Propuesta metodológica para la cartografía de unidades geocológicas en cuencas hidrográficas urbanizadas. Estudio de caso: Cuenca hidrográfica del río Quibú

Lissy Mateo-Rego [(1*)], Dayamit Ojeda-Martínez [(1)], Eloy Eduardo Pérez-García [(1)] y José Manuel Mateo-Rodríguez [(2)]

[(1)] *Unidad Científico Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría, Cuba.*

[(2)] *Facultad de Geografía, Universidad de la Habana, Cuba. Email: lissy@uct.geocuba.cu, dayamit@uct.geocuba.cu, eloy@unaicc.co.cu, mateo@geo.uh.cu*

Recibido: enero 2017	Aceptado: julio 2017

Resumen

Las cuencas hidrográficas en regiones urbanizadas, constituyen un objeto de planificación y gestión ambiental y territorial altamente complejo por tanto, es de vital importancia el estudio y representación de las unidades geoecológicas de forma periódica. En este trabajo se propone una metodología que integre las técnicas de procesamiento digital de imágenes con un enfoque de análisis orientado a objetos geográficos, el empleo de criterios visuales de interpretación, la superposición cartográfica y el trabajo de campo en la identificación, clasificación y cartografía de las unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica superficial del río Quibú. Los resultados de este trabajo fueron el mapa de unidades geoecológicas de la cuenca a escala 1: 25 000, que se presenta y un álbum selectivo de patrones de interpretación para elementos de las unidades geoecológicas del área de estudio. Con la aplicación de este enfoque integrado se logró mayor precisión en los límites de las unidades geoecológicas, elevar la calidad del proceso de post-clasificación y disminuir considerablemente el tiempo de la investigación.

Palabras clave: Cartografía, clasificación, geoecología, interpretación, unidades geoecológicas.

Methodological proposal for the cartography of geocological units in urbanized watersheds. Case study: Quibú River hydrographic basin

Abstract

Hydrographic basins in urbanized regions are an object of highly complex environmental and territorial planning and management; therefore, the study and representation of geo-ecological units on a periodic basis is of vital importance. This paper proposes a methodology that integrates the techniques of digital image processing with an approach of analysis oriented to geographic objects, the use of visual criteria of interpretation, the cartographic superposition and the field work in the identification, classification and cartography of the first and second order geoecological units of the surface hydrographic basin of the Quibú river. The results of this work were the map of geoecological units of the basin at scale 1: 25 000, which is presented and a selective album of interpretation patterns for elements of the geoecological units of the study area. With the application of this integrated approach, greater precision was achieved in the limits of the geo-ecological units, raising the quality of the post-classification process and considerably reducing the time of the investigation.

Keywords: Cartography, classification, geoecology, geoecological units, interpretation.

1. Introducción

"*La Geoecología de los Paisajes como concepción científica aplicada al desarrollo socioeconómico representa un sistema eficiente de métodos, procedimientos y técnicas de investigación que brinda conocimiento integral del medio natural y aporta elementos de base para elevar las condiciones potenciales y recursos naturales, así como los trabajos de optimización y protección del medio ambiente, lo que resulta indispensable en la elaboración de los programas de ordenamiento ambiental y en la optimización del uso, manejo y gestión de cualquier unidad territorial. El mapa de unidades geoecológicas es un producto de síntesis cartográfica, resultado de la integración de los diferentes componentes naturales, las formas de uso y la morfología del paisaje. Sin embargo, la identificación, cartografía y clasificación de las unidades geoecológicas es en extremo difícil y costosa"* (Mateo Rodríguez et al., 2004).

En Cuba, estos procesos se realizan mediante trabajos directos en el campo o utilizando métodos de superposición de mapas temáticos en un sistema de información geográfica, combinado con la interpretación visual de fotografías aéreas y/o imágenes de satélite (Ramón et al., 2009, Priego et al., 2010, Remond, 2004, Salinas and Ramón, 2013, Salinas and Ribeiro, 2017, Martínez and Bollo, 2017). En la actualidad, se utilizan las técnicas de procesamiento digital de imágenes para delimitar las unidades (Martínez and Bollo, 2017, Solé, 2004, Gomes et al., 2015, Wellausen et al., 2015), específicamente las técnicas de clasificación digital para la elaboración de mapas temáticos, tales como de la cobertura y el uso del suelo, o de la vegetación, que se superponen para la generación final del mapa de unidades geoecológicas.

Sin embargo, estos estudios se hacen aún más complejos en cuencas con relativo grado de urbanización. Las cuencas hidrográficas en regiones urbanizadas, constituyen un objeto de planificación y gestión ambiental y territorial altamente complejo. La calidad ambiental de dichas cuencas afecta amplias capas de la población y su manifestación puede alcanzar áreas y territorios ampliamente alejados de las propias cuencas. Desde el punto de vista metodológico, dichas cuencas constituyen objetos en extremo complejos, que precisan de la fundamentación de una base teórica y conceptual que refleje de manera fidedigna dicha complejidad.

En este trabajo se propone una metodología que integre las técnicas de procesamiento digital de imágenes con un enfoque de análisis orientado a objetos geográficos , la interpretación basada en criterios, la superposición de mapas temáticos y el trabajo de campo en la interpretación, clasificación y cartografía de las unidades geoecológicas en cuencas hidrográficas urbanizadas. Se utilizó como estudio de caso la cuenca hidrográfica del río Quibú y se obtuvo como resultado el mapa de unidades geoecológicas a escala 1: 25 000.

"La cuenca hidrográfica superficial del río Quibú está ubicada en el extremo occidental de la provincia de La Habana, abarca áreas de cuatro municipios: Playa, Marianao, La Lisa y Boyeros. El río nace de la confluencia de los arroyos Auditor y Quiebra Hacha, cerca de El Cano, municipio La Lisa, recibiendo numerosos aportes de arroyos y zanjas que llevan los albañales de los barrios por donde atraviesa. Con una extensión de 30.59 km^2 aproximadamente, se extiende en dirección submeridional, su máxima extensión NS es de 77.738 m y E-W es de 4.967 m. La inclinación media de las pendientes es de 2.19°. Presenta una altura promedio de 40.30 m sobre el nivel del mar y una altura máxima de 78 m" (Mateo Rodríguez and Gonzalez, 2005).

"Al norte, la cuenca desemboca directamente hacia el Golfo de México en una estrecha ensenada que tiene una superficie aproximada de 15 m. En el tercio superior, la cuenca limita con superficies carsificadas (Reparto Flores al oeste y Municipio Plaza al este), que no tienen una organización en forma de cuenca fluvial. Por el oeste con la cuenca del río Jaimanitas, al este con la cuenca del río Almendares y al sur, en el nacimiento de los afluentes, colinda con la cuenca endorreica de Ariguanabo" (Valdivia 2011).

Dicha cuenca, se encuentra urbanizada en gran parte; en ella coexisten diversos grados y tipos de urbanización y, además, tiene una significativa importancia dada por la regulación de avenidas, la contaminación, el saneamiento y otros aspectos hidrológicos, geográficos y ambientales, que se relacionan de manera compleja (Hasdenteufel et al., 2008). Por tanto, el mapa de unidades geoecológicas constituye la base y una importante fuente informativa para los trabajos de caracterización territorial, ordenamiento y gestión territorial, planificación ambiental, localización, distribución y organización de actividades económicas y sociales.

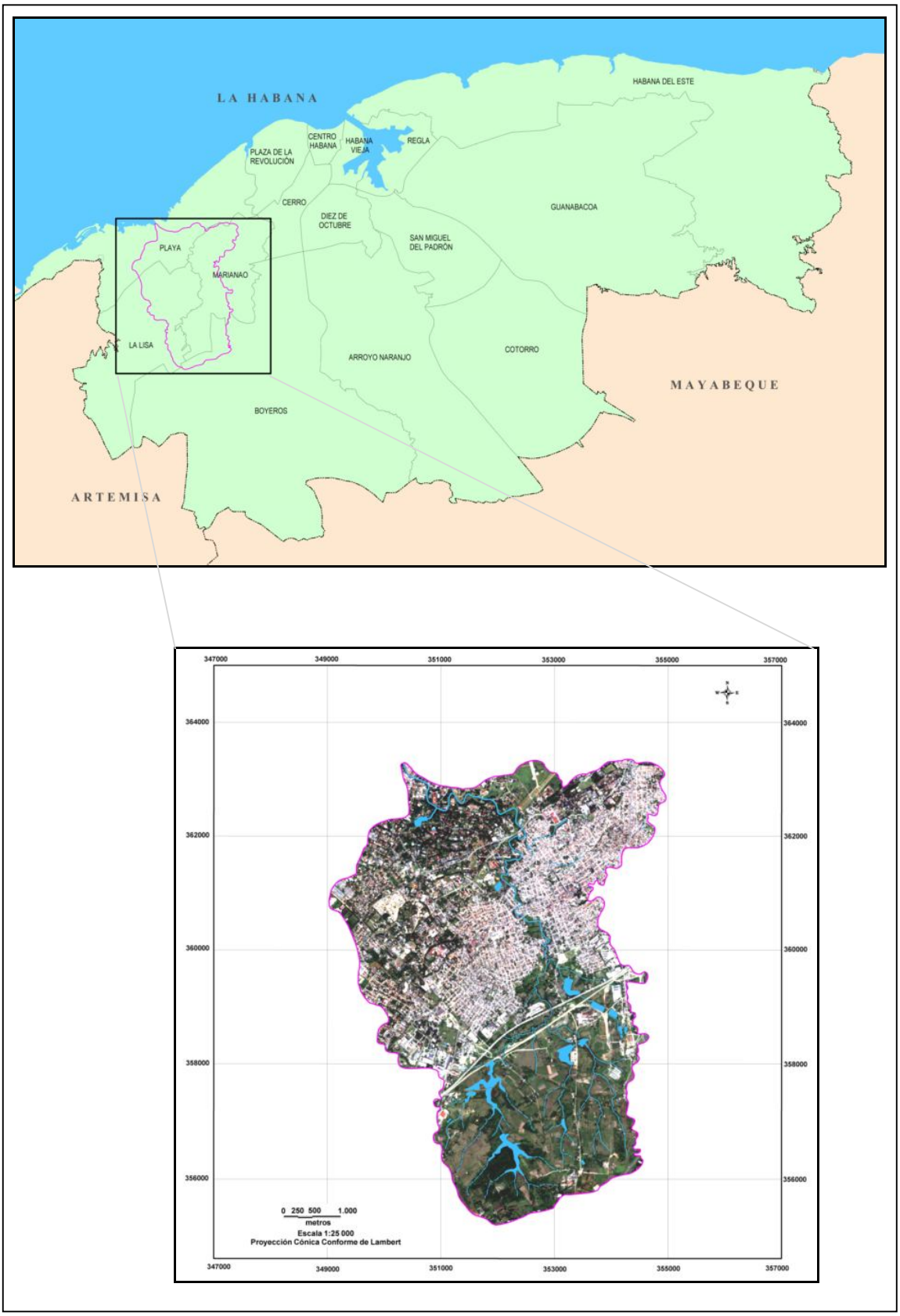

Fig. 1 Esquema de localización de la cuenca hidrográfica del río Quibú. *Fuente: Elaborado por los autores a partir del Mapa Topográfico Digital de GEOCUBA 1:25 000 y un recorte de la imagen satelital de muy alta resolución espacial del satélite de observación de la Tierra GeoEye-1.*

2. Materiales y métodos

En el diagrama de flujo de la **Fig. 2**. se representan los procedimientos metodológicos que permiten integrar de manera sistémica el uso de las técnicas de procesamiento digital de imágenes con énfasis en la clasificación orientada a objetos y la interpretación a partir de criterios visuales, la superposición de mapas temáticos y modelo digital de elevación en un SIG, y el trabajo de campo en la interpretación, clasificación y cartografía de las unidades geoecológicas en cuencas hidrográficas urbanizadas.

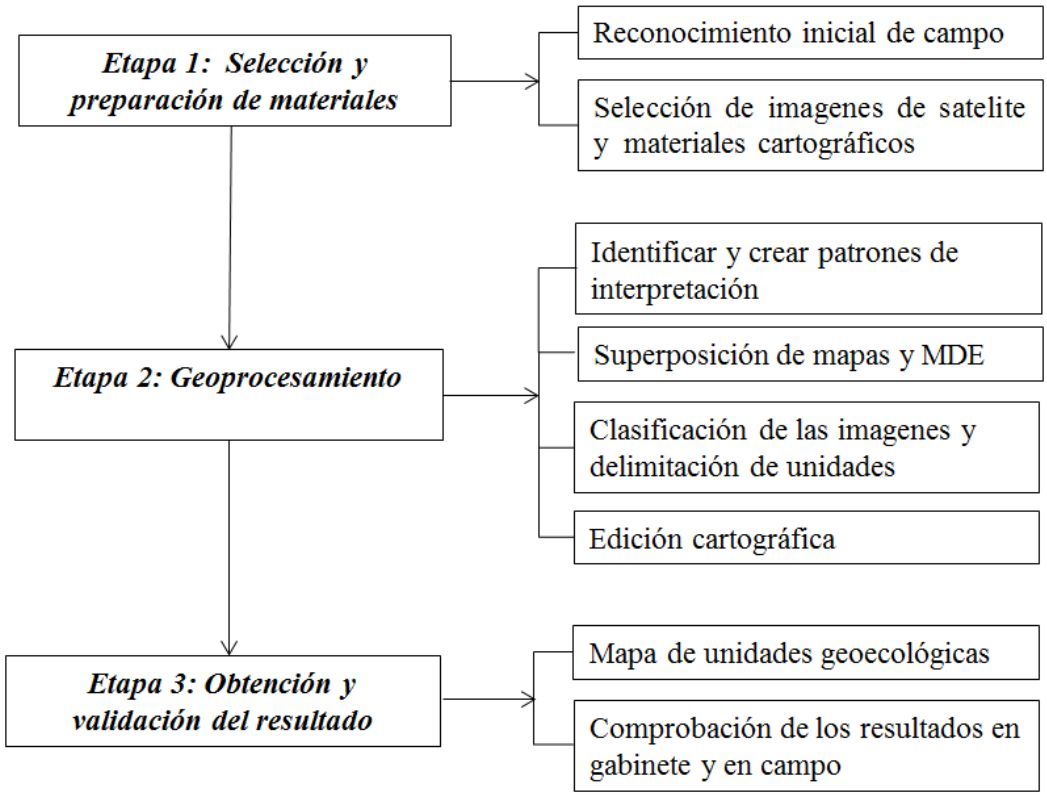

Fig. 2 Flujograma de los procedimientos metodológicos

2.1 Selección y preparación de materiales

Se seleccionaron tres imágenes del satélite GeoEye-1, corregidas radiométricamente, en modo Pan-Sharpened y de forma complementaria se utilizaron imágenes del navegador Google Earth-Pro, capturadas mediante el programa Stitch Maps con una altura de ojo de 5 km, correspondientes al año 2015.

En la selección de las imágenes RapidEye, se tuvo en cuenta la fecha y la hora de la toma, el porciento de nubosidad y el nivel de procesamiento. El procesamiento digital de imágenes se realizó con el software ENVI 5.1 y la clasificación orientada a objetos con el software eCognition 8.7.

Para lograr un total cubrimiento del área de estudio, se confeccionó un mosaico con las imágenes satelitales utilizadas. Al delimitar el área de estudio sobre el mosaico de las imágenes, se aplicó una máscara a partir del vector del límite trazado según las curvas de nivel digitalizadas a escala 1:25 000 y la red de drenaje completa, incluyendo las cañadas dibujadas según las inflexiones de las curvas.

El mosaico digital de imágenes fue generado y georreferenciado mediante el programa ENVI. La georreferenciación se realizó en la proyección cartográfica Cónica Conforme de Lambert, sistema de coordenadas Cuba Norte, utilizando puntos de apoyo virtuales a partir del método desarrollado por (Alvárez Portal, 2004).

Para elevar la calidad de la interpretación visual de los objetos en las imágenes, se aplicaron técnicas de mejoramiento del contraste y destaque de bordes.

Además se analizó la información contenida en los siguientes mapas:

- Mapa Topográfico Digital (2012) de la República de Cuba a escala 1:25000 de GEOCUBA.

- Modelo Digital de Elevación (2012), a escala 1:25 000 de Ciudad de La Habana del Centro de Investigaciones de GEOCUBA Investigación y Consultoría, a partir del cual se construyeron los mapas de altimetría y pendiente.
- Mapa geológico digital (2000), a escala 1: 100 000 del Instituto de Geología y Paleontología.
- Mapa de suelo (1999), a escala 1: 500 000 del Instituto de Suelos.
- Mapas de cobertura forestal (2014) de los municipios: Playa, Marianao, La Lisa y Boyeros a escala 1:10 000 del Centro de Investigaciones de GEOCUBA.

2.2 Interpretación y clasificación de las unidades geoecológicas de primer orden.

Las unidades geoecológicas de primer orden (localidades) se identificaron y clasificaron con el análisis de la información contenida en el mapa geológico digital a escala 1: 100 000, los modelos de altimetría y pendiente generados del Modelo Digital de Elevación a escala 1: 25 000, la interpretación del mosaico de imágenes satelitales y la comprobación en el terreno del análisis realizado en gabinete.
El modelo digital de elevación fue reclasificado para obtener los modelos de altimetría y pendiente. Los intervalos utilizados en la reclasificación de altimetría y pendiente se ilustran en la **Tabla I.**

Tabla I: Valores de altimetría y pendiente del modelo digital de elevación de la cuenca del río Quibú.

Altimetría (metros)	**Pendiente** (grados)
0-5	0-3
5-7	3-5
10-12	5-10
20-25	10-20
30- 55	+ de 20

Como se ha planteado, se utilizó el método de clasificación orientada a objetos geográficos. Este método se basa en un algoritmo de segmentación que se puede aplicar a diferentes niveles jerárquicos y trabajar las clases informacionales de forma individual. Busca simular el proceso de interpretación visual por lo que se considera de gran importancia el conocimiento que se tenga sobre el tema o el área de estudio.

Para delimitar las unidades de primer orden o localidades se utilizó un único nivel de segmentación con los siguientes valores para cada uno de los parámetros: 50 de escala, 0,2 de forma, 0.8 de color y 0.5 de compactibilidad.

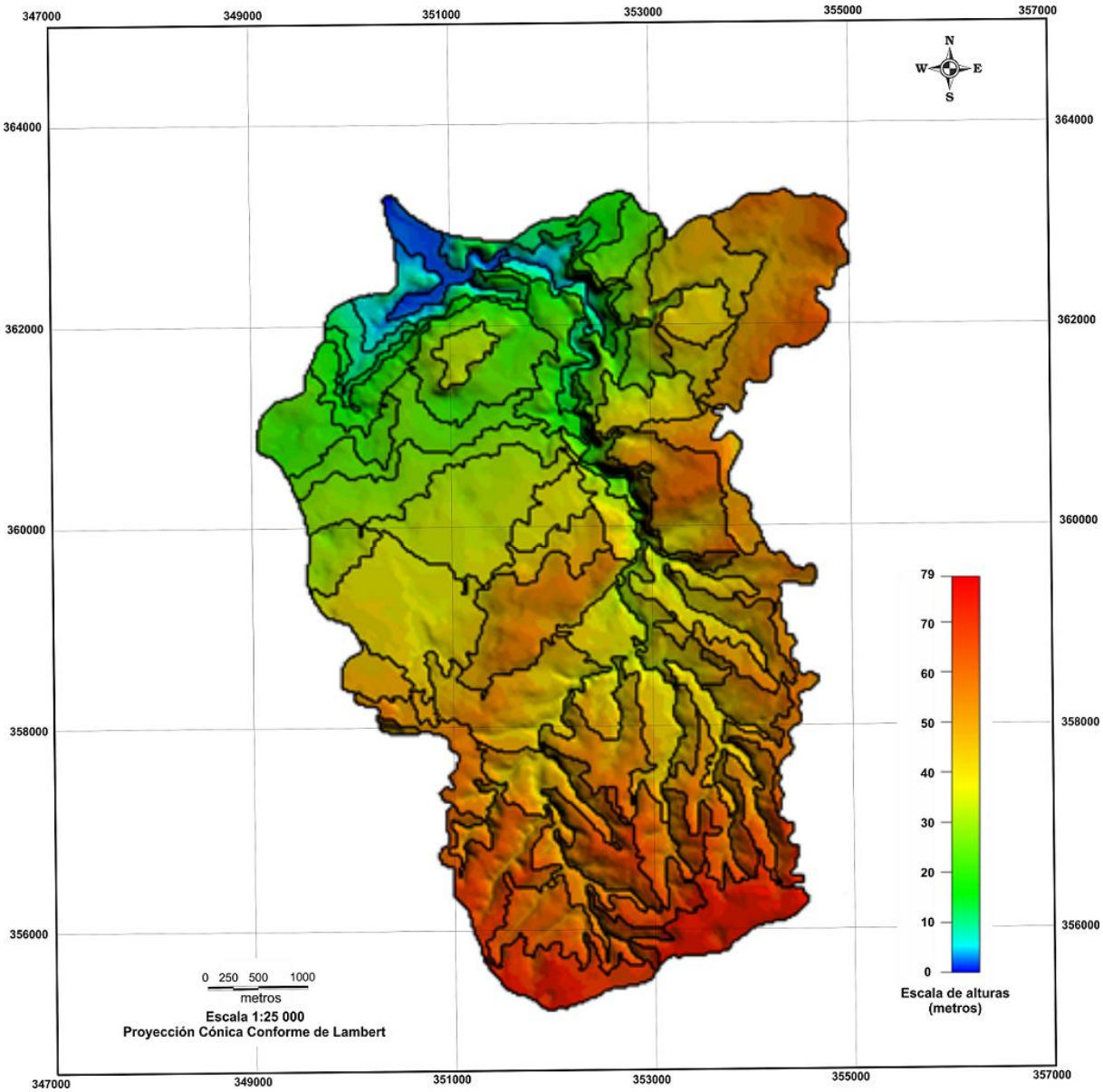

Fig. 3 Segmentación a partir del Modelo Digital de Elevación de la cuenca hidrográfica del río Quibú

Los softwares que se utilizan para este tipo de clasificación cuentan con numerosos descriptores de textura, posición, formas, valores de bandas espectrales y entropía, entre otros, que permiten discriminar mejor cada una de las clases informacionales.

Se realizó la clasificación orientada a objetos a partir de cinco clases informacionales que se corresponden con las unidades geoecológicas de primer orden. Para separar las clases se utilizaron descriptores de textura y de valores de banda (valor medio de la banda 1), además se adicionaron como descriptores las bandas de las imágenes georreferenciadas y los modelos de altimetría y pendiente. La **Fig. 4** muestra el resultado de la clasificación de las unidades geoecológicas de primer orden.

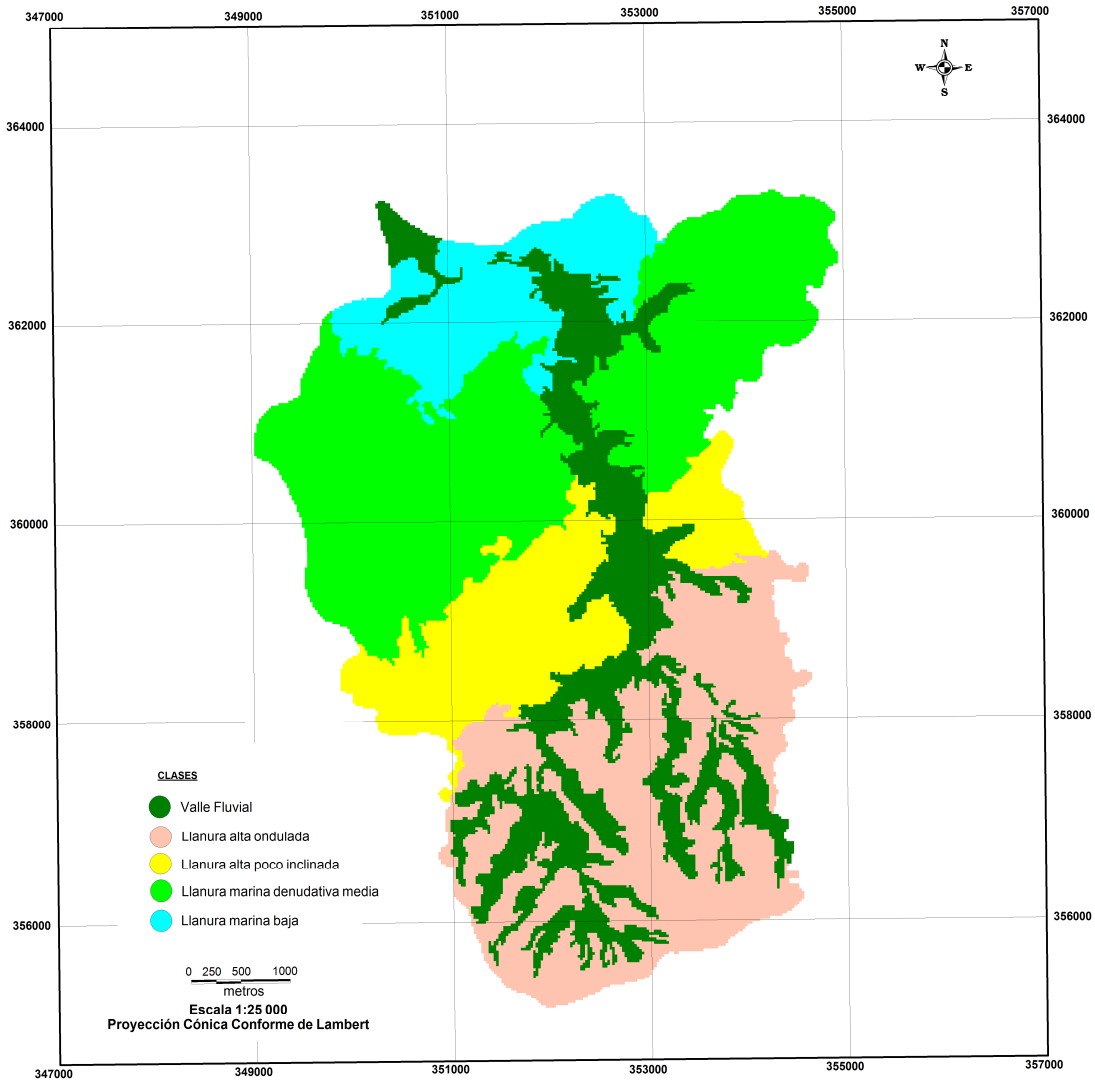

Fig. 4 Clasificación de las unidades geoecológicas de primer orden

2.3 Interpretación y clasificación de las unidades geoecológicas de segundo orden.

La selección de los descriptores depende del conocimiento y la experiencia del intérprete, y es decisiva la aplicación de los criterios visuales de interpretación: forma, tamaño, tono, color, textura, localización, sombra y asociación, aspecto éste que constituye una alternativa para distinguir los objetos que espectralmente pueden ofrecer dificultad en la identificación de los elementos del terreno.

Para facilitar el proceso de selección de los descriptores y poder discernir las clases informacionales y clasificar las imágenes desde un enfoque del análisis orientado a objetos, se confeccionó un álbum de patrones de interpretación a partir de las imágenes del satélite Geoeye compuesto por el patrón espacial, la descripción del mismo según los criterios visuales, las fotografías tomadas en el campo y la descripción del paisaje. En la **Fig.5** aparece un ejemplo del álbum de patrones de interpretación.

Además, se analizó la información contenida en el mapa de suelos (1999), a escala 1: 500 000, del Instituto de Suelos, y los mapas de cobertura forestal (2014) de los municipios Marianao, Playa, La Lisa y Boyeros a escala

1:10 000, confeccionados por el colectivo de trabajadores de la Agencia de Teledetección de GEOCUBA Investigación y Consultoría.

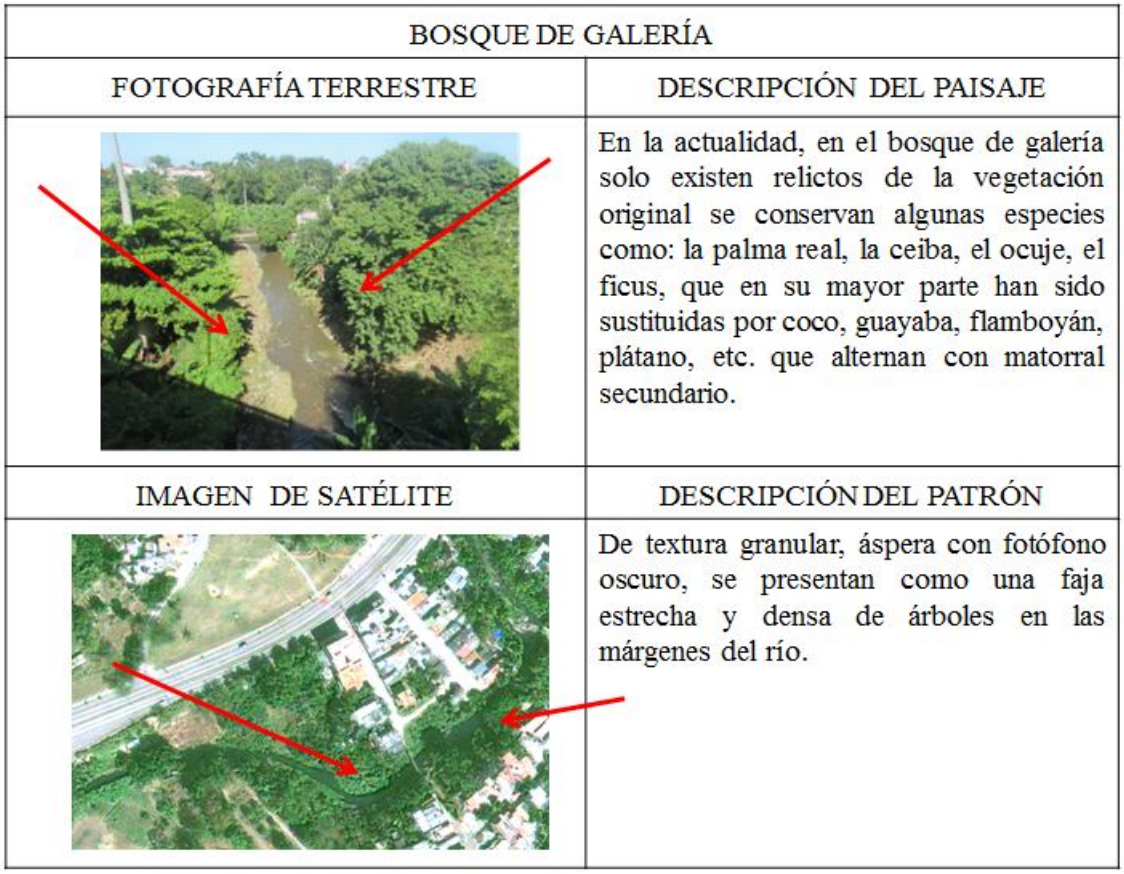

Fig. 5 Ejemplo de uno de los elementos representados en el álbum de patrones de interpretación.

2.4 Validación de la clasificación

La clasificación se validó de forma visual en gabinete y mediante el trabajo de campo; además, se construyó la matriz de error y a partir de éstas se extrajeron los indicadores estadísticos de la calidad de la clasificación, precisión total e índice Kappa. La **Tabla II** muestra el resultado de estos indicadores, donde se refleja un alto índice de concordancia o exactitud de la clasificación.

Tabla II: Indicadores de la Calidad de las clasificaciones

Clasificación	**Indicadores**	
	Precisión total	Índice Kappa
A partir del MDE y la imagen de satélite	0.93	0.91

3. Resultados y discusión

3.1 Resultados

Como resultado final de las investigaciones, se generó el mapa de unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del río Quibú a escala 1:25 000, con cinco unidades geoecológicas de primer orden (localidades) y 65 unidades geoecológicas de segundo orden (comarcas) **(Fig.6).** Estos resultados se verificaron mediante el trabajo de campo.

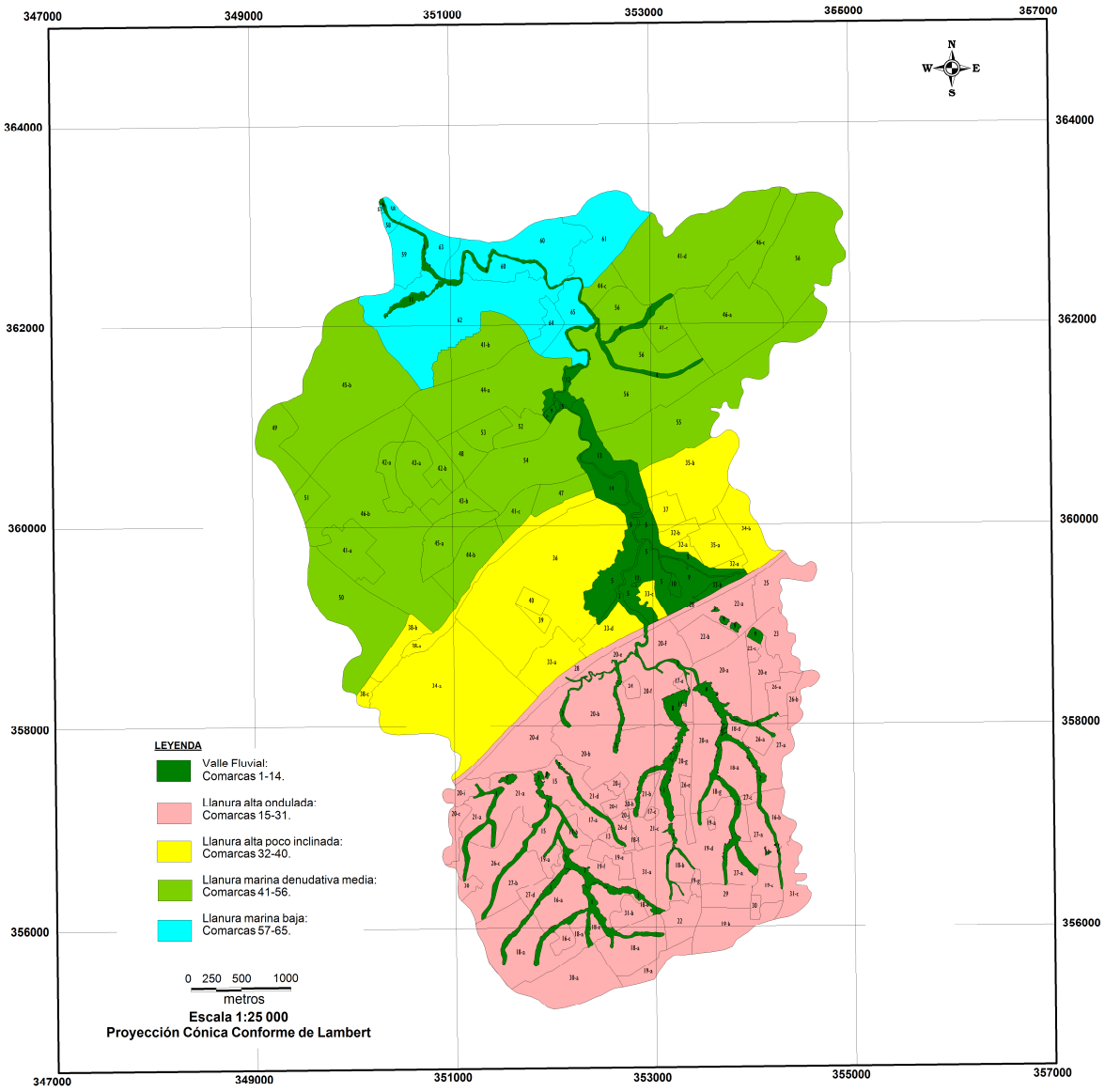

Fig. 6. Mapa de las unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del río Quibú.

Descripción de las unidades geoecológicas de primer orden:

Valle Fluvial: Con calizas biodetríticas, biohérmicas, coralinas, arcillosas, calcarenitas y limonitas sobre suelos ferralíticos rojos (hidratado y típico) y pardos (mullido y ócrico) con bosques de galerías, arboledas, frutales, cultivos varios y matorrales secundarios, construcciones de patrón medio y bajo en las márgenes del río.

Llanura alta ondulada: Calizas biodetríticas, biohérmicas, coralinas, arcillosas, calcarenitas, limonitas, margas calcáreas, arcillas de color blanco, grauvacas y conglomerados sobre suelo ferralítico rojo profundo con arboledas, frutales, cultivos varios como caña y tubérculos, matorrales secundarios, construcciones de patrón medio, bajo y casas de patios con frutales.
Llanura alta poco inclinada: Calizas biodetríticas, biohérmicas, coralinas, arcillosas, calcarenitas, limonitas y margas calcáreas, sobre suelos ferralíticos rojos (hidratado y típico) con arboledas, frutales, matorrales secundarios y cultivos varios, instalaciones deportivas, industriales, almacenes, casas de patrón medio, bajo, en su gran mayoría con patios con frutales, existen algunas casas de patrón bajo.
Llanura marina denudativa media: Con calizas coralinas, biodetríticas, recristalizadas, dolomitizadas, arcillosas, cretas, dolomitas, margas calcáreas sobre suelos ferralíticos rojos (hidratados principalmente y típicos) con arboledas, frutales, cultivos varios, avenidas con árboles a ambos lados, repartos de patrón alto, medio, bajo.
Llanura marina baja: Con calizas biodetríticas, biohérmicas, carsificadas calcarenitas, coralinas, arcillosas, dolomitas y margas calcáreas sobre ferralítico rojo hidratado con arboledas, cultivos varios, frutales, calles y avenidas con árboles, repartos residenciales con construcciones de patrón muy alto ocupadas en gran parte por embajadas y residencias oficiales, el resto de patrón alto y muy alto, escuela de arte e instalaciones de recreación y turismo.

3.2 Discusión

A nivel internacional, para identificar, clasificar y cartografiar las unidades geoecológicas se emplea el método de superposición de mapas temáticos en un SIG y el trabajo de campo, sin embargo crece la tendencia de utilizar la clasificación orientada a objetos a partir del modelaje del conocimiento.
En Cuba prevalece el método de superposición combinado con el trabajo de campo, generalmente se efectúa la interpretación visual de fotos aéreas y/o imágenes de satélite mediante apreciación visual sin establecer patrones de interpretación, las técnicas de procesamiento de imágenes se utilizan para delimitar las unidades y generar los mapas temáticos que posteriormente son usados en la superposición. En resumen, en las investigaciones de la Geoecología del Paisaje estos métodos no se emplean de manera holística e integradora, tampoco se aplica el análisis orientado a objetos geográficos.
En este trabajo se propuso una metodología que integra las técnicas de procesamiento digital de imágenes con énfasis en el análisis orientado a objetos geográficos, los criterios visuales de interpretación, la superposición cartográfica y el trabajo de campo. A partir de la aplicación de este enfoque integrado se generó el mapa de unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del rio Quibú con 5 localidades y 65 comarcas.
El análisis orientado a objetos posee un algoritmo de segmentación que permite considerar el contexto del píxel (región) y no exclusivamente sus valores espectrales. Se seleccionó una estrategia de segmentación Top-down (de arriba para abajo) consistente en iniciar el proceso a partir de los grandes objetos que son subdivididos hasta obtener un nivel de escala más detallado.
Las unidades geoecológicas se delimitaron por segmentación automática, agrupadas según los descriptores de textura, posición, forma, valores de bandas espectrales, entropía, entre otros que permitieron discriminar las clases informacionales para efectuar la clasificación orientada a objetos a partir del proceso de interpretación visual.
Con el uso de estas técnicas desaparecen los pequeños polígonos que surgen en las imágenes después de la clasificación (efecto “sal y pimienta”) esto acortó considerablemente el proceso de post-clasificación, elevando la calidad del mapa temático y humanizando el trabajo de los especialistas.

Conclusiones

1. Se identificaron, clasificaron y cartografiaron las unidades geoecológicas de la cuenca hidrográfica del río Quibú aplicando las técnicas de procesamiento digital de imágenes de satélite con un enfoque de análisis orientado a objetos, partiendo de un proceso de segmentación para delimitar de forma automática las unidades que fueron agrupadas según los descriptores de textura, posición, forma, valores de bandas espectrales y los modelos de altimetría y pendiente. Para facilitar el proceso de selección de los descriptores y la posterior clasificación se confeccionó un álbum de patrones de interpretación teniendo en cuenta los criterios visuales de interpretación (tono, forma, color, textura, sombra asociación, etc.); además, se consultó la información contenida en los mapas temáticos de suelo, geología y cobertura forestal, todo esto combinado con el trabajo de campo.

2. La inserción de las nuevas técnicas de clasificación orientada a objetos geográficos en la cartografía de las unidades geoecológicas acorta el proceso de confección de los mapas y a la vez eleva la calidad y precisión del resultado.

Referencias bibliográficas

Alvárez Portal, R. 2004. *Manual Básico del Programa ENVI*.

Gomes, D. D. P., Mendes, F. & Sanchez, R. 2015. Utilização de MDE e ferramentas de análise espacial na classificação e cartografia de vales intramontanos na Serra da Bocaina, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. . *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil,INPE.*

Hasdenteufel, P., Mateo, J. M., Baume, O. & Torres, R. J. 2008. La Geoecología como herramienta para la gestión ambiental - Estudio de caso de la cuenca hidrográfica superficial del río Quibú, Provincia Ciudad de La Habana,Cuba. *Revista Universitaria de Geografía.*

Martínez, a. & Bollo, M. 2017. Aplicación del enfoque geoecológico para la interpretación espacial de los niveles de urbanización. *Economía, sociedad y territorio,* 17**,** 115-144.

Mateo Rodríguez, J. & González, J. 2005. Ubicación y límites físico geográficos de la cuenca del río quibú. Proyecto Caesar.

Mateo Rodríguez, J., Vicente da Silva, E. & Brito, A. 2004. *Geoecologías das Paisagens. Uma visao geosistémica da análise ambiental,* Imprensa Universitaria da Univerdad Federal do Ceará.

Priego, a., Bocco, G., Mendoza, M. & Garrido, A. 2010. *Propuesta para la generalización semiautomatizada para la generación de unidades de paisaje.*

Ramón, A., Salinas, E. & Remond, R. 2009. Diseño metodológico para la elaboración de mapas de paisajes con el uso de los SIG: Aplicación a la cuenca alta del Río Cauto, Cuba. . *Revista digital del Grupo deEstudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG).Programa de Estudios Geográficos (PROEG). Universidad Nacional de Luján, Argentina.http://www.gesig-proeg.com.ar*

Remond, R. 2004. *Estudio del estado de degradación de los paisajes de Cuba. Casos de estudio: provincia la Habana y municipio Artemisa.* Doctor en Ciencias Geográficas.

Salinas, E. & Ramón, A. 2013. Propuesta Metodológica para la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nivel local. *Revista do Departamento de Geografia – USP*.

Salinas, E. & Ribeiro, Á. 2017. La cartografía de los paisajes con el empleo de los sistemas de informacion geográfica: caso de estudio parque nacional sierra de bodoquena y su entorno, mato grosso do Sul, Brasil. *Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG).* . Universidad Nacional de Luján, Argentina.

Solé, K. 2004. *Confección de un mapa de unidades geoecológica de la cuenca hidrográfica superficial del río Quibú.* Universidad de la Habana. Cuba.

Valdivia , I. R. D. C., A.; Rodríguez R.; Pérez ,Y. 2011. Evaluacion espacial de la cuenca hidrografica del río Quíbú.

Wellausen, M., Soares, F., Mesquita da Martha, E. & Bicca, C. E. 2015. Mapeamento de unidades de paisagem do município de Rio Grande-RS.

Acerca de los autores

Lissy Mateo Rego: La autora tiene una formación profesoral en la especialidad de Física y Astronomía, es Master en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. Ostenta la categoría de Investigador Auxiliar. Desde hace catorce años radica en la Agencia de Teledetección de la Unidad Científico Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría. Ha trabajado y dirigido Proyectos de Investigación y desarrollo relacionados con el tema de la teledetección y el procesamiento digital de imágenes, en los cuales ha obtenido resultados de interés para organismos como el Ministerio de ciencia Tecnología y Medio Ambiente y el Ministerio de la Agricultura. Participó en once eventos internacionales y ocho nacionales.

Dayamit Ojeda Martínez: Es Ingeniera Hidrógrafo-Geodesta y Master en Geomática ambas en la Academia Naval ¨Granma¨. En el año 2010 cursa estudios de posgrado en la Facultad de Ciencias de Geo-información y Observación de la Tierra en la Universidad de Twuente, Holanda. Es Doctora en Ciencias Técnicas e Investigadora Auxiliar. Actualmente trabaja en la Agencia de Teledetección del Centro de Investigaciones de GEOCUBA como jefa del grupo de Percepción Remota. Con 18 publicaciones presentadas, ha participado en más de 22 eventos nacionales e internacionales, ha trabajado y dirigido proyectos en 32 proyectos de investigación y desarrollo para diferentes instituciones y organismos Ministeriales.

Eloy Eduardo Pérez García: Alcanzó los títulos de Aerofoto geodesta, Master en Ciencias Técnicas y Doctor en Ciencias Técnicas en el Instituto Miigaik de Moscú. Es Consultor e Investigador Titular. Ha trabajado y dirigido proyectos de investigación y desarrollo relacionados con los temas de teledetección, termografía infrarroja y vehículos aéreos no tripulados. En los últimos 5 años ha publicado 25 artículos en revistas nacionales e internacionales, ha tutorado tesis de maestría y doctorado y participado en tribunales de defensa y pre defensa de Tesis. En la actualidad es miembro del comité del doctorado de Geodesia y Comisiones de grado científico. Ha impartido docencia en universidades extranjeras.