

Hábitats del golfo de Ana María identificados mediante el empleo de procesamiento digital de imágenes

Yudisleyvis Ventura Díaz¹ , Yandy Rodríguez Cueto¹.

¹Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cayo Coco, CP 69400, Provincia Ciego de Ávila, Cuba.

RESUMEN

Durante los meses de octubre de 2011 y abril de 2012 se llevaron a cabo expediciones al golfo de Ana María para realizar una caracterización del mismo. En dichas expediciones se tomaron como referencia una serie de estaciones de muestreo que sirvieron de base para el levantamiento de campo realizado. Este trabajo tiene como objetivo elaborar una primera versión del mapa de los hábitats marinos del golfo de Ana María, usando el procesamiento digital de imágenes y el muestreo de campo mediante el empleo de sitio de muestreo. Para el cumplimiento del objetivo se tuvo en cuenta la información de los fondos obtenidos en las clasificaciones realizadas para las áreas protegidas, Refugio de Fauna Cayos Ana María y Refugio de Fauna Macurije-Santa María, las que se encuentran dentro de los límites del golfo de Ana María. Para ello se empelaron los programas *Earth Resources Data Analysis System*, para la clasificación de las imágenes usando el método de clasificación no supervisado; y *ArcGIS*, para el procesamiento de las clasificaciones y la salida cartográfica final. Como resultado de este trabajo se pudieron evaluar 65 sitios, a partir de los cuales se pudo clasificar el 78% del área del golfo y se diferenciaron cuatro tipos de hábitats marinos. Se recomienda incrementar los sitios de muestreo con el objetivo de poseer información más representativa de los hábitats marinos existentes en el golfo de Ana María.

Palabras clave: clasificación de imágenes, golfo de Ana María, hábitats marinos, mapa, sitios.

ABSTRACT

Two expeditions to Ana Maria gulf were carried out on October 2011 and April 2012. The main goal of this expedition was obtain a characterization of natural conditions of the area. Several sites were established as base of this work and one of the most important variables obtained in this expedition was characteristics of sea bottom. Earth Resources Data Analysis System software was use to obtain images classification and ArcGIS software was used to analyze results of this classification and obtain final maps. The most important outcome of this work is present a map describing marine habitats characteristics of a zone of Ana Maria gulf as well as sea bottom characteristics on each place studied as part of this expedition. A total of 65 sites were sampled to determine the characteristics of sea bottom and then classify the area based on these site's characteristics. As a result of this research 78% of the area was classified and four types of sea bottom were identified. It is suggested to visit more sites to identify habitat in order to obtain a classification of unclassified area of Ana Maria gulf.

Key words: image classification, Ana Maria gulf, marine habitats, map, sites.

INTRODUCCIÓN

Cuba es un archipiélago que cuenta, entre sus elementos físico-geográficos, con cuatro subarchipiélagos distribuidos a todo lo largo de la isla grande. Dentro de estos subarchipiélagos se encuentra el de Jardines de la Reina que, además de ser uno de los elementos naturales más significativos de Cuba, constituye el límite natural, hacia el Sur, del golfo de Ana María.

El golfo de Ana María se encuentra ubicado al Sur de la isla de Cuba, limitado por la costa sur de las provincias de Sancti Spiritus, Ciego de Ávila y Camagüey y los cayos del borde de la plataforma insular del subarchipiélago Jardines de la Reina, separado del golfo de Guacanayabo al este, por un grupo de cayos bajos y arrecifes (Diccionario Geo-

gráfico de Cuba, 2000). Es un acuatorio interior cuya frontera externa se encuentra definida por un cordón de cayos y arrecifes que lo separan del océano abierto (Figura 1).

El golfo de Ana María posee una extensión superficial de 9 398 Km² (Revilla y Rodríguez, 1994; citado por Baisre, 2004) y una profundidad media entre 15 m y 20 m. Las mayores profundidades se encuentran en la zona intermedia entre la costa y el talud (Baisre, 2004). Es la única zona, en Cuba, donde hay lagunas costeras típicas, agrupadas en tres sistemas lagunares principales (González y Aguilar, 1983; citado por Baisre, 2004).

El relieve submarino es irregular con numerosos cayos, bajos y cabezos dispersos o en forma de

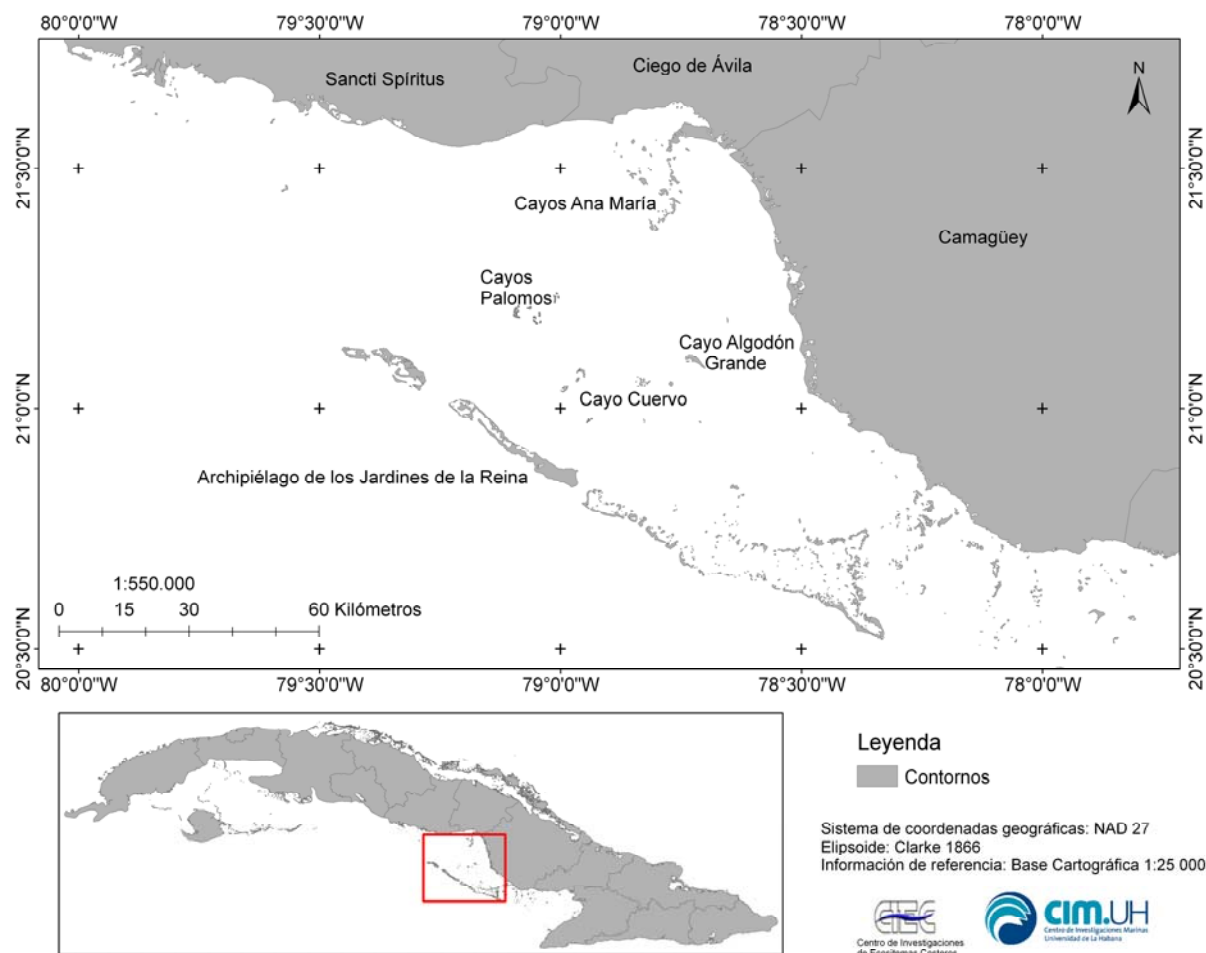


Figura 1. Mapa de ubicación del golfo de Ana María.

grupos, los cuales obstruyen o dificultan la navegación por el golfo. Desembocan en él los ríos Zaza, Agabama, Jatibonico del Sur y San Pedro. Dentro de los poblados que ejercen influencia sobre los recursos del golfo de Ana María se encuentran: Casilda, Tunas de Zaza, Paya Florida y Júcaro (Diccionario Geográfico de Cuba, 2000).

Desde el punto de vista científico, el golfo de Ana María ha sido poco estudiado, sobre todo en lo relacionado con la composición de los hábitats marinos del mismo. Los pocos trabajos que se conocen hacen referencia, mayormente, a la importancia económica del golfo, relacionada con la captura del camarón y los tipos de fondos que sirven de refugio a esta especie.

Los estudios que se han podido revisar como antecedentes de este trabajo se pueden resumir en las investigaciones llevadas a cabo por Claro *et al.* (1994), que expresan las características de los sedimentos presentes en el golfo de Ana María, desarrollando una distribución de los sedimentos superficiales en la plataforma cubana. Baisre (2004) expone algunas características físico-geográficas del

golfo, dentro de las que se encuentran la extensión, los tipos de fondos predominantes así como las profundidades del mismo. La investigación más reciente que se tiene referencia es la realizada por Cantón-Machín *et al.* (2010) en la cual los autores hacen referencia a los tipos de fondos marinos donde se desarrolla esta especie en la zona de estudio, restringida al área cercana a la costa sur de las provincias de Ciego de Ávila y Camagüey.

Desde el punto de vista metodológico, el empleo de la clasificación de imágenes ha sido ampliamente utilizado en diversos tipos de investigaciones. En este sentido, Lorenzo-Sánchez *et al.* (2007) muestra en su trabajo las técnicas empleadas de procesamiento digital de imágenes y comprobación mediante sitios de muestreo para establecer la distribución espacial de los tipos de hábitats en el golfo de Batabanó.

Guimaraes *et al.* (en preparación) en su estudio utilizó las técnicas de procesamiento digital de imágenes para establecer las extensiones de los pastos afectados por el huracán Paloma así como para clasificar los mismos en el área estudiada por estos autores.

Rosete Vergés *et al.* (2008) en su trabajo, utilizó las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica para analizar el cambio de uso de suelo y vegetación, al nivel de tipo de vegetación durante el período 1978-2000 a escala 1:250 000.

Como se puede observar, no es mucha la información existente sobre los fondos del golfo de Ana María y la que está publicada se restringe a aquellas zonas de interés económico y pesquero, por lo que la realización de este trabajo, que se propone como objetivo elaborar una primera versión del mapa de los hábitats marinos del golfo de Ana María, usando el procesamiento digital de imágenes y el muestreo de campo mediante el empleo de sitio de muestreo; viene a ser una de las primeras aproximaciones a la determinación de los fondos marinos existentes en el golfo de Ana María y a la representación espacial de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La realización de esta investigación se llevó a cabo en tres etapas básicas:

1. Gabinete previo.
2. Expedición de muestreo.
3. Procesamiento y análisis de información muestreada.

En la primera etapa (Gabinete previo) se realizó un levantamiento de los posibles sitios a evaluar en función de los colores reflejados por la imagen satelital empleada. Estos sitios fueron posteriormente discutidos y redistribuidos como resultado del debate entre especialistas e investigadores del Centro de Investigaciones Marinas, adscrito a la Universidad de la Habana, y el Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros; en un taller efectuado entre dichas instituciones, las cuales llevarían a vías de hecho la expedición de la segunda etapa. Esta etapa terminó con la redistribución de los sitios a muestrear y la determinación de las coordenadas de los sitios, las cuales fueron introducidas en un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para su posterior localización durante el trabajo de campo.

En la Expedición de muestreo (segunda etapa), llevada a cabo durante los meses de octubre de 2011 y abril de 2012, se realizó el levantamiento de las condiciones naturales de los sitios que fueron posibles muestrear en los días que se trabajó en el mar, pues las condiciones del tiempo no permitieron la realización de todos los sitios propuestos en la fase de Gabinete previo.

En la fase de Procesamiento y análisis de la información se procedió a superponer los sitios muestreados sobre la imagen satelital y a realizar la clasificación de la misma sobre la base de la información de los tipos de fondos obtenidos en la expedición. En esta fase se determinaron las clases sobre las cuales se clasificarían los fondos así como

los agrupamientos a realizar en las diferentes clases obtenidas como resultado del empleo de los programas clasificadores de imágenes. Para la obtención de las clases se empleó la herramienta de clasificación no supervisada del programa ERDAS, en su versión 9.2.

En esta etapa se utilizó, además, la información obtenida como resultado de los trabajos de campo en las áreas protegidas Refugio de Fauna cayos de Ana María y Refugio de Fauna Macurije-Santa María, con el fin de lograr una mayor área a clasificar y de contar con los tipos de fondos en la parte nordeste del golfo de Ana María.

Una vez obtenidas las clases se procedió al procesamiento de las mismas, para lo cual se utilizaron las herramientas del programa ArcGIS, en su versión 9.3. La primera herramienta empleada fue *Majority Filter* (Filtro de mayoría) para disminuir la cantidad de entidades existentes como resultado de la clasificación. Posteriormente se empleó la herramienta *Reclassify* (Reclasificar) para reagrupar las clases obtenidas en el ERDAS y posteriormente trabajar con aquellas clases que serían las definitivas. Una vez reclasificadas las clases se aplicó la herramienta *Raster to polygon* (Raster a polígono) para convertir las clases a polígonos y de esa forma generar un capa vectorial a partir del modelo raster resultado de la clasificación, esto permitió realizar los pasos posteriores en el análisis. Después de la obtención de los polígonos se utilizó la herramienta *Calculate Area* (Calcular área) para obtener las áreas de los polígonos generados y con ello aplicar la generalización por Área Mínima Cartografiable mediante el empleo de la herramienta *Eliminate* (Eliminar). El área mínima cartografiable escogida fue de 6 400 m², lo que representa un cuadrado de 80 m de lado en la realidad. En este punto se aplica la herramienta *Simplify* (Simplificar) para suavizar los contornos de los polígonos generados y dar una mejor visualización a los mismos. Finalmente la tabla de atributos fue exportada hacia *Microsoft Excel* para calcular el área total correspondiente a cada tipo de fondo, así como el porcentaje que cada tipo de fondo representa con respecto al total del área clasificada.

Una vez realizados estos pasos se procedió a generar el mapa de fondos del golfo de Ana María, con toda la información obtenida.

Para la realización de este trabajo se emplearon los programas ERDAS 9.2, ArcGIS 9.3; así como imágenes Landsat, con resolución de 30 m; capas cartográficas de Cuba a escala 1:25 000 y GPS GARMIN 72.

RESULTADOS

El análisis primario de la imagen, durante la fase de Gabinete previo, proporcionó el establecimiento de 182 sitios a evaluar, de los cuales solamente fue

posible realizar 65, debido a las condiciones del tiempo imperantes durante la realización de las expediciones de muestreo. Estos sitios se ubicaron mayormente en el centro-sur del golfo (Figura 2).

El análisis de los sitios evaluados arrojó que el 24% de los mismos cuenta con una componente fangosa, el 55% contiene arena, el 24% presenta pastos marinos y en el 44% se pudo constatar la presencia de rocas y cabezos de coral. Con arena como único componente se identificaron 11 sitios, lo que representa el 17% de los muestreados; con fango como único componente se identificaron 10 sitios, lo que representa el 15% del total y con cabezos y rocas como único componente se identificaron 9 sitios para un 14% del total (Tabla 1).

Ese número de sitios muestreados, de conjunto con los sitios muestreados en las expediciones a las áreas protegidas Refugio de Fauna Cayos de Ana María y Refugio de Fauna Macurije-Santa María, permitió la clasificación de 7 356.7 Km², lo que representa el 78% del área total del golfo de Ana

María, ubicados en la parte centro y este del golfo y abarcando desde el sur de las provincias de Ciego de Ávila y Camagüey hasta el norte de los cayos de Jardines de la Reina.

Del análisis de la imagen mediante el uso ERDAS se obtuvieron un total de 15 clases, las cuales fueron posteriormente agrupadas en cuatro clases según lo reflejado por cada clase en las bandas Rojo, Verde y Azul de la imagen empleada para el procesamiento. Este proceso arrojó la existencia de 18 095 entidades o polígonos en el área de estudio, agrupadas en las cuatro clases anteriores.

Como resultado del análisis de los sitios evaluados y del proceso de clasificación de la imagen se obtuvieron cuatro tipos de hábitats en el golfo de Ana María (Figura 3), los cuales se agruparon en:

1. Fango.
2. Pasto mixto, cabezos y cascajos aislados sobre sedimento fango-arenoso.
3. Pasto mixto sobre sedimento fangoso.
4. Pasto mixto sobre sedimento areno-fangoso.

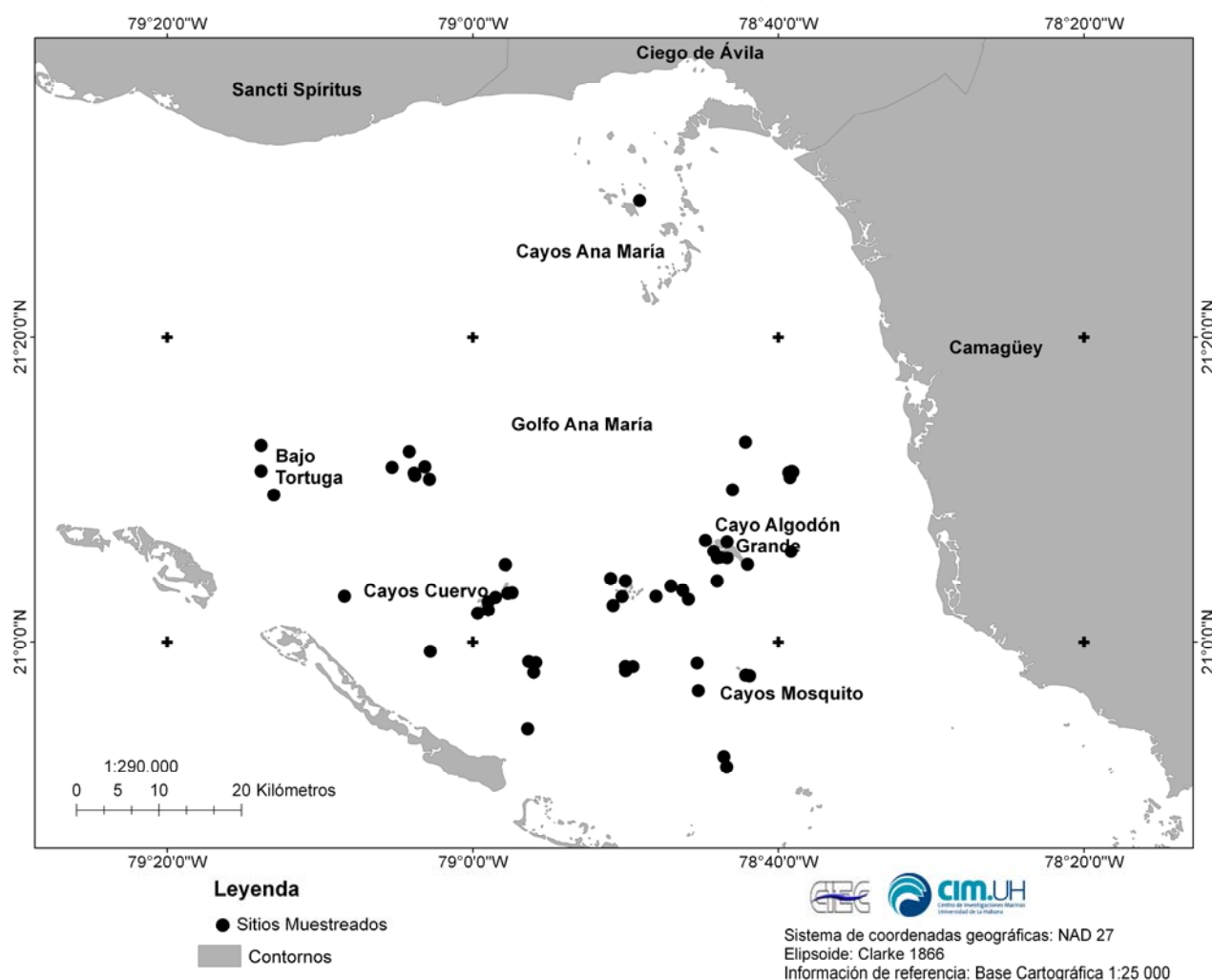


Figura 2. Mapa de sitios muestreados en el golfo de Ana María.

Tabla 1. Sitios muestreados en golfo de Ana María, durante la expedición de octubre de 2011.

Números antiguos	Números actuales	Habitat
170	1	Fango.
53	2	Fango.
54	3	Arena.
55	4	Arena.
64	5	Fango.
71	6	Arena.
139	7	Arena.
30	8	Arena.
137	9	Fango.
69	10	Arena.
28	11	Arena.
29	12	Arena con cascajos.
68	13	Arena.
32	14	Arena.
75	15	Arena.
77	16	Arena.
74	17	Roca y cascajos.
78	18	Fango.
78 (a)	19	Arenoso, con cabezos y parches de <i>Thalassia</i> .
47	20	Rocoso con cabezos.
38	21	Seibadal con varios cabezos de poco desarrollo y parches de gorgóneas.
183	22	Rocoso-arenoso y cascajos.
43	23	Rocoso-arenoso.
41	24	Arena y cascajos.
76	25	<i>Thalassia</i> con corales pequeños.
153	26	<i>Thalassia</i> con corales pequeños.
51	27	<i>Thalassia</i> .
49	28	Fango.
98	29	Fango.
167	30	Fango.
101	31	Fango.
3	32	Fango.
17	33	Gorgóneas, corales pequeños y <i>Thalassia</i> .
18	34	Cabezos con arena y algas.
26	35	Cabezos con <i>Thalassia</i> .
27	36	<i>Thalassia</i> .
81	37	<i>Thalassia</i> con gorgóneas y corales pequeños.
137 (Mangle)	38	Areno-fangoso.
31	39	Arenoso dominado por Cabezos, con <i>Thalassia</i> y algas.
30	40	Arenoso con cabezos y bajo rocoso.
71	41	Arenoso dominado por Cabezos, <i>Thalassia</i> y algas
70	42	Arenoso dominado por Cabezos, <i>Thalassia</i> y algas.
28	43	Cabezos y arena.
28(Nuevo)	44	Cabezos bien desarrollados.

Tabla 1. Sitios muestreados en golfo de Ana María, durante la expedición de octubre de 2011. (Continuación)

Números antiguos	Números actuales	Habitat
68	45	Cabezos bien desarrollados.
Manglar (Nuevo)	46	Areno-fangoso.
32	47	Cabezos bien desarrollados.
75	48	Cabezos bien desarrollados.
77	49	Cabezos de poco desarrollo en arena.
153	50	Pastizal en sustrato areno-fangoso con cabezos pequeños.
153 (Nuevo)	51	Arenoso dominado por Cabezos, <i>Thalassia</i> y algas.
160	52	Areno-rocoso con zonas de cascajos.
161	53	Cabezos de poco desarrollo.
78 b	54	Arenoso con cabezos de poco desarrollo.
41	55	Cabezos bien desarrollados.
41 (Manglar)	56	Areno-fangoso.
43	57	Areno -rocoso con cascajos.
43 (Manglar)	58	Areno-fangoso.
38	59	Cabezos profundos en fondo arenoso.
80	60	Areno-rocoso, cascajos, pequeños cabezos y pasto.
80 (Manglar)	61	Areno-fangoso.
81	62	Seibadal y cabezos bien desarrollados.
102	63	Cabezos profundos bien desarrollados.
55	64	Cabezos espaciados y Seibadal.
54	65	Arenoso dominado por <i>Thalassia</i> y algas con cabezos.

Desde el punto de vista espacial el fango ocupa un área de 3 698,7 Km², lo que representa el 50% del área clasificada; el fondo de Pasto mixto, cabezos y cascajos aislados sobre sedimento fango-arenoso ocupa un área de 2 349,8 Km², lo que representa el 32% del área clasificada; el fondo de Pastos mixto sobre sedimento fangoso ocupa un área de 1 071,8 Km², lo que representa el 15% del área clasificada; y Pasto mixto sobre sedimento areno-fangoso ocupa un área de 236,4 Km² lo que representa el 3% del área clasificada.

DISCUSIÓN

Aún cuando no existen muchas referencias anteriores de este tipo de estudio en el golfo de Ana María, los resultados obtenidos están en concordancia con los pocos referentes encontrados de este tipo de trabajos.

En tal sentido, Revilla y Rodríguez (1994) (citado por Baisre, 2004) señalan que el golfo de Ana María, "...está cubierto de fangos en un 63% de su área, mientras que los seibadales ocupan el 37% del área y los arrecifes coralinos el 9,8%..."; por lo que los resultados encontrados en este estudio se asemejan bastante a los expuestos por estos autores.

Claro *et al.* (1994) plantean que "En el golfo de Ana María el manto sedimentario es considerablemente uniforme. Casi toda la parte central se caracteriza por fangos arenosos de color gris que, por lo general, contienen valvas de moluscos. A medida que

nos alejamos de la costa, el fango exhibe un color más claro debido al contenido de carbonato de calcio. Frente a la costa, entre los ríos Zaza y Manatí, se encuentran fangos de grano fino (aleuritas y aleurito-arcillosos) que también se presentan en aquellas zonas de poco oleaje. La parte exterior de la plataforma está cubierta principalmente por arenas organogénicas (fragmentos de corales, moluscos y restos orgánicos marinos)...".

Así mismo, Cantón-Machín *et al.* (2010) señalan la presencia de fondos con predominio de sedimentos fango-arenosos, con parches de fanerógamas marinas: *Halodule wrightii*, *Syringodium filiformis* y *Thalassia testudinum*; en el tramo costero comprendido entre Potrerillo, al sur de Camagüey, y Palo Alto, al sur de Ciego de Ávila; clasificación que coincide con la obtenida en este estudio.

Desde el punto de vista de los sitios de muestreo, el trabajo llevado a cabo por Lorenzo-Sánchez *et al.* (2007) realizó un total de 45 sitios de muestreo durante su caracterización de los fondos marinos existentes en el golfo de Batabanó, por lo que los 65 sitios realizados durante este trabajo son suficientes para el área trabajada, aunque la distribución espacial de los mismos no abarca todo el área de estudio, cuestión que sí ocurre con el trabajo antes mencionado.

Además, las zonas identificadas con fondo fangoso coinciden con las regiones de arrastre del camarón explotadas por la Empresa Pesquera de Cienfuegos, Júcaro y Playa Florida, lo que corrobora

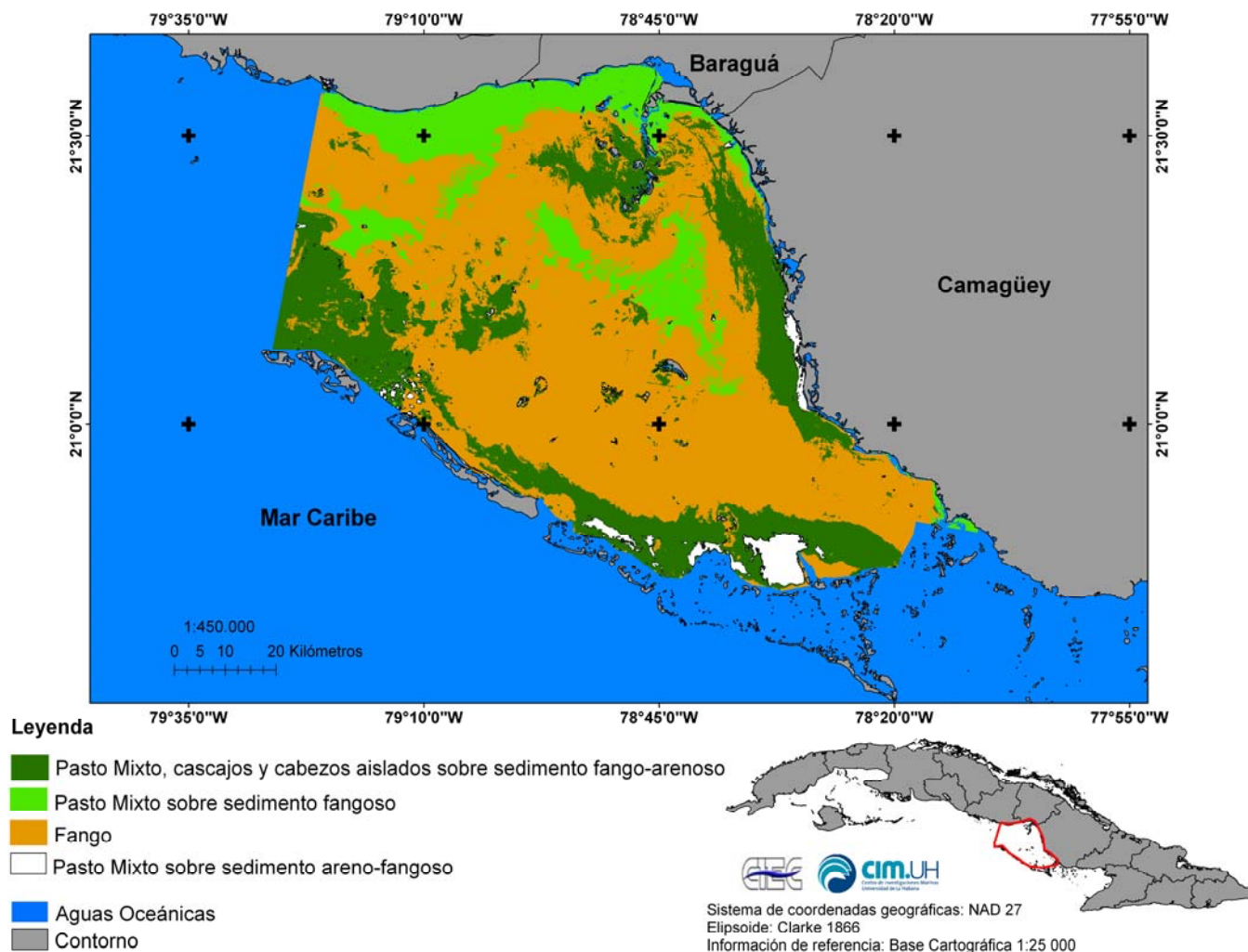


Figura 3. Mapa de hábitats marinos del golfo de Ana María.

la existencia de este tipo de fondos en esas áreas, mayormente cercanas a las áreas protegidas existentes en la costa sur de las provincias de Ciego de Ávila y Camagüey.

Como se puede observar, los sitios muestreados permitieron clasificar solamente el 78% del área del golfo, identificándose cuatro tipos de hábitats, donde predomina el fango como elemento constituyente; por lo que se recomienda evaluar un mayor número de sitios que permitan clasificar toda el área del golfo así como corroborar la presencia del fango como elemento predominante en el área.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer a los especialistas e investigadores, técnicos y buzos del Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros y del Centro de Investigaciones Marinas que participaron en las expediciones de campo y que determinaron los tipos de fondos en los sitios de muestreo.

Gracias a ellos fue posible el establecimiento y muestreo de los sitios y la mejor comprensión de las clases a establecer como tipos de hábitats. También agradecer a las tripulaciones de las embarcaciones Itajara y Felipe Poey, empleadas en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

- Baisre, J.A. (2004) *La pesca marítima en Cuba*. Editorial Científico – Técnica. 372 pp.
- Cantón-Machín, M., Delgado-Miranda, G., Hernández-Fariñas, T. (2010) Disponibilidad alimentaria del camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*), en zonas de cría del golfo de Ana María, Sureste de Cuba, *REDVET Revista electrónica de Veterinaria* **11**(7), 1-8.
- Claro, R., Reshetnikov, Y.S. (1994) Condiciones de hábitat. En: R. Claro, (ed.), *Ecología de los peces marinos de Cuba* Inst. Oceanol., Cent. Invest. Quintana Roo, Mexico, pp. 13-54.

Colectivo de autores (2000) *Diccionario Geográfico de Cuba*. Comisión Nacional de Nombres Geográficos, Oficina de Hidrografía y Geodesia, Ediciones GEO, Cuba, 386 pp.

Guimaraes, M., Zúñiga, A., Pina-Amargós, F. y Matos, F. (en preparación) Efectos del huracán Paloma sobre los pastos marinos del archipiélago Jardines de la Reina. *Int. J. Trop. Biol.*

Lorenzo-Sánchez, S., Cerdeira-Estrada, S., Martínez-Bayón, C., Areces-Mallea, A., Capetillo-Piñar, N., Martínez-Serrano, A. (2007) Distribución de los hábitats bentónicos del golfo de Batabanó. Proyecto de Investigación Aplicada "Hacia el uso sostenible del golfo de Batabanó. Análisis de sistemas y modelación de escenarios". Instituto de Oceanología.

Agencia de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cuba
Rosete Vergés, F.A., Pérez Damián, J.L., Bocco, G. (2008) Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California Sur, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* **67**, 39-58

Recibido: 05/07/2012

Aceptado: 26/09/2012

Como citar este artículo:

Ventura Díaz, Y., Rodríguez Cueto, Y. (2012) Hábitats del golfo de Ana María identificados mediante el empleo de procesamiento digital de imágenes. *Rev. Invest. Mar.* **32**(2), 1-8.