

CLASIFICACION MORFODINAMICA DE LAS COSTAS DE ALGUNOS CAYOS DEL SUBARCHIPIELAGO SABANA-CAMAGUEY MEDIANTE EL EMPLEO DEL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES Y LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

*Ulises Cabrera Suárez (Fac.de Geografía. Universidad de La Habana)

**Lic.Carlos Garcias y Magalys Sosa(Inst. de Océan. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

El Subarchipiélago Sabana Camagüey o Jardines del Rey, con una longitud de 465 km. agrupa a un total de 991 cayos y se extiende desde la Península de Hicacos hasta la Bahía de Nuevitas.

Entre los cayos que componen el subarchipiélago existen rasgos comunes en cuanto a forma de relieve costero entre las que se destacan sus excelentes playas insertadas dentro de un litoral de elevados valores paisajísticos y estéticos. Esto ha provocado que en los últimos años se haya desarrollado un acelerado proceso inversionista encaminado a la explotación de las costas de estos cayos con fines turísticos.

Sin embargo, la ocupación de la zona aledaña al litoral debe desarrollarse logrando una conjugación armónica entre los intereses económicos y la protección del medio físico. En este sentido en Cuba se han desarrollado una serie de normas para la protección y conservación de las costas que imponen restricciones de uso en función de las características particulares de cada tipo de litoral.

Para ello se encuentra en elaboración el Decreto Ley para la protección de las costas cubanas que establece una tipología práctica para la Zona Costera.

Esta tipología diferencia cuatro grandes grupos de costas:

- 1- Costas de terraza baja.
- 2- Costas acantiladas.
- 3- Costas de playa.
- 4- Costas de mangle.

En el presente Trabajo se aplica de manera general esta tipología para cuatro cayos del subarchipiélago Sabana - Camagüey (Cayo Guillermo, Coco, Cruz y Sabinal). Se seleccionaron estos cuatro cayos atendiendo a que presentan una gran diversidad de formas en sus costas entre las que se encuentran playas de excelentes condiciones que los convierten en recursos de elevado potencial turístico. Por otra parte para los cayos mencionados se disponía de fotografías aéreas pancromáticas a escala 1:62 000 y 1:35 000 de los años 1956 y 1989 respectivamente que fueron sometidas a una interpretación preliminar por el método óptico-analógico.

A grandes rasgos los objetivos del presente trabajo fueron:

**Clasificación morfodinámica de las costas de los cayos seleccionados utilizando los criterios establecidos en la topología del Decreto ley para la Protección de las Costas Cubanas.*

**Implementación del Procesamiento Digital de Imágenes y los Sistemas de Información Geográfica.*

Para la clasificación de las costas se hizo un amplio uso del Procesamiento Digital de Imágenes y de los Sistemas de Información Geográfica, por lo que fue necesario escanear las fotografías aéreas y una vez llevadas a formato raster fueron filtradas e interpretadas para mejorar las características de brillo y contraste. Una vez concluido este análisis, sobre las fotografías aéreas se crearon las capas lineales para la diferenciación de los tipos de costas.

La importancia final del presente trabajo consiste en que brinda una clasificación preliminar de las costas a partir de la cual se puede implementar un programa de ordenamiento del territorio mediante la aplicación de los criterios de la Ley de Costas Cubana en cuanto al establecimiento de los límites de la Zona Costera y su Zona de Protección aledañas para cada tramo.

Por otra parte, al quedar introducida y georeferenciada toda la información en un Sistema de Información Geográfica, su actualización y almacenamiento en cualquier momento resulta rápida y precisa.

CARACTERIZACION FISICO-GEOGRAFICA

El archipiélago cubano está formado por la Isla de Cuba, que constituye por su tamaño la mayor de Las Antillas, y por cuatro subarchipiélagos que agrupan a más de 4 000 pequeñas islas conocidas con el término de cayos (Nuñez Jiménez, 1984).

De estos cuatro sub-archipiélagos Los Colorados y Sábana Camagüey se localizan en la parte Norte de la Plataforma Insular, mientras que Los Canarreos y los Jardines de la Reina se localizan en la parte Sur.

El subarchipiélago Sábana Camagüey o Jardines del Rey se extiende desde la Península de Hicacos hasta la Bahía de Nuevitas dentro de los límites del miogeosinclinal cubano y es el grupo insular de mayor extensión con una longitud de 465 Km. agrupando un total de 991 cayos. (Figura 1-2).

Entre los cayos que componen el subarchipiélago existen rasgos comunes en el relieve terrestre que se manifiestan en la existencia de playas, barras, dunas arenosas, lagunas y restos de superficies abrasivas con una distribución determinada por los movimientos neotectónicos.

El geocomplejo terrestre de mayor diferenciación es la llanura litoral acumulativa-abrasiva, (Ionin et al, 1972), donde existen otros subcomplejos de elevado valor turístico asociados a las playas arenosas naturales, aunque en general el territorio cuenta con valiosos recursos representados por las bondades del clima, la variedad y riqueza de la flora y la fauna, la heterogeneidad de los paisajes, la calidad y belleza de las playas y mares adyacentes y la diversidad de fondos

marinos, todo lo cual le confiere grandes potencialidades para el desarrollo del turismo.

En cuanto a la estabilidad potencial (natural) y paisajística los cayos de Sábana Camagüey se puede afirmar que es baja y se clasifica como inestable en la llanura litoral.

donde actúan los procesos deflacionales, abrasivos y cársico-denudativos. Es por ello que al insertar la actividad antrópica en un medio físico-geográfico tan frágil, el hombre debe prestar especial atención a que todas las acciones armonicen con el entorno natural minimizando las acciones negativas sobre el medio con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible del territorio.

Por lo tanto, todo programa de ordenamiento y manejo debe sustentarse en un conocimiento integral del medio físico y las actividades que pueden llevarse a cabo en él.

Atendiendo a que las playas que se insertan en las costas de la cayería constituyen el principal recurso turístico que se pretende explotar en el archipiélago resulta evidente que una clasificación de las costas atendiendo a su morfología, dinámica y estado de conservación constituye el paso primario para desarrollar un adecuado plan de ordenamiento y manejo del territorio.

FUNDAMENTOS CIENTIFICO-METODOLOGICOS

En el estudio de la geomorfología costera no existe aún una clasificación de aceptación universal.

En la actualidad, como resultado de los diversos trabajos que se encuentran asociados al estudio de las costas del mundo, se ha tenido la necesidad de describir, ordenar y jerarquizar las características y propiedades naturales de los litorales y por tanto clasificar a todos aquellos elementos que los conforman.

De esta manera, han aumentado las investigaciones geológicas, geomorfológicas y cartográficas, las cuales han demostrado cuán beneficiosa es una clasificación de las costas.

Muchos especialistas han basado sus trabajos en criterios morfológico, dinámico, estructurales y genético siendo lo más conocidos los elaborados por: W. M. Davis(1898), Gulliver(1899), Dona(1849), Von Richofen(1886), la de D. W. Jonson(1919-1925), y la de F.P.Shepard(1948-1963), estas clasificaciones fueron superadas por la clasificación dinámica (Leontev, Zenkovich 1977), (citado en Seco, R. 1982). Como puede verse existen una gran cantidad de clasificaciones generales de las costas.

Sin embargo, la ampliación del uso de la zona costera y en particular el turismo que se viene desarrollando en nuestro país en los últimos años puso de manifiesto la necesidad de una definición y limitación de la Zona Costera dirigida a garantizar la protección y correcta utilización del litoral. Así, en el Decreto Ley para la protección de las costas de Cuba (actualmente en elaboración), en su Artículo 2 se define la Zona Costera como el espacio Marítimo - Terrestre donde se produce

la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, mediante procesos que generan formas exclusivas de relieve, cuyos límites tanto hacia tierra como hacia el mar se definen en el Artículo 3 de este Decreto Ley.

A los efectos de este Decreto Ley, se definen los tipos de costa de acuerdo con su estructura, configuración y extensión y se establecen los límites hacia tierra de la Zona Costera de la forma siguiente:

a) Terraza baja: la constituida por rocas carbonatadas, incluyendo el camellón de materiales sueltos tales como cantos, guijarros, gravas y arenas, formado durante los temporales, y regularmente cubierto de vegetación y su límite se extenderá hasta el extremo interior del camellón.

En ausencia del camellón, el límite será la línea ubicada a 20m desde el inicio de la franja de vegetación sobre la terraza; si apareciera el acantilado en un segundo nivel de terraza, ubicado a menos de 20 m del inicio de la franja de vegetación, el límite estará dado por la cima del acantilado.

Si el área colindante a la terraza baja es una laguna costeras con manglar, el límite quedará definido por las consideraciones específicas para manglares, previstas en el inciso ch) de este artículo.

b) Acantilada: el área con acantilados cuya cima no sea sobrepasada por las marejadas o penetraciones del mar. Se extenderá 20m a partir de la cima del acantilado.

c) Playa: la constituida por áreas donde se produce la deposición de materiales sueltos tales como arenas, gravas y guijarros; pertenecen a ella las barras submarinas, las bermas y las dunas. Se extenderá hasta el extremo interior de la duna más próxima al mar.

En ausencia de la duna el límite será la línea ubicada 40m desde el inicio de la franja de vegetación. Si antes aparece el acantilado, el límite estará dado por su cima.

Si el área colindante a la duna o, en su ausencia, a la berma resultara ser una laguna costera con manglar, el límite quedará definido por la regulación específica para los manglares prevista en el inciso ch) de este artículo.

ch) Baja de manglar: el área que comprende las extensiones de manglar asociadas con las ciénagas, esteros, lagunas costeras, y en general, los terrenos bajos que reciben la influencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua de mar. Su límite estará dado por la penetración máxima del bosque de mangle.

Para cualquier sector de la Zona Costera, donde por causas naturales o artificiales no sea posible la identificación de los tipos descritos en los incisos anteriores de este artículo, el límite se extenderá hasta donde hayan alcanzado las olas de los mayores temporales conocidos o, cuando lo superen, el de la línea de pleamar máxima equinoccial.

Atendiendo al valor práctico de esta clasificación que ya está siendo utilizada por el I.P.F. y el Instituto de Oceanología en el ordenamientos de los polos

turísticos costeros, la zonación de las costas de los cayos que se aborda en la presente Trabajo esta basada en dicha clasificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el presente trabajo de clasificación se seleccionaron 4 cayos del Subarchipiélago Sabana-Camagüey (Cayo Guillermo, Coco, Cruz y Sabinal), atendiendo a la gran diversidad de formas en sus costas.

En el caso de Cayo Coco, para el proceso de clasificación, se disponía de fotografías aéreas pancromáticas a escala 1: 62 000 del año 1956 mientras que, para los restantes cayos estudiados se utilizaron fotos del año 1989 a escala 1:35 000.

El primer paso consistió en una interpretación preliminar de las fotografías aéreas por el método óptico analógico y se pudo comprobar que para la escala de trabajo resultaba factible la identificación de las costas arenosas, de mangle y rocosas. Sin embargo, definir los límites de la Zona Costera en función de lo establecido en el Anteproyecto de Decreto Ley para la protección de las costas de Cuba resultaba imposible ya que, los elementos geomorfológicos tales como el pie interior de la primera duna (en el caso de las playas) o el borde interior del camellón (en el caso de las terrazas bajas), eran de imposible identificación en las fotos con que se trabajó.

Asimismo la identificación de las costas de terraza baja y acantilada requería de comprobaciones en el terreno, por lo que en la interpretación que se hizo se agrupan bajo una simbología única con el nombre de costa de terraza baja y acantilada.

Una vez hecha la interpretación preliminar óptica analógica, las imágenes fueron escaneadas para su representación en formato raster. El proceso de digitalización y la creación de las capas raster se hizo a través del uso de un Scanner y el software Desk Scan II. Para esto se utilizó resolución de foto y una gradación de color de 256 niveles de gris que van desde el blanco hasta el negro.

De Cayo Guillermo se trabajó con 5 imágenes, cuyos datos se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Datos de las imágenes procesadas para Cayo Guillermo.

Imagen	1	2	3	4	5
Filas	526	520	526	530	528
Columnas	542	520	556	542	558

Los datos de las imágenes de Cayo Coco, Cruz y Sabinal se muestran en las tablas 2, 3 y 4 respectivamente.

Tabla 2. Datos de las imágenes procesadas para Cayo Coco.

Imagen	1	2	3	4	5
Filas	698	678	666	672	666
Columnas	637	634	628	636	636

Tabla 3. Datos de las imágenes procesadas para Cayo Cruz.

Imagen	1	2	3	4
Filas	506	508	500	526
Columnas	554	550	564	540

Tabla 4. Datos de las imágenes procesadas para Cayo Sabinal.

Imagen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filas	490	496	496	490	492	500	500	496	498	500
Columnas	540	538	540	542	532	532	534	508	532	534

La figura 3, es ejemplo de las imágenes con la que se trabajo para cada cayo.

Todas estas imágenes estaban en formato PCX y fueron transformadas a formato TIFF por medio del Photo Finish, para ser convertidas a formato IDRISI con el módulo periférico de conversión de datos TIFF-IDRISI.

Para facilitar el proceso de análisis de la Zona Costera se realizó con el IDRISI el filtrado o convolución de las imágenes, técnica con la cual, se ejecutaron operaciones sobre cada pixel con el objetivo de resaltar fundamentalmente tierra agua y los contrastes arena, roca, mangle. El filtro más apropiado resultó ser el de detección de bordes no lineales de la forma:

- 1 -1 2
- 1 2 -1
- 2 -1 -1

Con las imágenes tratadas a partir del mejoramiento y logrando la compatibilización con las estimaciones hechas sobre las fotografías originales por el método óptico analógico, se crearon sobre las capas raster de las imágenes, las nuevas capas vectoriales lineales con el uso del Adobe Photo Shop y el IDRISI.

Adicionalmente a la clasificación primaria de Costas de terraza baja y acantilada, de playa y de manglar, también se identificaron las lagunas litorales por el papel que estas juegan dentro del funcionamiento integral del Sistema Costero.

Finalmente utilizando técnicas de solape y concatenación de las imágenes se crearon los fotoplanos digitales para cada cayo. Esto se logró con el empleo de las herramientas del Photo Finish y los módulos de manejo de datos del IDRISI (CONCAT, TRANSPOS, WINDOW, EXPAND y CONTRACT). (Figuras 4).

Haciendo uso del paquete de Sistemas de Información Geográfica del IDRISI, con el módulo AREA, se calcularon los porcentos del litoral ocupados en cada cayo por cada tipo de costa. Los resultados se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 5. Cayo Guillermo. Porcientos del litoral ocupados por cada tipo de costa.

Costas	Playa	Manglar	Terraza Acantilada y
Norte	60%		40%
Sur		100%	

Tabla 6. Cayo Coco. Porcientos del litoral ocupados por cada tipo de costa.

Costas	Playa	Manglar	Terraza acantilada y
Norte	54%	42%	4%
Sur	*	*	*

Tabla 7. Cayo Cruz. Porcientos del litoral ocupados por cada tipo de costa.

Costas	Playa	Manglar	Terraza Acantilada y
Norte	94%	*	6%
Sur	*	100%	

Tabla 8. Cayo Sabinal. Porcientos del litoral ocupados por cada tipo de costa.

Costas	Playa	Manglar	terrazza y Acantilada
Norte	78%	12%	10%
Sur	*	*	*

A manera de resumen se puede afirmar que en la costa Norte de todos los cayos predominan las playas con algunas superficies rocosas insertadas mientras que por el Sur predominan casi exclusivamente las costas de manglar. Todo este análisis se ha hecho con gran precisión y rapidez gracias a la utilización de las técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes y los Sistemas de Información Geográfica.

CONCLUSIONES

A partir del presente trabajo se obtuvieron una serie de conclusiones de carácter metodológico al utilizar los Sistemas de Información Geográfica y el Procesamiento Digital de Imágenes en los estudios de clasificación costera:

- Por medio de los Sistemas de Información Geográfica se pueden crear bases de datos georeferenciados acerca de la tipología de costas de acceso rápido y sencillo.
- Las fotografías aéreas pancromáticas resultan apropiadas para el trabajo de clasificación preliminar de las costas aunque se requiera además de verificaciones sobre el terreno.
- Antes de proceder a la clasificación de las imágenes, en muchos casos es conveniente realizar un proceso de filtrado y mejoramiento, especialmente si se trabaja con fotografías pancromáticas.
- La representación de los tipos de costa sobre las imágenes debe realizarse empleando capas lineales y areales relacionadas a determinados atributos de clasificación.

Asimismo, es importante destacar como conclusión de todo el procesamiento que más del 70 % de las costas abiertas al Norte de los cayos estudiados, está formada por litorales arenosos (playas) mientras que alrededor de un 15 % está ocupado por superficies rocosas (terrazas bajas y costas acantiladas) y sólo un porcentaje mínimo está ocupado por manglares. Sin embargo, en la costa Sur los manglares ocupan casi el 100 % de la franja litoral.

Finalmente se puede concluir que el presente trabajo puede ser muy útil al implementar un ordenamiento del territorio mediante la aplicación de los criterios del Decreto Ley para la Protección de las Costas de Cuba integrada al manejo espacial de la información.

BIBLIOGRAFÍA

- García, R. Geografía Física del Océano. Ciudad Habana, 1987, 276 pgs.
- Guimet, J. Introducción Conceptual a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Editorial Estudio Gráfico Madrid. Madrid, 1992, 139 pgs.
- Lugo, J. Diccionario Geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1989.
- Nuñez J. El Archipiélago, Ciudad Habana, 1984.

- Seco, R. Geomorfología de los Procesos Exogenéticos, Ciudad Habana, 1982, 155 pgs.
- Ionin, A.; Pavlidis, Y.; Avello, O. Relieve de la Zona Costera y Sedimentos del Fondo de la Costa Norte de Cuba en la Región del Archipiélago Sabana Camagüey. Serie Oceanológica No. 12. La Habana, 1972.
- Ionin, A.; Pavlidis, Y.; Avello, O. Monografía de la Geología de la Plataforma Cubana. La Habana, 1979, Inédito.
- Remond, R. Diseño preliminar del Contenido Analítico de un Sistema para el Análisis de los Paisajes, Trabajo de Diploma, Ciudad Habana, 1994.
- Sánchez, R. Análisis Geoecológico de la Estructura de los Paisaje Insulares en Algunos Cayos del Archipiélago Sabana Camagüey. Trabajo de Diploma, Ciudad Habana, 1991.
- Manual de Usuario del Programa IDRISI. Versión 4.1, 1993.
- Cerdeira, S. Conferencia de Teledetección Aplicada a los Estudios Costeros. Instituto de Oceanología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Ciudad Habana, 1995, Inédito.
- Juanes, J. Conferencia sobre la Ley de Costas de Cuba (Parte Técnica). Instituto de Oceanología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Ciudad Habana, 1994, Inédito.