

Atlas Aerofotográfico Digital de la Bahía de Cartagena, Golfo de Morrosquillo y Golfo de Urabá

AMPARO MOLINA M.¹, EUGENIO GAMERO M.², JACQUELINE BENAVIDES Q.³, CLAUDIA ROJAS⁴, APOYO SECCIÓN SENSORES REMOTOS⁵.

RESUMEN

El Atlas Fotográfico digital del Litoral Caribe Colombiano - Fase I¹, constituye una herramienta técnica de apoyo para la DIMAR a través de sus Capitanías de Puerto, con el fin de facilitar la toma de decisiones en los aspectos relacionados con, el control y administración de los bienes de uso público de la Nación localizados en áreas sometidas a su jurisdicción y para detectar las zonas de conflicto dentro del cumplimiento de sus funciones. Esto permitirá, al nivel de la DIMAR, contar con una herramienta para la autorización y control de las concesiones, permisos y licencias en las zonas costeras del Caribe colombiano.

En esta primera Fase I de IX con las que se pretende de cubrir la zona costera del Caribe colombiano, se estudiaron la Bahía de Cartagena, el Golfo de Morrosquillo y Golfo de Urabá (Bahía Colombia)

Para su elaboración y diseño, se recopiló toda la información aerofotográfica de alta resolución y material satelital que existe en el CIOH, que permitió obtener además de la actualización de la cartografía base, la información fotográfica y satelital (SPOT, LANDSAT) georeferenciada en forma visual, a manera de mosaicos, acompañados de información temática tomada de diferentes estudios realizados en la zona costera del litoral Caribe colombiano en las áreas de interés, dando como resultado, una

aproximación del entorno biofísico y sociocultural de las zonas

Como producto final se elaboró un atlas digital que permite acceder a la información de forma interactiva mediante ayudas y herramientas de visualización diseñadas para tal fin. Que contribuirá a la Armada Nacional en el comando y control de las operaciones navales del Caribe colombiano, especialmente para las actividades adelantadas por el grupo de Guardacostas.

ABSTRAC

The Digital Photographic Atlas of the Caribbean Colombian Coast, Phase I, is a very important technical tool performed to support DIMAR through its Port Captaincies, with the main task of facilitating DIMAR in its decision making process related to the control and administration of public properties belonging to the Nation and located on areas of DIMAR jurisdiction. Another task will be to help DIMAR on the detection of conflictive zones as part of its functions fulfillment. This Atlas will allow DIMAR, to count with a useful tool for the authorization and control of granting, permissions and licenses on the Colombian Caribbean coastal zones.

On this Phase I, of the IX, that are intended to perform in order to cover the whole Colombian

¹ Capitán de Fragata-Geólogo, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, E-mail: desat@cioh.org.co

² Jefe Técnico, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, E-mail: egamero@cioh.org.co

³ MSc Ingeniero Catastral y Geodesta, E-mail: jackybq@yahoo.com

⁴ Ingeniero Catastral y Geodesta, E-mail: klaus7015@yahoo.com

⁵ Apoyo Sección Sensores Remotos, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, E-mail: egamero@cioh.org.co

Caribbean Coast, the following sites were studied: Bahía of Cartagena, Gulf of Morrosquillo and Gulf of Urabá (Bay of Colombia).

All the high-resolution aerial photographic information and satellite images, which existed at the CIOH were collected for the elaboration and design of this Atlas. All these material allowed getting besides an actualization of the basic cartography, the georeferenciation in visual form of the photographic and satellite (SPOT and Landsat) information. This was possible by the elaboration of mosaics, together with thematic information taken from different studies done at the Caribbean Colombian coastal zones of the areas of interest. By all this process it was possible to get an approximation of the biophysical and socio-cultural aspects of the zones.

As a final product a digital atlas was performed, which allows obtaining information in an interactive way by using some visualization helping tools that were designed for this purpose. This atlas will also help the National Navy with its control and command of the naval operations in the Colombian Caribbean, especially for activities carried on by the coast guards group.

INTRODUCCIÓN

Los adelantos tecnológicos han permitido a los investigadores desarrollar nuevas y mejores formas de observar el mundo, sus perspectivas ya no sólo alcanzan a lo que podemos ver a nuestro alrededor, sino que desde el espacio; los satélites, el software de procesamiento digital y el Internet demuestran que las fronteras de la ciencia no tiene límites y que aun falta conocer mucho del entorno que nos rodea, de la protección a los ecosistemas y de mantener un equilibrio entre los asentamientos que crecen desmesuradamente y el paisaje natural que aun subsiste.

El presente artículo hará una reseña del proyecto de investigación " Atlas aerofotográfico digital del Caribe

colombiano" desarrollado por el grupo de investigación del CIOH, en la División de Desarrollo y Apoyo tecnológico (DESAT).

Como antesala se puede decir que los satélites de observación de la tierra puestos en órbita alrededor de nuestro planeta han permitido obtener imágenes actualizadas tanto de áreas marinas como costeras, dependiendo de las especificaciones de cada sensor y de las necesidades del usuario se pueden obtener imágenes globales, regionales o locales, hablando de resoluciones espaciales en las cuales es posible distinguir objetos de hasta 1m para el caso de los muy recientemente creados IKONOS y QuickBird. Pero imágenes de muy alta resolución espectral es imposible adquirirlas en pequeños proyectos espacialmente por sus altos costos en la mayoría de los casos. Es aquí donde la fotografía aérea digital se presenta como una valiosa alternativa, constituyendo una herramienta con la cual se puede obtener una muy alta resolución espacial como para representar un buen elemento de soporte para la toma de decisiones y a un costo mínimo comparado con tecnologías más sofisticadas.

El objetivo principal fue elaborar un atlas digital que permita acceder a la información de forma interactiva mediante ayudas y herramientas de visualización diseñadas para tal fin. De tal forma, que se constituya en una herramienta de trabajo para la DIMAR con el fin de facilitar a la División de Litorales, la formulación ante el Director General Marítimo, de la adopción de políticas y técnicas para el manejo, control y administración de la zona costera y de esta forma, ejercer la dirección, coordinación y control de las actividades marítimas entre las que se cuentan la administración y desarrollo de la zona costera (Art. 5 conc. Núm. 18 Art. 3 D. L 2324/84), de igual manera que se constituya en una herramienta técnica de apoyo a las Capitanías de Puerto, con el fin de facilitar la toma de decisiones en los aspectos relacionados con los bienes de uso público de la Nación localizados en áreas sometidas a su jurisdicción y para permitir detectar las zonas de conflicto dentro del cumplimiento de sus funciones.

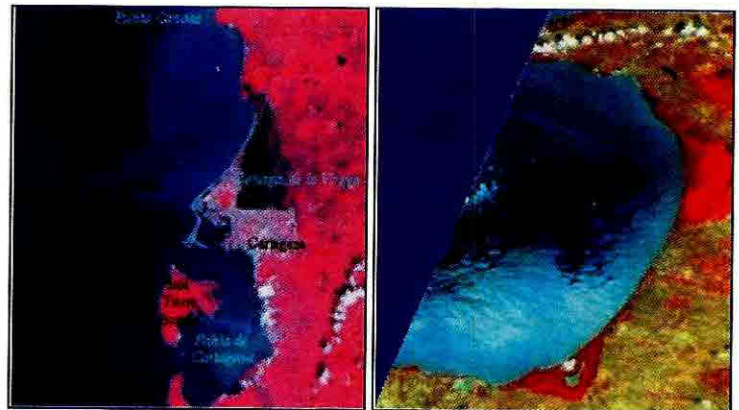
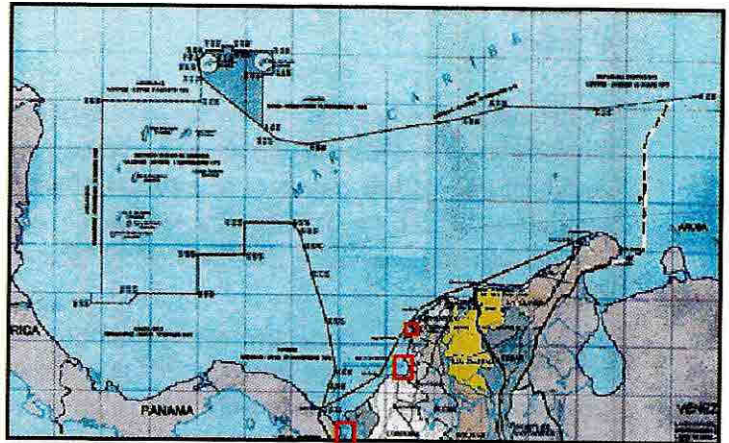
ZONA DE ESTUDIO

La fase I desarrollada durante el año 2001 cubrió la Bahía de Cartagena (Bolívar), Golfo de Morrosquillo (Córdoba y Sucre) y Bahía Colombia (Golfo de Urabá, Antioquia).

La bahía de Cartagena se cubrió de forma general a través de una imagen LANDSAT7 de 1997 que abarca la zona entre Boca Cerrada en Bolívar hasta Punta Canoas con una resolución espacial de 30m y en mayor resolución espacial, con fotografías aéreas el área de la ciudad de Cartagena en los sectores de: El Laguito, Castillogrande, Bocagrande y Ciudad Vieja.

El Golfo de Morrosquillo se cubrió desde La Ensenada del Hoyo hasta la Inspección de Policía El Porvenir con una imagen LANDSAT7 de 1998 y en mayor detalle la línea de costa entre Punta San Bernardo y Coveñas, con fotografías aéreas convencionales.

El Golfo de Urabá se cubrió con una imagen SPOT de 1989 desde Punta Reversa hasta Punta Caimán y en mayor detalle con fotografía aérea digital, la línea de costa comprendida entre la desembocadura del río Turbo hasta Boca Matuntugo.



LINEAMIENTOS GENERALES DEL PROYECTO

En la elaboración del atlas se ha tenido en cuenta los diferentes parámetros que caracterizan a los sensores remotos, entre los cuales podemos nombrar la resolución, definida como la capacidad que tiene un sensor de diferenciar señales que están especialmente próximas o que son espectralmente similares; existen cuatro tipos de resolución para los sensores: espectral, radiométrica, temporal y espacial siendo esta última la que se tomó en cuenta para el atlas. El concepto de resolución espacial es dado por la medida de la menor separación angular o lineal entre dos objetos que puede detectar el sensor. Esta

Fig. 1 Imágenes de satélite de las zonas de estudio, Cartagena LANDSAT7 1997, Golfo de Morrosquillo LANDSAT7 1998, Golfo de Urabá (Bahía Colombia) SPOT 1989.

distancia corresponde al tamaño del píxel, y depende de la altura a la que se encuentra el satélite, su velocidad y el número de detectores de que consta el sensor.

Se definieron dos tipos de información a ser incluidas en el Atlas, uno de escala media-alta que permite un cubrimiento total de cada zona de estudio (imágenes Landsat y SPOT) y otra de alta resolución que permita obtener una visión detallada de la línea de costa en las áreas de mayor interés (la fotografía aérea) de la cual se utilizarán las fotografías convencionales, para esta fase con fecha de toma posterior a 1999 y se introdujo una alternativa nueva como es el uso de cámaras digitales no fotogramétricas, que no tienen la misma precisión de las cámaras convencionales pero representan una alternativa económica para obtener información remota del territorio con alta resolución espacial.

Dentro de las características contempladas en la adquisición y evaluación del material se tendrá en cuenta que las imágenes de satélite deberán tener una resolución espacial igual o mayor a 30m y deberán cubrir la totalidad de la zona de estudio en cada fase del proyecto, no tener una diferencia de más de 5 años con las fotografías aéreas. Para el material aerofotográfico, se maneja el concepto de escala de la fotografía, dependiendo del nivel de detalle que se le quiera dar a la información, que en la relación tierra- mar la primera debe ocupar mínimo el 70% de la fotografía, y que el material tenga un mínimo de nubosidad sobre las áreas a trabajar.

En los parámetros cartográficos se tomó el sistema de proyección WGS84 zonas 18 y la zona 19 para la parte norte de la península de la Guajira. La información temática gráfica y de texto se tomará de los estudios realizados en la sección de Zona Costera dentro del proyecto "Censo Franja Litoral Caribe", del cual se extraerá un resumen de manera muy general de la zona de estudio, aunque no se excluye la posibilidad de incluir información de otras divisiones del CIOH.

PROCESAMIENTO DIGITAL DE LA INFORMACION

En el mercado existen diferentes tipos de software para realizar el procesamiento digital de las imágenes ER mapper, IDRISI, ERDAS cada uno según las necesidades del usuario, para nuestro caso se escogió PCI y los módulos OrthoEngine para el procesamiento de fotografías aéreas convencionales y digitales, Image Works, para la visualización de las imágenes y fotos y para la creación y edición de vectores, GCP Works para la referenciación de mosaicos prediseñado y de imágenes y ACE para la edición y la salida final de la información gráfica, por ser el que más se acomodaba a las necesidades del proyecto, como software de apoyo se tomaron Adobe Photoshop y Photostich en la etapa de pre-procesamiento digital para aerofotografías digitales, para los casos de pre-diseño de mosaicos fotográficos. Para la presentación de la información, programación y diseño del Atlas se utilizó el software MAPOBJECTS LT enlazado con Visual Basic 6.0. con el cual es posible integrar la información gráfica, geográfica y de texto que contendrá el atlas, sin que pierda los atributos de la georeferenciación. El procesamiento digital comprende nueve etapas, la primera es de campo la segunda de investigación y las restantes corresponden al procesamiento de la información.

1. Selección y adquisición de fotos, imágenes y cartografía base de apoyo

Es de mucha importancia el cuidado que se debe tener con la información que se va a adquirir teniendo en cuenta el propósito final del proyecto escogiendo Esta información se tomará en algunos casos como base para la georeferenciación de las imágenes de satélite y como apoyo de control especialmente en aquellas áreas de difícil acceso. Esta información será utilizada en formato digital como imagen o en formato DXF como vector.

2. Escaneo de Fotografías

El escaneo es un proceso común utilizado para convertir planos, imágenes o fotografías de formato

análogo a formato digital. Para el proyecto del Atlas, las fotografías IGAC en formato duro (copia en papel) se escanearon a 300 DPI. Se utilizó como formato de almacenamiento primario de los archivos el JPG-JPEG Image,

3. Toma de Puntos de Control Terrestre

Los puntos de control son tomados directamente en el terreno donde se determinan las coordenadas X,Y,Z utilizando DGPS, ubicando puntos reconocibles sobre las fotografías o imágenes; se escoge para cada foto un número de puntos mayor de 9, que se encuentren uniformemente distribuidos dentro de la foto y que representen buenas alternativas de localización, fácil acceso en campo o en su defecto fácil reconocimiento tanto en la foto como en campo, los detalles escogidos deben ser claramente definidos y que su cambio en el tiempo sea muy poco, se aconsejan tomar los cruces de vías, cercas.

4. Georeferenciación

Es el procedimiento por el cual se le dan coordenadas X,Y,Z a un espacio geográfico, teniendo en cuenta un sistema de proyección definido. Este proceso involucra las imágenes de satélite y las fotografías aéreas.

5. Modelo matemático

Podemos decir que un modelo "es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utilizan para representar estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica" (Ríos, 1995)

Una vez adicionados los puntos, deberá seleccionarse el tipo de modelo matemático que se va a utilizar durante el proceso. Teniendo en cuenta el número de puntos con los que se cuenta podrá utilizarse uno u otro orden de polinomio 1er, 2do, 3er, (esto en el caso de GCPWorks) siendo necesario para uno de primer orden, por lo menos 3 puntos y para uno de tercer orden por lo menos 11 puntos.

6. Orthorectificación

Una vez incorporados los puntos GPS, será necesario agregar puntos comunes entre fotografías, TiePoints,

e incorporar el Modelo de Elevación Digital (DEM), en caso de terreno montañoso.

7. Creación de mosaicos

La creación de mosaicos se hará cuando se necesite unir fotografías o imágenes consecutivas que se deban presentar como un sólo conjunto.

Los aspectos que se deben tener en cuenta para la elaboración de los mosaicos consisten básicamente en obtener productos de buena calidad que no presenten deformaciones geométricas, que concuerden con la información vectorial de la zona y presenten homogeneidad en el color a lo largo del mosaico. Para evitar el efecto de escalones a lo largo del mosaico, conviene seleccionar adecuadamente las líneas de corte de cada foto de tal forma que la unión entre cada par de fotos sea uniforme y en lo posible no sea notorio el cambio. De igual forma, las líneas de corte deberán definirse de tal forma que se incorpore al mosaico el área más central de cada foto sin que se presenten vacíos de información; de esta forma, se reducirá al máximo las deformaciones ocasionadas hacia los bordes de las fotos.

8. Control calidad

Esta etapa va desde el principio del proyecto, desde la adquisición del material y sigue en las posteriores etapas como son la creación de las ortofotos, los mosaicos y la georeferenciación de las imágenes. Con el ánimo de poder estimar el error obtenido en el producto cartográfico, se compararán los productos finales con los puntos de control terrestre tomados en campo y cartografía base existente. Para este ejercicio se verificará el error (RMS) X,Y y promedio entre puntos de coordenadas conocidas con su correspondiente posición en cada producto obtenido. Con el fin de verificar si el nuevo producto se encuentra geográficamente bien ubicado o si los errores debidos a posición de los objetos se encuentran dentro de los parámetros de calidad establecidos para el proyecto, para ello será necesario cargar tanto ortofotos como mosaicos y sobreponerles la información vectorial utilizando el módulo ImageWorks de PCI. Generalmente las vías representan una buena fuente de información al ser elementos permanentes, diferentes

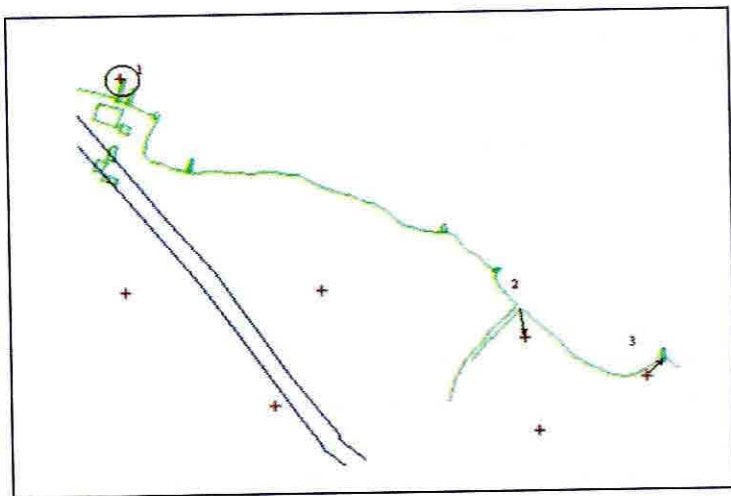


Fig. 2 Comparación información vectorial, puntos medidos en campo GPS.

de los arroyos, ríos, línea de costa u otros elementos naturales que por su misma dinámica pueden representar diferencias de posición ocasionadas también por la diferencia en la fecha de adquisición de la información. Figura No. 2. Comparación información vectorial, puntos medidos en campo GPS.

Una forma de cuantificar la calidad del proceso resulta de la medición de la desviación de la posición de los puntos tomados en campo respecto a su ubicación en el mosaico final, cartográficamente se conoce como exactitud en posición, de esta forma podrá calcularse en metros cual es el error medio encontrado para el mosaico y hacer un estimativo de la calidad del producto final.

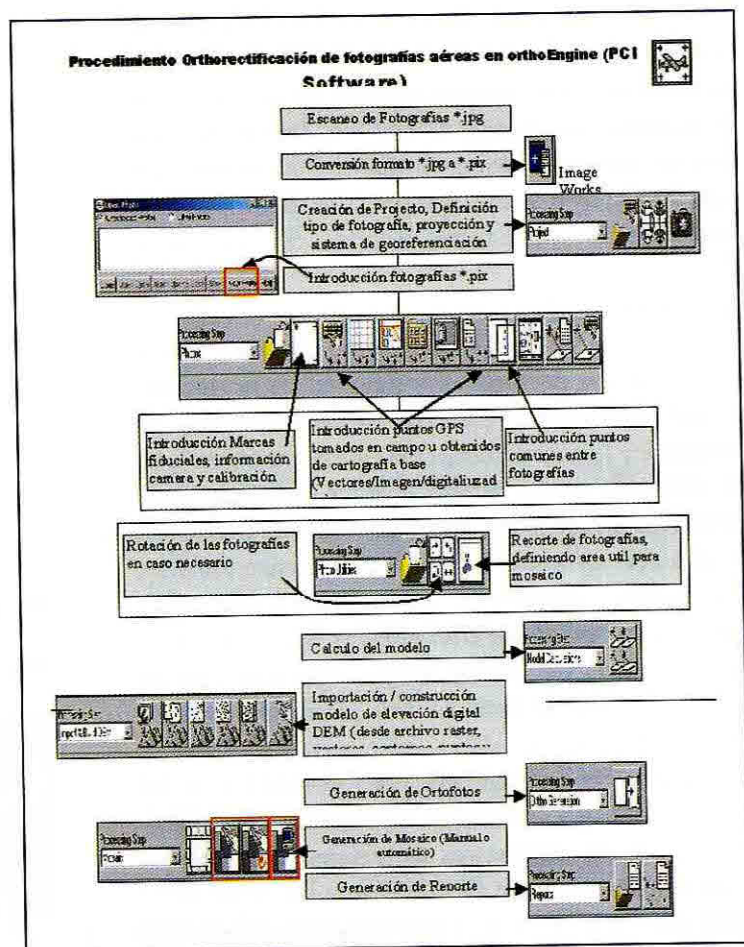


Fig. 3 Esquema proceso de Orthorectificación de fotografías aéreas usando módulo OrthoEngine del software PCI

9. Edición Cartográfica

Una vez los productos obtenidos de las imágenes y mosaicos pasen el control calidad, podrán ser incluidos en el Atlas y podrá adicionárseles información relacionada con toponimia como nombres de asentamientos, vías, ríos, arroyos, entre otros, esto se puede hacer en el modulo ImageWorks o se puede dejar para complementarlo en el paso de la salida final de la información georeferenciada. La presentación final de producto se basaran en las normas de presentación cartográficas, así como de los estándares del control de calidad existentes para tal fin. Aquí se incorporará información cartográfica complementaria como ejes coordenados, Norte, escala, títulos y leyendas

RESULTADOS Y ASPECTOS RELACIONADOS CON LAS ZONAS DE CARTAGENA Y GOLFO DE MORROSKUILLO (FASE I)

El área de Cartagena fue cubierta en fotografías aéreas digitales tomadas desde helicóptero en abril del año 2000. Estas fotografías cubrieron en detalle el área correspondiente a las zonas turísticas de Bocagrande, Castillo Grande, Laguito y ciudad vieja. Paralelamente se seleccionó una faja de fotografías verticales convencionales (IGAC vuelo C2525) a escala 1:10000 con un cubrimiento un poco mayor a las

anteriores áreas, abarcando además los sectores de Manga, Centro y parte de Marbella.

Para el Golfo de Morrosquillo se adquirieron 87 fotografías aéreas convencionales a color a escalas 1:10000 y 1:8000 tomadas por la empresa Carto Oil en el año 2000. Estas fotografías cubren la zona costera del golfo desde Punta San Bernardo hasta Coveñas.

En la fase I no se contempló la adquisición de imágenes de satélite diferentes al material disponible en el CIOH ya que se cuenta con una imagen LANDSAT del 17 mayo de 1998 para el área de Cartagena y para el Golfo de Morrosquillo una SPOT del año 199.

La cartografía base seleccionada tanto para el área de Cartagena como Morrosquillo, corresponde a la obtenida del Servicio Hidrográfico en escala 1:10000 conteniendo línea de costa, arroyos, vías e isóbatas. A esta cartografía le fue adicionada una nueva capa correspondiente a los puntos de control terrestre obtenidos en campo.

Al realizar el control de calidad de la información adquirida se noto la presencia de errores en la parte de la toma de las fotografías a color del Golfo de Morrosquillo, se encontró que dentro de una misma línea de vuelo existía un giro de 7 grados entre fotos consecutivas, lo cual genero errores a la hora de colocar los puntos de control, se observo que entre fotos consecutivas no existía un recubrimiento mínimo, además dentro de una misma línea de vuelo y con fotos consecutivas estas tenían diferencias de escala, probablemente al momento de la toma el avión vario su altura de vuelo, este tipo de error no es corregible dentro del software y se debe hacer la rectificación de foto por foto separadamente.

En las fotografías tomadas con helicóptero sobre el área de la Bahía de Cartagena se le dió una inclinación a la cámara, lo cual generó un ángulo de oblicuidad en las fotos, mostrando como producto un mosaico con inclinación bastante notoria en el área de

construcciones altas, como son los edificios de Castillo Grande.

PROCESAMIENTO DIGITAL DE FOTOGRAFÍAS AEREAS E IMAGENES DE SATELITE

Cartagena

Con base en el material adquirido para la zona y siguiendo los lineamientos anteriormente descritos, se procedió a hacer el trabajo de campo en el cual fueron colectados 180 puntos de control en el área de cubrimiento del material fotográfico. De estos puntos fueron obtenidas coordenadas X,Y utilizadas como puntos GPS. Este ejercicio (180 puntos) se hizo con el fin de minimizar al máximo los errores producido por la toma de las fotografías ya que estas fueron adquiridas de una plataforma inestable (helicóptero) lo cual causa mayor distorsión en las imágenes.

Una vez tomados los puntos de control en campo, se procedió a hacer la orthorectificación y el mosaico tanto de las fotografías digitales como de las convencionales. En el caso de las fotografías digitales se creo un proyecto con las especificaciones consignadas en la tabla 1.

Tipo de Camara (Digital/Video)	Nikon 950
Chip Size (width, height)	(19.6, 10.5)
Focal Length	7mm
Output and GPS prejection	UTM 18P E12
Output pixel spacing	0.3m

Tabla 1. Especificaciones cámara y proyecto fotografías digitales

Para la producción del presente mosaico fue necesario elaborar mosaicos preliminares usando el software Photostich y Photoshop con los cuales se logro hacer una aproximación del mosaico final.

Con el fin de realizar una comparación respecto al producto obtenido a través de fotografías aéreas convencionales, se procedió también a realizar el fotomosaico de las fotografías verticales IGAC

C2525 de la misma área, pudiendo comprobar que los dos productos presentan características geométricas muy similares aunque el error obtenido para las fotografías verticales es en promedio 3.04m (X) y 3.54m (Y). Las especificaciones de cámara y proyecto utilizadas para estas fotografías se encuentran en la tabla 2.

Tipo de Camara (Standar)		RMK A
Output and GPS prejection		UTM 18P E12
Output pixel spacing		1 m
Camera Calibration		
Focal Length	153.028mm	
Principal Point	0.000 mm	0.000 mm
Fiducial Type	Edge	
Top Middle	113.000 mm	0.000 mm
Botton Middle	0.000 mm	-113.001mm
Left Middle	-113.003 mm	0.000 mm
Scale	1:9900	

Tabla 2. Especificaciones cámara y proyecto vuelo C2525 IGAC

La imagen de satélite a su vez fue georeferenciada con base en la cartografía existente, guardando las especificaciones de proyección UTM, Z18P, elipsoide WGS84.

La Información temática, se obtuvo del Proyecto Censo Franja Litoral Caribe del Departamento de Bolívar, realizado por el CIOH-CARDIQUE durante 1998, la igual fotografías oblicuas se obtuvieron de los monitoreos de las playas del sector de Bocagrande y otra tomadas directamente con la cámara digital.

La información temática como visual se organizo en formatos de presentación a manera de fichas técnicas las cuales contienen todos los datos concernientes a autores, fechas y especificaciones técnicas de los productos utilizados.

Golfo de Morrosquillo

Las 87 fotografías adquiridas para esta zona, fueron

escaneadas y consignadas en 10 proyectos en OrthoEngine y 5 fotografías independientes, esto último fue resultado del control de calidad que sobre la información adquirida se realizo. Las especificaciones de la cámara y del formulario de calibración (Tabla 3) fueron introducidas al sistema, al igual que las marcas fiduciales, proceso durante el cual se mantuvieron las especificaciones para el atlas, obteniéndose en los peores casos un error máximo de 0.005mm.

La Imagen de satélite que cubre el área del golfo también fue georeferenciada con base en la cartografía existente y los puntos de control tomados en-campo, guardando las restricciones respecto a la cartografía anotadas anteriormente.

Al igual que en la anterior etapa, se crearon formatos para la información temática, la imagen de satélite y los mosaicos generados. (Ver figura 4).

RESULTADOS Y ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ZONA DE BAHIA COLOMBIA EN EL GOLFO DE URABA (FASE I)

En esta zona no se encontraron fotografías aéreas recientes, las más vigentes son de 1986 por lo cual se tomó la decisión de planear un vuelo para la toma de fotografías, alquilar una avioneta acondicionada para una cámara fotogramétrica, para lograr montar la cámara digital con que cuenta el CIOH.

Se diseñó un plan de vuelo, debido a las inclemencias climáticas de la zona la altura de vuelo fue de un promedio de 1300 m, como consecuencias se obtuvo un numero mayor de fotografías al proyectado (598), además muchos sectores como las bocas no se pudieron tomar pues la baja altura de vuelo genera fotografías de escala muy pequeña que no cubren el área en una sola barrida del avión, algunos sectores quedaron sin cubrimiento total.

Se seleccionó la imagen de satélite Spot de 1989 perteneciente al CIOH, la cual, se referenció con

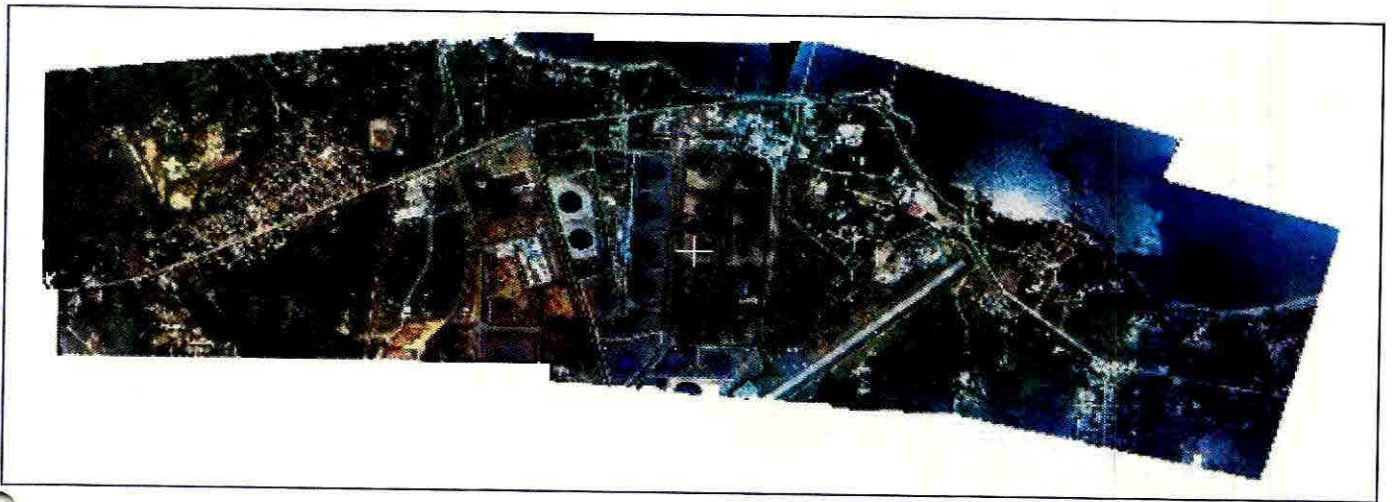


Fig.4 Mosaico Coveñas, corregimiento porvenir, Golfo de Morrosquillo.

base en la cartografía digital entregada por la División de Hidrografía del Centro.

Se presentaron problemas en la imprecisión en los detalles del terreno, pues la diferencia en lapso de tiempo era demasiado evidente, aproximadamente 12 años con relación a las fotografías aéreas tomadas y para ser utilizada como base en la georeferenciación de las fotografías se generaba problemas de exactitud en posición de los elementos pues es un sector bastante cambiante debido a la influencia del mar sobre las áreas terrestres. Se optó por realizar la orientación de la información digital. La información digital fue descargada de la tarjeta de la cámara junto con la información almacenada en el GPS utilizado para capturar los puntos centrales de las fotografías y la ruta que había seguido el avión.

Se construyeron los mosaicos en Photostich teniendo como base el archivo de puntos de Urabá visualizado en Map Source. Este archivo es de gran ayuda a la hora de ir a generar los mosaicos basados en las líneas de vuelo, puesto que se puede ver claramente en que sectores la línea de vuelo cambia de rumbo. Se generaron un total de 25 mosaicos, los cuales se utilizaron para el procesamiento digital.

Para el error medio cuadrático (RMS) en este proyecto se tomó el parámetro de la distancia verdadera de

puntos coincidentes, esto basándonos en que la información que se estaba manejando era de un lapso de tiempo demasiado considerable como para poder aplicar los parámetros de exactitud en posición y precisión manejado en las anteriores etapas (Cartagena y Golfo de Morrosquillo).

Se obtuvieron errores máximos de 30 m; para aquellos mosaicos en que los puntos coincidentes eran demasiado confusos, solamente se efectuó el proceso de referenciación de la información, esto con el fin de que el usuario del CD, tenga una idea de la posición de la zona del mosaico, más no para realizar la ubicación de puntos geográficamente.

Después de tratarla digitalmente la información espacial, se procedió a realizar las salidas gráficas en ACE, cada mosaico tiene su grilla, su norte, la toponimia correspondiente a los sectores más representativos del área enmarcada dentro del mosaico, el título correspondiente al proyecto y el subtítulo que cobija el sector más representativo del mosaico; y la exportación de los archivos al formato GEOTIFF.

Los mosaicos se trabajaron con alta resolución dentro del desarrollo del atlas, pero debido a que se debía dejar en un solo CD, al área correspondiente al Golfo de Urabá la resolución quedó de 3 píxel, dos menos que el archivo original.



Fig. 9 Visualización contenido Atlas Aerofotográfico Caribe Colombiano.

DISEÑO DEL ATLAS DIGITAL

En el desarrollo de la herramienta se utilizó MapObjectLT por conservar las características de georreferenciación de la información, además de ser un software muy versátil.

Basándonos en el esquema inicial, que era desarrollar una herramienta en la cual el usuario tuviera fácil acceso a la información, se programó y desarrolló cada uno de los botones de la herramienta, los textos se manejaron como archivos PDF, debido a que incluían gráficos. Dentro del mismo CD, se incluyó una versión de Adobe Acrobat, para la visualización de esta información temática.

CONCLUSIONES

Se elaboró el CD interactivo cubriendo las expectativas con las cuales se inició el proyecto. En esta fase del proyecto se ajustó la última parte de los lineamientos para tratamiento y entrega de la información digital.

Así mismo, la captura, organización y recopilación de toda la información satelital de estas costas del Caribe colombiano condujo a un buen resultado, ya

que se generó una pequeña base de datos compilada en fichas técnicas, la cual muestra el material con el que se dispone, su cubrimiento y los parámetros técnicos de cada uno.

Así mismo, se logró actualizar con los mosaicos existentes de cada una de las áreas y de las imágenes de satélite, la cartografía base de la zona costera, que es la que presenta mayores problemas, debido a los cambios que abruptamente suceden en algunas zonas, como en el caso del Golfo de Urabá, en las partes de las bocas y brazos que la conforman, que aunque no ha tenido mayor intervención antrópica, a diferencia de las de Cartagena y Morrosquillo, en las cuales la adecuación de obras civiles ha degenerado la verdadera línea de costa, han tenido cambios muy agresivos.

Además, fue posible determinar el costo físico requerido para el desarrollo de productos de alta resolución, esto, debido a que el proceso que mayor tiempo requiere es el relacionado con el procesamiento digital de la información de alta resolución (fotografías aéreas convencionales y digitales) enfocado hacia la elaboración de mosaicos digitales rectificadas que son en última instancia, los que se incluyen en el atlas a manera de mapas de gran escala.

Es recomendable tener en cuenta los tiempos de procesamiento digital y de programación del CD interactivo, además de implantar un adecuado control de calidad en cada una de las fases, realizando especial énfasis en las etapas de adquisición del material, generación de mosaicos y programación del atlas.

El resultado muestra que el potencial del recurso humano y técnico dentro del proyecto, no sólo permite desarrollar facetas adicionales y/o complementarias a la sola generación de mosaicos y líneas de costa para actualización de la cartografía, sino también la utilización en la parte de análisis del producto final. Además de ser este producto un punto de partida para desarrollar una nueva aplicación que pueda ser accedida por medio de la Web,

por otros usuarios que demuestren interés en conocer lugares poco accesibles, adentrándonos así en los últimos avances que a nivel de accesibilidad de la información se están haciendo en el mundo.

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos al personal de la Sección de Sensores Remotos: Suboficial Técnico Tecnólogo en Ciencias del Mar Eugenio Gamero M, Suboficial Primero Tecnólogo en Ciencias del Mar Wilson Ramírez, Suboficial Tercero Hidrógrafo Jorge Muñoz C y Suboficial Tercero Hidrógrafo Adrián Felipe Gómez G.

- Carterra On-line Catalog
<http://map2.spaceimaging.com/cgi-bin/Carterra/>

- IKONOS satellite Imagery
<http://www.sieurasia.com/content/Products/GEO/>

- La Guía Fotografía Costera
<http://www.navegar.com/guia/costera/plantilla.asp?next=57b>



BIBLIOGRAFÍA

- Baks J. P.G. Digital Image Processing of remotely sensed data. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. The Netherlands, 1999.
- Benavides J. Integration of Remote Sensing and Historical data for coastal changes in Cartagena Bay, Colombia.
- Intec Américas. Informe Sobre el Proceso de Convertir sus Mapas / Planos de Papel a Archivos AutoCAD. 6150 Cheetah Chase, 1st Floor Littleton, CO 80124 USA Tel. 303-790-9730 (USA); FAX 303-790-9734 (USA).
- Lillesand T. and R. KIEFER. Remote Sensing and Image Interpretation. 3ra. Edición. ISBN 0-471-57783-9, New York, United States. 1994. Manuales del Usuario OrthoEngine, V7.0. PCI Geomatics - Committed to GEO-Intelligence Solutions (TM); 50 West Wilmot St., Richmond Hill, Ontario, CANADA, L4B 1M5. Tel: (905)764-0614.
- Cartografía Náutica. COL 002,260,259, 410,1654,218,255,249,041,042, 043. Servicio Hidrográfico, Centro de Investigaciones oceanográficas e Hidrográficas CIOH. DIMAR, Armada Nacional. Cartagena de Indias, D.T. y C.