ser de agua dulce, fundamentalmente, de la lluvia, ríos, y de agua salada, que suele estar en la costa.

En el Inventario Nacional de Humedales de los Estados Unidos, se define a los humedales como

áreas donde la saturación con agua es el factor dominante que determina la naturaleza del desarrollo del suelo y del tipo de comunidades de plantas y animales que viven en el suelo o en su superficie. La característica, que todos los humedales comparten, es que el suelo está al menos periódicamente saturado o cubierto de agua. Los humedales son áreas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, donde el nivel freático usualmente está al nivel de superficie o cerca de ésta, o la superficie está cubierta por aguas someras (USFWS, 1979).

RAMSAR (2006) define a los humedales como “Extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad, en marea baja, no exceda de seis metros”. A los efectos de proteger sitios coherentes, estipula que los humedales: “podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, si estos se encuentran dentro del humedal”.

Esta interpretación tan amplia de la Convención RAMSAR, ha conllevado a diferentes especialistas a considerar como humedales a las zonas bajas de las plataformas costero-marinas, lo que, a juicio de los autores, es un error,

pues no se cumplen en este caso los tres índices a partir de los cuales se establece el concepto de humedal: la presencia recurrente del agua, suelo hidromórfico y predominio de la vegetación hidrófila. Es por ello que en el contexto del presente trabajo, dentro del concepto paisajes de humedales no han sido incluidos los arrecifes coralinos, pastos marinos, cavernas freáticas y cuencas subterráneas, ya que no cumplen con los criterios esenciales antes citados, aunque queda claro que constituyen sitios coherentes y estrechamente interconectados, en su estructura, funcionamiento y dinámica, con los humedales costero-marinos y terrestres.

Sobre la base de la teoría general de sistemas, y particularmente de la teoría de los geosistemas, desarrollada a partir de Sochava, los tratadistas consideran que los humedales deben ser entendidos como paisajes propios de zonas húmedas, cuyos componentes geográficos, biológicos y socioeconómicos interactúan continuamente entre sí y con su ambiente para reabastecerse de materia, energía, e información, pero donde el agua constituye el elemento que rige el funcionamiento general. Las interacciones entre estos componentes son probabilísticas y cambiantes en naturaleza, que le permiten mantener la estabilidad del sistema y su resiliencia ante las fuerzas externas. Un hecho distintivo de los paisajes de humedales, como sistema geocológico, es que pueden adaptarse a cambios internos y a condiciones del ambiente externo y mantener sus funciones ambientales.

Son paisajes en los cuales el relieve posibilita la presencia recurrente del agua y facilita así la ocurrencia de un conjunto de procesos bioló-

gicos y químicos, que traen como resultado la formación de suelos hidromórficos, que sirven de substrato a ciertas formaciones vegetales típicas, con una gran diversidad de especies. Vale recalcar que entre todos estos factores que distinguen a los humedales, el agua tiene un rol muy significativo, pues ni los sustratos edafológicos, ni la biota propia de los humedales, se pueden desarrollar en ausencia de ciertas condiciones hidrológicas.

Paralelamente, la sociedad ha creado áreas que recrean de manera artificial aquellos beneficios o servicios que naturalmente proveen estos paisajes, como son: producción de arroz, acuicultura, suministro de agua y producción de sal o servicios de purificación de aguas. Tales áreas pueden ser reconocidas también como humedales, en este caso bajo la categoría de humedales transformados o antropogénicos.

El fundamento teórico-metodológico de este trabajo parte de las concepciones de la Geoecología de los paisajes, que se vienen desarrollando hace más de siglo y medio, teniendo su antecedente en los aportes de Charles Darwin y Alejandro von Humboldt en el siglo XIX. Las geografías rusa y alemana forjaron los elementos básicos de la vertiente física del paisaje. Geógrafos europeos y norteamericanos en la primera mitad del siglo XX continuaron fundando los cimientos de la ciencia del paisaje como disciplina natural; al mismo tiempo se fueron creando las bases para una visión sociocultural y psicológica del paisaje.

En Cuba, la concepción científica de la Geoecología de los paisajes, es definida como un sis-

tema de métodos, procedimientos y técnicas de investigación, cuyo propósito es la obtención de un conocimiento integrado del medio natural y antroponatural.

De acuerdo con ello, se ha seguido una secuencia metodológica en la caracterización, clasificación y cartografía de los humedales, incluyendo una aplicación concreta al caso de la provincia de Matanzas, utilizando para ello diversos métodos, tanto los científico-generales (histórico-lógico, hipotético-deductivo y analítico-sintético, principalmente) como los más especializados, entre los que se destacan los métodos cartográficos, la fotointerpretación, los SIG y muy especialmente el trabajo de campo, y la consulta a expertos.

2. Humedales en Cuba, y en la provincia de Matanzas

Los humedales cubanos son parte importante e inseparable de la riqueza y diversidad geográfica del archipiélago, desde los estuarios y llanuras bajas costeras hasta las lagunas, canales y ríos interiores. Se destacan particularmente los humedales costeros y fluviales-costeros, cubiertos por manglares, que se localizan en llanuras marinas bajas y en las desembocaduras fluviales, así como en esteros con escurrimientos de agua dulce, aunque también se encuentran en los ambientes salinizados de los cayos e islas, que se levantan en la plataforma submarina que bordea todo el archipiélago.

En total ocupan una superficie de 5.321 km², lo que significa que están presentes en casi 70 % de las costas cubanas, por lo que juegan un pa-

pel fundamental en la protección y estabilización de las áreas costeras, así como en su funcionamiento geocológico, además de que son importantes zonas de reproducción y cría de especies marinas (CNAP, 2007).

Según Salabarría (2009), las amenazas a los humedales en Cuba son las siguientes:

- Destrucción y modificación de los paisajes de humedales, como resultado fundamentalmente del desarrollo de actividades económicas, construcción de infraestructura vial y relleno de lagunas costeras y áreas de manglar, así como la realización de embalses que han modificado el régimen hídrico y la dinámica tanto de los sedimentos costeros como los de las cuencas.
- Contaminación por residuales líquidos y sólidos, por las actividades económicas y los asentamientos humanos que utilizan estas áreas para el vertimiento de residuales líquidos y sólidos sin el debido tratamiento por una parte, y por otra, debido a la falta de mantenimiento y a la no ejecución de prácticas de producción y consumo sustentable.
- Explotación inadecuada de recursos naturales, que sobrepasan sus límites de uso, lo que trae problemas de salinización, deforestación y, por tanto, del funcionamiento paisajístico.
- Introducción de especies exóticas, bajo la justificación del incremento y diversificación de fuentes de alimentación, o como elemento decorativo, lo que ha traído como consecuencia la introducción de especies invasoras sin la evaluación ambiental necesaria, en detrimento de las especies autóctonas y de la integridad de la diversidad biológica.

- Inadecuada planificación del desarrollo, que no ha tenido en cuenta la existencia de los servicios ambientales que prestan estos paisajes naturales a la sociedad en su funcionamiento, variable que no ha sido incorporada en los modelos de ordenamiento ambiental.

En el caso específico de la provincia de Matanzas, un rasgo significativo de este territorio, es precisamente el predominio espacial de los paisajes de humedales, que originan interesantes y extensas zonas de transición o ecotonos paisajísticos. Este rasgo se hace muy evidente tanto en la zona del litoral norte, como en todo el sur de la provincia. En la parte norte, aparecen en franjas paralelas a la línea de costa, sobre superficies bajas o muy bajas, mientras que en el sur se destaca una amplia región, la Ciénaga de Zapata, el humedal más extenso y mejor conservado del Caribe insular, con una enorme extensión, de unos 4.000 km², y singulares condiciones de formación y desarrollo de la región de Zapata, todo lo cual le concede a esta provincia una singularidad geográfica, y la convierte en una región clásica para los estudios de los humedales (Cabrera, 1996).

3. Clasificación de los humedales como antecedentes del presente trabajo

La clasificación de humedales es definida como la asignación de categorías espaciales dentro de un sistema jerárquico, que se distingue por una combinación de atributos físicos y/o biológicos de los humedales, tomados como objeto de dicha clasificación, y su meta final es entender las regularidades dentro de las diferencias, y ayudar al diseño e implementación

de las políticas ambientales y los programas de manejo (Alfonso & Dipotet, 2009).

Hay que decir que el establecimiento y uso de sistemas de clasificación de humedales compatibles al nivel global, con un fundamento científico y que proporcionen una sólida base para la investigación y para los proyectos de conservación y manejo no ha sido una tarea fácil.

Entre los antecedentes de tales esfuerzos, destaca la propuesta formulada por Cowardin (1979), usada exitosamente por más de veinte años en el inventario de humedales de los Estados Unidos y se considera un sistema de clasificación clásico, de gran repercusión en este campo de la ciencia aplicada, y muy incluyente, ya que abarca prácticamente a todos los ecosistemas continentales acuáticos y semiacuáticos del planeta (Mitsch & Gosselink, 2007). La estructura de esta clasificación es jerárquica y se subdivide de acuerdo al régimen hidrológico y al tipo de vegetación presente, y progresa desde los niveles más generales, tales como sistemas y subsistemas, hasta llegar a categorías más específicas, denominadas clases. El término sistema se refiere a un complejo de tipos de paisajes de humedales que comparten la influencia de factores hidrológicos, geomorfológicos o biológicos similares. El subsistema se refiere al régimen hidrológico y la clase describe la apariencia general del hábitat en términos de vegetación dominante y fisiografía del sustrato. Dentro de esta clasificación se consideran cinco sistemas que corresponden a los diferentes cuerpos de agua: marino, estuarino, lacustre, palustre y ribereño (Cowardin, 1979).

Otra propuesta muy reconocida, es la de Warner y Rubec (1997), quienes consideran que la clasificación de Cowardin (1979) es de poca utilidad para inventariar los humedales canadienses ya que más de 95 % de éstos corresponden al sistema palustre, escasamente diferenciado en el caso estadounidense, por lo que proponen un nuevo sistema jerárquico basado principalmente en el origen genético de los humedales, la morfología superficial y la fisonomía de la vegetación, con equivalencias al enfoque conceptual-metodológico de la Convención de RAMSAR, en aras de permitir análisis comparativos generales (Davidson, 1999).

Quizás la clasificación de humedales de dimensión global más conocida es la RAMSAR (2006), que distingue cinco tipos de humedales principales: marinos (costas, lagunas costeras, costas acantiladas y arrecifes de coral), estuarinos (deltas, marismas de marea y manglares), lacustres (lagos), ribereños (ríos y arroyos) y palustres (marismas, pantanos y ciénagas), además de que considera a los humedales artificiales, entre los que reconoce a los estanques de cría de peces y camarones, salinas, embalses, piletas de aguas residuales y canales.

A pesar de sus limitaciones en cuanto a que no todos los tipos de humedales han sido definidos claramente y en algunos casos, se advierte cierta ambigüedad al respecto y además de que los criterios físico-químicos y biológicos no están claramente establecidos a la hora de diferenciar una clase con respecto a otra, la clasificación de RAMSAR ha sido muy valiosa en la identificación de los humedales más significativos y representativos de los sitios que se in-

cluyen en la Lista de Humedales de Importancia Internacional.

Una alternativa a las clasificaciones de humedales esencialmente biológicas, ha sido las propuestas con fundamentos geomorfológicos, que parten de la consideración de las peculiaridades básicas de todos los humedales en cuanto a su inclusión y formación en ciertas geformas y régimen hidro-geomorfológico, con lo cual se puede diferenciar y describir la variedad completa de humedales primarios del planeta.

Otra propuesta muy interesante de clasificación de humedales se ha desarrollado en Costa Rica, en la que se distinguen 12 categorías con base en unidades de paisaje y sus relaciones funcionales, entendido el paisaje como la expresión perceptible u observable del espacio geográfico por medios directos, que captan las características temporales y dinámicas de los ecosistemas naturales y culturales (Berlanga-Robles *et al.*, 2008). Pero esta propuesta de Bravo y Windevoxhel (1997) no establece los atributos estructurales y funcionales de los paisajes para identificar cada una de las categorías utilizadas, y de hecho no se apoya en la concepción geocológica de los paisajes.

Igualmente, Neiff (2000) ha formulado otra clasificación de humedales, de naturaleza fisiográfica y dinámica, que contempla como parámetros, el marco geomorfológico y la relación del anegamiento con los sistemas vinculados al humedal y los clasifica en continentales: lagos y lagunas someras, espiras de meandro en planicies fluviales, charcas, bañados de pastos cortos, bañados con praderas de plantas altas y tiernas,

turberas, pajonales, bañados con palmas, bañados con bosques de galería, y marinos: playas marinas, manglares, marismas, albuferas y arrecifes de coral.

Por otra parte, en México, Priego y Bocco realizaron una propuesta de Clasificación de Humedales de la Costa del Golfo de México para las escalas 1:25 000-1:50 000, en que subdividen las unidades superiores y las unidades inferiores, tomando en consideración el carácter acuático o subaéreo de las áreas, su sectorialidad, morfogénesis, clima, pendiente, periodicidad de la inundación y características edafobiogénicas de los paisajes, lo cual es positivo, pero aquí se introducen concepciones muy particulares, como es considerar costas acantiladas, lomeríos y colinas, así como evaluar áreas con pendientes muy fuertes, con las cuales no concuerdan los autores, a partir de la concepción de humedal que se ha adoptado en el presente trabajo.

Más recientemente, en Estados Unidos se ha desarrollado una nueva propuesta de clasificación hidrogeomorfológica de los humedales, que incorporan aspectos no considerados en la clasificación de Cowardin, ni en la de Warner y Rubec, como son: fuentes y regímenes de agua, diferencias morfométricas del relieve, posición de la geforma en el paisaje, entre otros, lo cual aporta información en relación con el funcionamiento del humedal y ayuda a diferenciar más detalladamente los tipos de humedales, que se habían obtenido anteriormente en los Estados Unidos (Brooks *et al.*, 2011).

Para el caso específico de la provincia de Matanzas (Cuba), Cabrera, García y Soto (1994)

formularon una primera clasificación genética de los paisajes de los humedales, en la cual se definieron cuatro tipos principales:

- Formados en sistemas de grandes depresiones estructuro-geomorfológicas, interconectadas entre sí y con el mar.
- Formados en litorales bajos, con marcada influencia marina.
- Formados en pequeñas depresiones y lagunas, generalmente asociadas a procesos cárnicos litorales.
- Formados en tramos costeros bajos, en que los ríos desembocan e interactúan con el mar.

Esta clasificación es la empleada en este trabajo, pero se ha debido incorporar el factor régimen de inundación, que es fundamental en el entendimiento de la dinámica-funcional, y ha sido preciso distinguir unidades tipológicas más pequeñas, además de los paisajes transicionales que no habían sido incluidos.

Al hacer un análisis general de todas estas clasificaciones antecedentes, los autores consideran que ha faltado un adecuado enfoque sistémico, pues la tendencia general ha sido distinguir a los diferentes tipos de humedales, a través de los aspectos estructurales, tales como los geomorfológicos, hidroclimáticos, edafogénicos o bióticos, pero casi siempre vistos por separados sin que se adopte una visión realmente compleja y dinámico-funcional.

Cartografía aplicada

Un aspecto fundamental del presente trabajo ha sido el análisis cartográfico desplegado con vistas a obtener el mapa base de los paisa-

jes de humedales de la provincia de Matanzas a escala 1:100 000.

Para la elaboración de este mapa se partió del diseño de un Modelo Digital del Terreno (MDT) (Cowardin, 1979). Esta información se integró a la tributada por el STR v. para facilitar la delimitación de los pisos altimétricos, que facilitó una mejor diferenciación como resultado final. Se reclasificó el modelo obtenido para lograr los rangos del relieve, tomando como base, los propuestos por Jorge Luis Díaz para las llanuras bajas.

A continuación se procedió a estudiar la composición litológica y tipos de relieve, que junto a las principales características climáticas permiten caracterizar este nivel taxonómico de paisaje. Los insumos utilizados fueron los mapas digitales de geología del Instituto de Geología y Paleontología a escala 1:100 000 y el geomorfológico de Matanzas a escala 1:200 000 y los tipos climáticos a escala 1: 500 000 elaborado por el Centro Meteorológico de Matanzas y para lo cual se homogeneizó la escala de trabajo y se procedió a aplicar un *join* para la integración de esta información.

Después de ello la primera acción consistió en convertir las capas raster obtenidas a polígonos y se realizó el cálculo de área mínima cartografiable, eliminando los polígonos que están por debajo de este valor. Seguidamente, y con el objetivo de lograr una mayor limpieza de esas clases, se eliminaron los ruidos del resultado de la reclasificación y se llega a la capa de tipos de paisajes de humedales de acuerdo con el relieve, complejo litológico y su correspondiente clima.

Con la capa de tipo de humedales, se elevó el nivel de precisión con la obtención de un nivel taxonómico inferior, los grupos, incluyendo nueva información digital, como la hidrología 1:100 000 de la Dirección de Recursos Hidráulicos de Matanzas, los suelos 1: 25 000 del Departamento de suelos del MINAGRI en Matanzas y de la versión 1.0 del mapa de formaciones vegetales de Cuba a escala 1:100 000 (Estrada, 2012).

Para el logro del nivel taxonómico inferior del grupo se superpusieron los mapas citados con la capa tipos de humedales con la aplicación de los procedimientos explicados en el paso anterior, que aseguran la limpieza y exactitud de los resultados y se obtiene la capa de grupos de paisajes de humedales.

Por último, para alcanzar el nivel taxonómico inferior de especie, se procedió a integrar a la capa de grupos de paisajes de humedales, con la información de tipos de suelos, regímenes de inundación y tipos de vegetación, para de esta manera lograr la mayor diferenciación de los paisajes de humedales; seguidamente, se aplican las operaciones correspondientes para corregir sus resultados, lográndose la capa especie y posteriormente se editó el mapa de los paisajes de los humedales de la provincia.

Se utilizó además, para la identificación de los paisajes de humedales, la clasificación orientada a objetos a partir de imágenes satelitales. La importancia de la segmentación y el procesamiento de la imagen, utilizando la clasificación orientada a objetos para identificar humedales ha sido probada con éxito (Frohn, 2009) y para este trabajo, fue procesada por el programa de

clasificación de imágenes *Definies Developer*, mediante el cual se hizo una jerarquización de la clasificación. Este es un sistema computacional que realiza tareas de interpretación de imágenes de sensores remotos, con la aplicación de la segmentación en múltiple resolución, clasificación orientada a objetos y jerarquización de decisiones (Cronenberg, 2012).

De esta forma, se elaboró una clasificación supervisada orientada a objetos, semiautomática, de los tipos de paisajes de humedales de la provincia de Matanzas, agrupándolas en tipos de unidades a partir de la misma estructura de datos. Se adoptaron tres niveles de segmentación en un análisis de arriba-abajo, para definir las grandes unidades tomando en consideración la clasificación propuesta, con el uso de la escala 1:100 000 para la definición de los tipos de humedales, indicándose al sistema cuáles son los atributos inherentes a los paisajes de humedales que debe seleccionar de la información geológica del modelo digital del terreno y el clima.

En el segundo nivel fueron definidos los grupos, para lo que se utilizaron los resultados del análisis anterior y se incorporan otros atributos de los humedales a la regla de clasificación para su reconocimiento, como régimen de humedecimiento, agrupamiento de suelos y formaciones vegetales, en la búsqueda de mayor nivel de detalle.

Por último, en el tercer nivel de segmentación buscando mayor precisión para las especies de paisaje y con una nueva regla de clasificación para esta unidad taxonómica, se agregó la capa de información de tipos, grupos y tipo de

vegetación con especies dominantes, obteniéndose finalmente las especies. Se seleccionaron los parámetros finales de segmentación por los números de intentos realizados y se les atribuyeron los mayores pesos a los niveles altimétricos del terreno, el agrupamiento de suelos, el régimen de humedecimiento, formaciones vegetales (Alfonso, Cronenberg & Martín, 2012).

Los resultados obtenidos por la clasificación orientada a objetos aporta mayor rapidez y grado de detalle, lo que ayuda a determinar diferencias no consideradas en los mapas temáticos que sirven de insumo, al integrar la información para el análisis, utilizando el ArcGIS Desktop 10.1.

4. Propuesta de clasificación de los humedales aplicada al caso de la provincia de Matanzas (Cuba)

De esta manera, la propuesta de clasificación de humedales que se presenta se distingue por su enfoque complejo, que significa ante todo estar basada en los atributos estructurales y dinámico-funcionales de los paisajes.

La clasificación de los paisajes de humedales de la provincia de Matanzas pretende distinguir-

los de manera jerárquica, con el establecimiento de un sistema de categorías o niveles taxonómicos que se caracterizan mediante los índices diagnósticos. Este sistema de niveles taxonómicos constituye un medio de aproximación a la realidad objetiva y depende, en gran medida, de la escala y de los objetivos del trabajo.

En esta propuesta se han adoptado cuatro unidades taxonómicas: clases, tipos, grupos y especies. A las clases las identifican el origen del paisaje, el tipo por la morfoestructura del relieve, la génesis, y las condiciones climáticas en las que se desarrolla. El grupo toma en consideración la morfoestructura del relieve, su génesis y altitud, régimen hídrico de inundación, agrupamiento de suelos y formación vegetal. Por último las especies como nivel taxonómico inferior se identifican mediante la morfoestructura del relieve, la génesis y altura, régimen hídrico de inundación, agrupamiento de suelos, formación vegetal y especie vegetal dominante, tal y como se resume en la Tabla 1. Es decir, utiliza una u otra combinación de atributos físicos geográficos, que permiten establecer una propuesta de denominación común para aquellos que reúnen el conjunto de rasgos comunes para integrar un determinado tipo taxonómico.

Tabla 1. Índices usados para la clasificación de humedales de la provincia de Matanzas

| Niveles Taxonómicos | Naturaleza | Morfoestructura | Génesis | Condiciones climáticas | Régimen hídrico de inundación | Suelo | Altura del relieve | Formación vegetal | Especie vegetal dominante |
|---------------------|------------|-----------------|---------|------------------------|-------------------------------|-------|--------------------|-------------------|---------------------------|
| Clases | X | | | | | | | | |
| Tipos | | X | X | X | | | | | |
| Grupos | | X | X | | X | X | X | X | |
| Especies | | X | X | | X | X | X | X | X |

De acuerdo con los índices diagnósticos definidos, la clasificación de los paisajes de los humedales de la provincia de Matanzas se estructura en dos clases, seis tipos, 10 grupos y 42 especies.

Según el análisis interrelacionado de todos estos índices diagnósticos y las unidades básicas de paisajes tomadas como fundamento, los humedales de la provincia de Matanzas quedaron clasificados como sigue:

- Humedales desarrollados en llanuras marinas, sobre depósitos palustres marinos, donde la dinámica de los sedimentos y todos los procesos están vinculados al régimen de las mareas y las corrientes, que juegan el rol fundamental.
- Humedales desarrollados en llanuras marinas, sobre depósitos lacuno-palustres, relacionados con procesos tectónicos recientes que condicionan la presencia de depresiones, que facilitan la acumulación de agua y sedimentos.
- Humedales desarrollados en llanuras semipantanosas transicionales, sobre depósitos carbonatados, arcillosos o biogénicos, entre las llanuras cársicas interiores y los paisajes de humedales de las llanuras costeras bajas.
- Humedales desarrollados en llanuras marinas y fluvio-marinas, sobre depósitos aluvio-marinos, en los que la combinación de los procesos fluviales y marinos, contribuyen al aporte y distribución de sedimentos y a la dinámica en general.
- Humedales en llanuras marinas litorales, sublitorales e interiores sobre depósitos carbonatados y carbonatados terrígeno, que

son el fruto de procesos de disolución cársica, donde ocurren procesos secundarios de empantanamiento.

- Humedales transformados, que agrupa a aquellos que han evolucionado a partir de paisajes naturales, pero con una fuerte influencia humana.

Esta clasificación de los paisajes de humedales está representada en el Mapa 1.

El análisis de este mapa arroja que los paisajes de humedales de la provincia de Matanzas, cubren un área aproximada de 4247,18 km², que representan el 35,98 % de la superficie provincial.

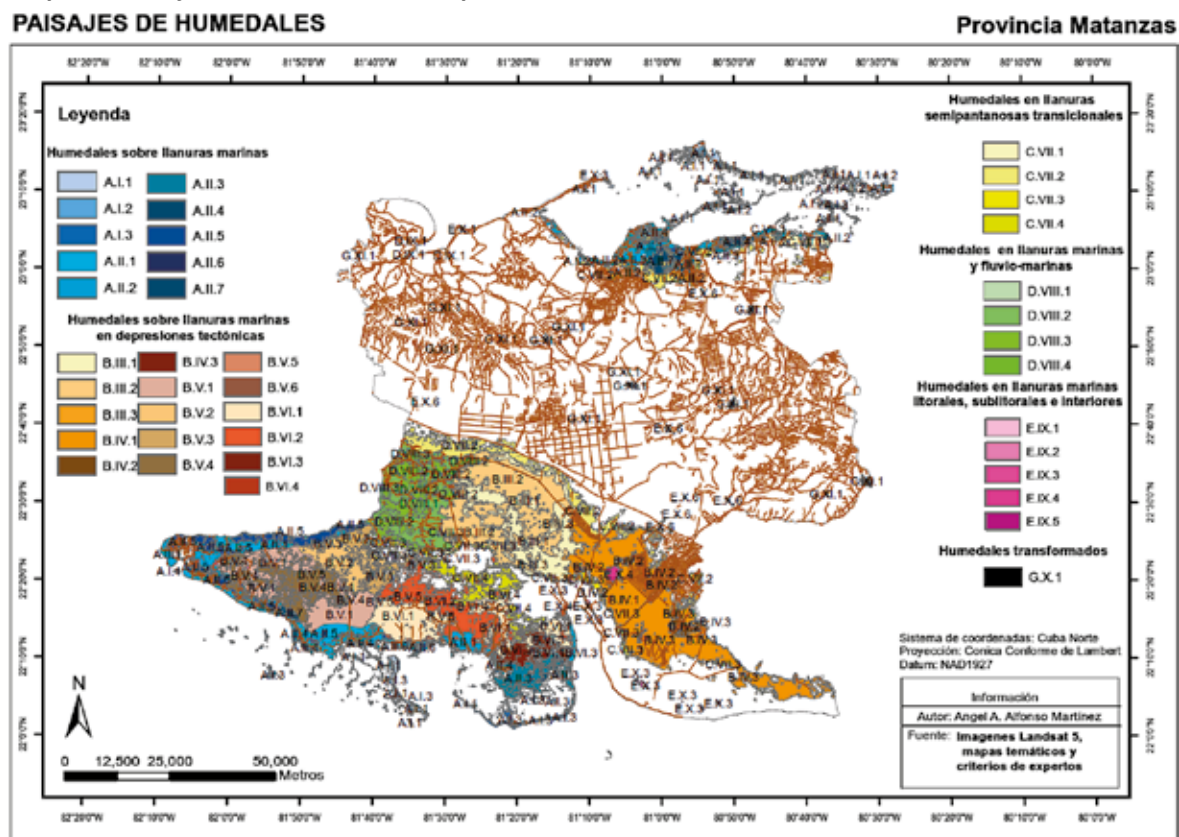
5. Regionalización de los paisajes de humedales de Matanzas

Mediante un análisis de la unidad espacial-funcional y de las relaciones horizontales, los paisajes pueden ser integrados o desagregados en forma de módulos mayores o menores. Este análisis conduce siempre a la determinación de regiones, localidades y otros geocomplejos individuales, irrepetibles en espacio y tiempo (Cabrera, 1996).

En nuestro caso el método empleado se basa en la determinación de la combinación espacial de las unidades tipológicas consideradas en la clasificación de los humedales, y conforme a ello se pueden distinguir en el territorio de la provincia de Matanzas seis regiones principales:

1. Litoral noroccidental (Bacunayagua hasta Boca de Camarioca), dividido en las siguien-

Mapa 1. Paisajes de humedales de la provincia de Matanzas, Cuba



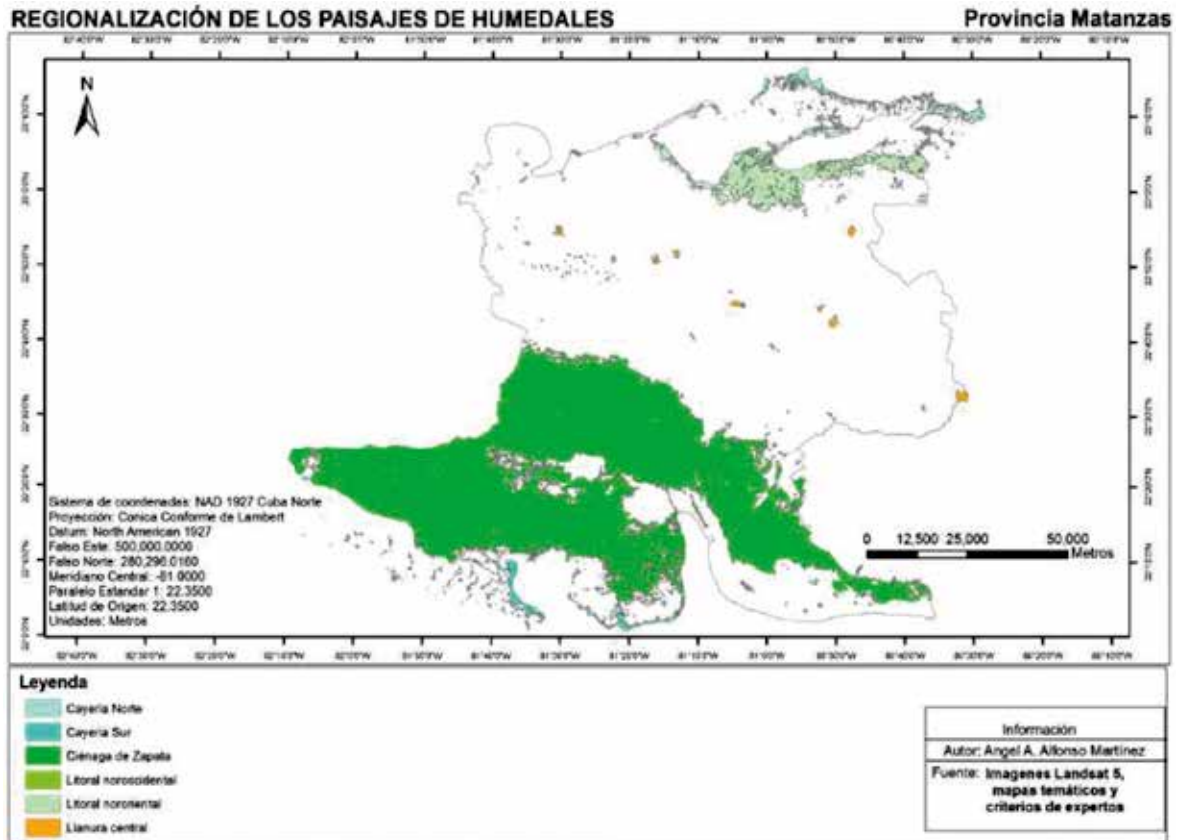
- tes subregiones Bacunayagua, Yumurí, San Juan, Canímar, Maya y Boca de Camarioca.
2. Litoral nororiental (Cárdenas-Martí), dividido en las subregiones Hicacos, Norte de Cárdenas, Ciénaga de Majagüillar.
3. Cayería Norte (Sector occidental del Archipiélago Sabana Camagüey), dividida en las subregiones archipiélago sabana occidental y archipiélago sabana oriental.
4. Ciénaga de Zapata, dividida en las subregiones de humedales Ciénaga occidental y Ciénaga oriental.
5. Cayería Sur. Dividida en las subregiones de humedales: Cayo "Ernest Thaelman" y cayería "Diego Pérez".
6. Humedales sobre la llanura cársica del cen-

tro, dividida en las subregiones: Llanura Unión-Perico y Llanura Colón.

Esta regionalización se muestra en el Mapa 2.

Las regiones son las unidades individuales superiores y se distinguen por una homogeneidad relativa de la estructura geológica (regiones geoestructurales), predominio de ciertos tipos morfotectónicos y genéticos del relieve, uniformidad de las condiciones climático-hidrográficas y cierta combinación espacial de clases, tipos y grupos de paisajes. Por su parte, las subregiones se ubican dentro de los límites de alguna región específica y se distinguen por el dominio de determinadas combinaciones de tipos y grupos de

Mapa 2. Regionalización de los paisajes de humedales de la provincia de Matanzas



paisajes. Por lo general, se desarrollan las subregiones sobre un mismo complejo geomorfológico y fundamento litológico y, en ellas, se presentan asociaciones específicas de agrupaciones y tipos de suelos, de formaciones vegetales y de sus modificaciones antropogénicas.

Consideraciones finales

Este trabajo ha permitido una propuesta de clasificación de los paisajes de los humedales muy particular, con un enfoque paisajístico, y aplicada al contexto espacial concreto de la provincia de Matanzas (Cuba), pero con amplias posibilidades de extrapolación a contextos espaciales similares, siempre con la debida adecuación a las particularidades de cada territorio.

La provincia de Matanzas puede ser interpretada como una región clásica para los estudios de humedales, si se toma en consideración que su superficie es más de 35 % de la superficie provincial.

La clasificación de los humedales de la provincia de Matanzas, basada en el enfoque de paisajes, y la regionalización derivada de ella, facilita la sistematización de todos los conocimientos acumulados, y puede constituirse en una potente herramienta teórico-metodológica y aplicada, orientada hacia la solución de los problemas del ordenamiento territorial y la optimización de la gestión integrada de las unidades espaciales propuestas.

Referencias Bibliográficas

Alfonso, A. & Dipotet, P. (2007). *Perfeccionamiento del conocimiento de los humedales. Caso de estudio Humedal Ciénaga de Zapata, Cuba*. Reporte de Investigación. La Habana, Cuba: Instituto de Cibernética, Matemática y Física, CITMA.

Alfonso, A. & Dipotet, P. (2009). *Propuesta de clasificación de los humedales de la provincia de Matanza*. CITMA, Unidad de Medio Ambiente de Matanzas. Memorias del VIII Simposio Internacional de sobre Manejo de Humedales, "Humedales 2009". Matanzas, Cuba.

Alfonso, A., Cronenberg, F. & Martín, G. (2012). *Cartografía de los paisajes de humedales de la provincia de Matanzas, usando técnicas de clasificación orientada a objetos*. Inédito CITMA. Matanzas: Unidad de Medio Ambiente.

Berlanga-Robles, A. C., Ruiz-Luna, A. & Lanza Espino, G. (2008). Esquema de clasificación de los humedales de México. *Investigaciones Geográficas, Geografía física* versión impresa, 66 (ISSN 0188-4611), 20.

Bravo, J. & Windevoxhel, N. J. (1997). *Manual para la identificación y clasificación de humedales en Costa Rica* (Primera edición). San José, Costa Rica: UICN/ORMA-MINAE, Embajada Real de los Países Bajos.

Brooks, R., Brinson, M., Havens, K., Hershner, C., Rheinhardt, R., Wardrop, D. y otros (2011). Proposed Hydrogeomorphic Classification for Wetlands of the Mid-Atlantic Region, USA. (S. o. Scientists, Ed.) *Wetlands*, 31, 207-219.

Cabrera, A., García, O. & Soto, E. (1995). Ecología y paisaje de los humedales de Matanzas, Cuba. *Memorias II Simposium Internacional "Humedales 94"* (p. 485). La Habana: Editorial Academia.

Cabrera, J. A. (1996). *Los paisajes de Matanzas (Cuba): Una concepción de sistemas para la estrategia de sostenibilidad geoecológica*. Tesis Doctoral, Facultad de Geografía, La Habana.

CNAP (2007). *Plan de sistema de áreas protegidas de la República de Cuba, periodo 2008-2012*. La Habana: Editorial Academia.

Cowardin, L. (1979). *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the U.S.* Washington DC.: U.S. Fish and Wild Life Service.

CRC (2013). *Managing our Coastal Wetlands: Walking the Talk of Concerted Action*. Washington: Centre Resources Coastal. USAID.

Cronenberg, F. (2012). *Classificação e cartografia das Unidades da Paisagem da Serra do Mar no Estado do Rio de Janeiro – subsidio para o estudo do estado de conservação ambiental na região*. Rio de Janeiro, Brasil: Instituto de Geociencias, Universidad Federal Fluminense, Departamento de Geografía Física.

Davidson, I. V. (1999). Review of wetland inventory information in North America. In F. C. Spiers (Ed.), *Global Review of Wetland Resources and Priorities for Wetland Inventory* (pp. 1-34). Canberra, Australia: Supervising Scientist Report 144.

- Dugan, P. (1992). *Wetland Conservation: A review of current issues and required action*. Cambridge. United Kingdom and Gland, Switzerland: The World Conservation Union.
- Estrada, R. (2012). *Mapa de formaciones vegetales del occidente de Cuba*. IV Convención Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo. La Habana, Cuba.
- Finlayson, C. M. & Van der Valk, A. G. (1995). Wetland classification and inventory, A summary. *Vegetatio*, 103-124.
- Frohn, C. R. (2009). Satellite Remote Sensing of Isolated Wetlands Using Object-Oriented Classification of Landsat-7 Data. (U. The Society of Wetland Scientists, Ed.). *Wetlands*, 29(3), 931-941.
- Green, D. L. (2005). *Wetland technical manual, wetland classification, The Ecological Services Unit for the Water Environments. Unit of the Department of Land and Water, Conservation, Australia*. Recuperado el 5 de febrero de 2014, de www.dlwc.nsw.gov.au/care/wetlands/facts/pdf
- Hui, W. B. (2010). A Review of Ecological Effect about Artificial Restoration of Degraded Wetland Dong Kaikai. 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology. IEEE.
- Larousse (2011). *Diccionario Esencial de Geografía*. México: Ediciones Larousse, S. A. de C.V.
- Midwood, J. & Chow-Fraser, P. (2010). Mapping Floating and Emergent Aquatic Vegetation in Coastal Wetlands of Eastern Georgian Bay, Lake Huron, Canada. *Wetlands* (30), 1141-1152.
- Mitsch, W. & Gosselink, J. (2007). *Wetlands* (4th ed.). Hoboken, New York, USA: John Wiley.
- Neiff, J. J. (2000). *Aspectos conceptuales para la evaluación ambiental de tierras húmedas continentales de América del Sur*. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, UFSCar, Anais do VIII Seminário Regional de Ecología, Vol. VIII, São Carlos, Brasil.
- RAMSAR (2011). *Manual de la Convención*, 4ta. edición. Recuperado el 4 de noviembre de 2010, de www.ramsar.org.
- Warner, B. G. & Rubec, D. A. (1997). *The Canadian Wetland Classification System*. Ontario: National Wetlands Working Group.