

Determinación de las estructuras submarinas de la plataforma cubana por medio de la fotografía aérea multiespectral

DAVID BERDELLÁNS, JOSÉ L. JUANES, y VÍCTOR P. SALTANKIN

RESUMEN. Se presentan y discuten los resultados preliminares del análisis e interpretación de los datos obtenidos durante el experimento "Trópico-1", en lo referente a las investigaciones oceanológicas por medios aerocósmicos. Como zona patrón se tomó un sector de la costa norte de la Península de Hicacos. Se compararon los resultados de las investigaciones realizadas en el lugar por métodos terrestres con la información brindada por la fotografía aérea multiespectral.

1. INTRODUCCIÓN

El empleo de los métodos de teledetección aerocósmica de los recursos naturales se hace cada vez más amplio. Actualmente numerosos países los utilizan de una forma sistemática en esferas donde el estudio de los recursos naturales mediante los métodos tradicionales de investigación hace de esto una tarea muy laboriosa, y, lo que es más importante, muy costosa. Además, por su gran poder de generalización, estos métodos son empleados para la solución de una gran cantidad de problemas diferentes, como lo son, por ejemplo, las enfermedades o plagas que atacan un cultivo, el estado de desarrollo de una planta, o el estudio y cartografía de las estructuras submarinas de nuestra plataforma. Acerca de estas últimas investigaciones, o sea, el estudio de la estructura submarina de nuestra plataforma mediante el empleo de las fotografías aéreas multiespectrales obtenidas durante el experimento "Trópico-1" con fines oceanológicos, trataremos en el presente trabajo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la planificación del experimento "Trópico-1", se analizaron las posibilidades de investigación de los siguientes aspectos oceanográficos: la temperatura

Trabajo presentado a la Segunda Jornada Científica del ININTEF, La Habana, febrero de 1979. Manuscrito aprobado el 4 de junio de 1979.

D. Berdelláns pertenece al Instituto de Investigación Técnica Fundamental y J. L. Juanes al Instituto de Oceanología, ambos de la Academia de Ciencias de Cuba. V. P. Saltankin pertenece al Instituto de Recursos Hidrológicos, de la Academia de Ciencias de la URSS.

de las aguas del mar; la salinidad de las aguas del mar; la determinación de los movimientos de las aguas del mar; la confección de cartas batimétricas.

Para la solución de la primera y segunda tareas, las posibilidades del método de teledetección multiespectral son muy limitadas y se requiere el empleo de otras técnicas, como son, por ejemplo, radiómetros que trabajen en la ventana de transparencia de la atmósfera, o en la banda infrarroja del espectro, etc.

La determinación del movimiento de las masas de agua por medio del levantamiento multiespectral sólo es posible en el caso de la presencia de indicadores que permitan establecer la existencia de aguas con diferentes tonalidades. El color, la transparencia del agua, la turbulencia, la presencia de plancton, y las bandas de espuma en la zona de la hidrosfera, son indicadores que se emplean en el método de levantamiento multiespectral. Estos indicadores visuales no siempre pueden determinarse claramente.

El análisis de las fotos del experimento "Trópico-1" permite afirmar que el empleo de la fotografía aérea multiespectral puede ser muy efectivo como método para el estudio de las zonas de la plataforma y costeras.

Para el descifrado de las fotos se eligieron algunas zonas de la Península de Hicacos, ya que en las mismas se realizan trabajos de investigación por el Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Cuba, el Instituto Cubano de Hidrografía, y el Ministerio de Minería y Geología, en relación con la dinámica y distribución de los sedimentos en la Playa de Varadero. El descifrado se realizó con fotos de los canales 2 y 4 (550 y 700 nm, respectivamente), aumentadas cinco veces; por dificultades técnicas, los canales 1, 3, y 5 no pudieron ser empleados para el análisis. Se realizó el descifrado visual de dos de estas fotos de la zona costera, comprobándose los resultados *in situ*. Paralelamente al descifrado visual, se realizaron mediciones densitométricas de los perfiles elegidos, en los negativos de los canales 2 y 4. Estas mediciones se hicieron con un densitómetro G II de Karl Zeiss, Jena, en el Instituto de Investigación Técnica Fundamental de la Academia de Ciencias de Cuba.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En forma confiable se interpretaron los siguientes elementos de la zona costera: los límites de las aguas; las playas de arena; las zonas de carso marino; los tipos de orillas de abrasión y acumulativas; las terrazas marinas de tipo acumulativo; los diferentes tipos de vegetación; las lagunas y zonas pantanosas.

Para el estudio de la zona costera se utilizaron los canales 2 y 4 que son los que brindan una mayor información. En las distintas zonas del espectro las imágenes se presentan muy diferentes, particularmente en el canal 2; en este canal se pueden identificar visualmente alrededor de cuatro zonas de irregularidades en la imagen fotográfica, utilizando como índice de descifrado la densidad óptica de las fotos y la forma de la imagen (SALTANKIN, 1977). La información *a priori* con que se contó para el descifrado de las fotos, resultó insuficiente para, de forma definitiva, establecer una correspondencia entre la imagen y los tipos concretos de las

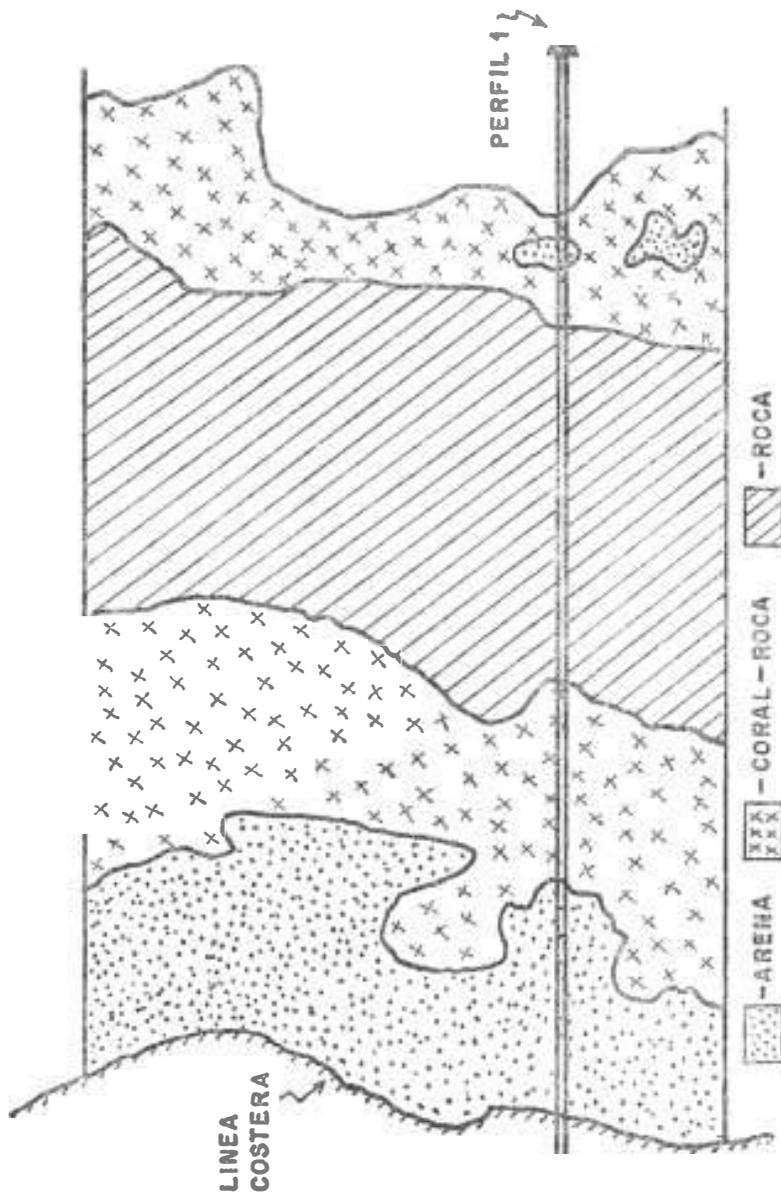


FIG. 1. Esquema de las estructuras de la plataforma, de acuerdo con el descifrado visual de una foto en el canal 2 (550 nm).

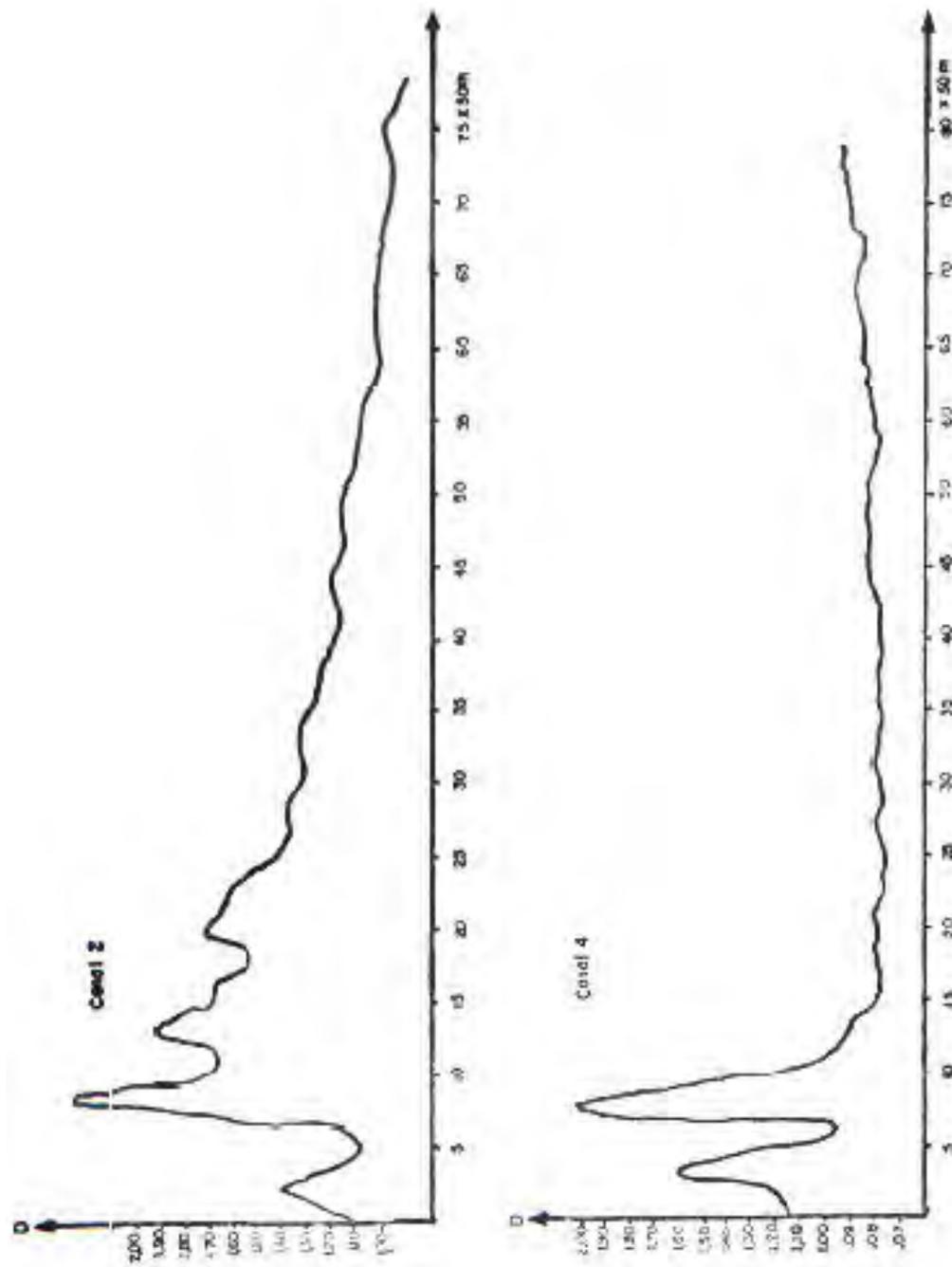


FIG. 2. Gráfico densitométrico del perfil 1 en los canales 2 y 4.

estructuras submarinas. En la Fig. 1 se presenta un ejemplo del descifrado de una foto en la cual se muestran las distintas formaciones obtenidas durante el descifrado visual y su correspondencia con los diferentes tipos de estructuras de la plataforma submarina. En la Fig. 2 se muestran los resultados de las mediciones densitométricas, de los negativos de los canales 2 y 4, de una zona de la plataforma de la costa N de la Península de Hicacos. El análisis preliminar de este gráfico confirma en general los resultados del descifrado visual.

La comparación de los resultados de la medición de los negativos de los canales 2 y 4 mostró que el canal 4 sólo es informativo para una zona muy estrecha de las aguas cercanas a la costa (KRAVSTOVA, 1976). La evaluación de la profundidad en los límites de la plataforma no es posible aún resolverla de una manera unilateral utilizando sólo el cambio del tono de la imagen fotográfica, ya que éste se debe no solamente a la variación de la profundidad, sino a la influencia de las estructuras del fondo y a otros factores, observándose generalmente una superposición de los mismos. Por ahora, sólo podemos decir que el método fotométrico para la determinación de la profundidad puede resultar confiable para zonas de la plataforma donde se observe una composición de las estructuras submarinas relativamente uniforme (hasta unos 30 m de profundidad en nuestro caso).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados del análisis de las fotografías multiespectrales tomadas durante el experimento "Trópico - 1", aunque en gran medida son preliminares, permiten afirmar que los materiales obtenidos pueden encontrar un amplio empleo en el estudio de las estructuras submarinas de la plataforma de Cuba.

Mediante el descifrado de las fotografías obtenidas durante el experimento "Trópico - 1" ha sido posible estudiar zonas específicas de la plataforma, diferenciando las estructuras de la misma.

En el futuro es necesario prestarles gran atención a los trabajos que se realicen en el mar, sincrónicamente con los vuelos, sobre todo cuando se quiera estudiar problemas oceanológicos muy dinámicos.

REFERENCIAS

- KRAVSTOVA, V. I. (1976): *Multispectral space images: material to study shallow water areas*. Data sensing and processing, Moscú, 4 pp.
- SALTANKIN, V. P. (1977): *Empleo perspectivo de los métodos de teledetección para el estudio del régimen de las aguas* [en ruso]. Trabajos de la Reunión de Coordinación Hidrotécnica, Leningrado, 10 pp.

ABSTRACT. Preliminary results of the analysis and interpretation of the data obtained during the experiment "Trópico-1" are presented and discussed in connection with aerocomic methods of oceanological research. A section of the north coast of Cape Hicacos was selected as the key zone, and results obtained there by terrestrial methods were compared with information gathered by means of multispectral photography.

CDU 551.462.6

Eventos sobre Teledetección celebrados en Cuba durante 1979

La introducción en Cuba de los métodos aerocósmicos de teledetección (o percepción remota) de los recursos naturales, data de los meses diciembre de 1977 y enero de 1978, cuando la Academia de Ciencias de Cuba —junto a otras instituciones nacionales, y en colaboración con la Academia de Ciencias de la URSS— dio los primeros pasos en la aplicación de dichos métodos, con la realización de un primer levantamiento aéreo multiespectral de la superficie de nuestro país, cuyo objetivo era precisar diversos aspectos de la metodología específica a seguir en la investigación, desde el cosmos, de los recursos terrestres de interés para las distintas ramas de la economía cubana y de las ciencias de la Tierra. En esto consistió el programa de investigaciones denominado *Trópico 1*.

Entre las tareas del *Trópico 1* se encontraban la elaboración de metodologías específicas para levantamientos cósmicos multiespectrales en la región visible e infrarroja cercana del espectro electromagnético, y para el procesamiento de la información obtenida; el estudio del valor informativo de los levantamientos multiespectrales de diferentes objetos naturales y antropogénicos; y, por último, la evaluación de las posibilidades de la aplicación del método a la solución de diversos problemas, tanto de carácter fundamental, como aplicado.

En mayo de 1979, se realizó un segundo programa de investigaciones de índole similar, denominado *Trópico 2*.

En febrero de 1979, hubo de celebrarse la 2da Jornada Científica del Instituto de Investigación Técnica Fundamental (ININTEF), de la Academia de Ciencias de Cuba. En esta Jornada se discutieron diversos trabajos, elaborados, tanto por colaboradores del propio Instituto como por investigadores de otras instituciones del País, que trabajan en el campo de la percepción remota. La Memoria de la 2da Jornada Científica del ININTEF, publicada por la Editora de la Academia de Ciencias de Cuba, recoge los sumarios de los distintos trabajos presentados, que se resumen a continuación:

ALGUNOS ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LAS MEDICIONES DENSITOMÉTRICAS DE FOTOGRAFÍAS MULTIESPECTRALES

Onel Acosta y Ricardo Barandela

El empleo de un densitómetro manual para el procesamiento y análisis de la información obtenida a partir de fotografías aerocósmicas multiespectrales, sugirió desde los primeros

momentos la necesidad de estudiar la metodología a seguir, particularmente en lo que se refiere a la cantidad de mediciones dentro de cada campo y la forma de tomarlas, así como en cuanto a dilucidar si, al tratar de reproducir el enfoque y las dimensiones de la rendija, los valores medios de cada campo resultarían semejantes —a los efectos prácticos— a los obtenidos en condiciones similares. Se recomienda medir todo el campo de interés, adecuando la rendija, y se muestran resultados de experimentos llevados a cabo, que avalan esta sugerencia.

PRIMEROS RESULTADOS DEL USO DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAFICO MULTIZONAL (LAM) EN LAS INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS

Dolores S. Asoián, Armando H. Portela, y Francisco Rivero

Se presentan los métodos utilizados y los resultados preliminares obtenidos en la aplicación, en Cuba, de las nuevas técnicas de teledetección en las investigaciones geomorfológicas, basándose parcialmente en índices geobotánicos, producto del análisis de los materiales multizonales del experimento *Trópico 1* del Programa Intercosmos. Los trabajos fueron realizados en el polígono Guane-Soroa, Pinar del Río.

COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CANALES MULTIESPECTRALES UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Guillermo Bello y Reynel Jiménez

Se utiliza el análisis de alternativas para evaluar la posibilidad de reconocer subclases en un mismo cultivo, y se determina el canal más útil y la mejor combinación de cuatro canales para el caso de una plantación cañera.

DETERMINACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS SUBMARINAS DE LA PLATAFORMA CUBANA POR MEDIO DE LA FOTOGRAFÍA ÁEREA MULTIESPECTRAL

David Berdelláns, José L. Juanes, y Víctor P. Saltankin

Se presentan y discuten los resultados preliminares de la interpretación y el análisis de los datos obtenidos durante el experimento *Trópico 1*, en lo referente a las investigaciones oceanológicas por medios aerocósmicos. Como zona patrón se tomó un sector de la costa norte de la Península de Hicacos, donde se compararon los resultados de las investigaciones realizadas en el lugar, por métodos terrestres, con la información brindada por la fotografía aérea multiespectral.

EL EFECTO DE APERTURA EN LAS MEDICIONES DENSITOMÉTRICAS

Lino E. Borroto

Se hace el estudio del efecto de apertura para el caso de las mediciones de transmitancia y densidad óptica, utilizando un densitómetro con posibilidades de rastreo. Se establecen conclusiones con respecto al espectro de frecuencias que se obtiene en la señal de corriente o voltaje, en los terminales de salida del elemento fotosensible.

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS AEROESPACIALES AL ESTUDIO GEOLÓGICO DE CUBA Y DE ALGUNOS PROBLEMAS DE SU NEOTECTÓNICA

V. I. Makárov y J. F. de Albear

El desciframiento de fotos aerocósmicas multizonales demostró que, no obstante la densa cobertura de la vegetación en Cuba, es posible descubrir objetos geológicos que antes no se conocían, o que solamente se suponían por rasgos indirectos. Algunos lineamientos bastante difíciles de reconocer en las fotos aéreas, o por el recorrido de campo, pueden corresponder a límites de grandes estructuras geológicas, o pertenecer a activas zonas de deformación actualmente ocultas a profundidad. Los análisis regionales explican rasgos de la estructura tectónica y de los acontecimientos recientes del Archipiélago Cubano y de la región Caribe, por lo que la utilización de las imágenes espaciales resultan de gran importancia teórico-práctica en los estudios de la zonación metalogénica de Cuba.

ESTUDIO DEL VALOR INFORMATIVO DE LA FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS

Vladimir Mijaliov y Guillermo Bello

Se evalúa el valor informativo de cinco zonas del espectro electromagnético para el reconocimiento o clasificación de un grupo de cultivos, mediante el empleo de los métodos del criterio K y de la entropía condicional media. Se determina una combinación aceptable de tres canales.

ANÁLISIS DE FOTOGRAFÍAS MULTIESPECTRALES TOMADAS SOBRE UNA PLANTACIÓN CAÑERA

Vladimir Mijaliov y Reynel Jiménez

Se estima la influencia de la variedad, cepa, suelo, y edad de un conjunto de campos de caña de azúcar sobre la densidad óptica de las imágenes multiespectrales, en 5 zonas del espectro electromagnético. Se determinan, para el conjunto estudiado, los canales idóneos a utilizar.

INTERPRETACION DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ESPECTROZONALES: SU USO PARA EL LEVANTAMIENTO DE SUELOS

Otto Portuondo y Juan M. Pérez

Se realiza la fotointerpretación del material espectrozonal, impreso en blanco y negro, de la región sureste del pueblo de Melena del Sur, sobre la base de las características de las fotos en relación con diferentes propiedades de los suelos y condiciones naturales. Se confeccionó el mapa de suelos del área y se comparó con el realizado por el Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de Cuba para la confección del Mapa Nacional Genético de los Suelos, a escala 1:250 000.

PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TELEDETECCIÓN EN LOS ESTUDIOS HIDROLÓGICOS EN CUBA

Víctor P. Saltankin, Francisco Rivero, Wilfredo Pérez, y Nancy Mora

Se presentan los métodos utilizados y los resultados preliminares obtenidos en la aplicación de las nuevas técnicas de teledetección en las investigaciones hidrológicas de

Cuba, producto del análisis de los materiales del experimento *Trópico 1* del Programa Intercosmos.

INTERPRETACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ANILLO DEL MACIZO DE RODOPE EN LAS FOTOS AÉREAS

Hernani B. Spiridónov y Francisco Rivero

Como parte de la colaboración entre las Academias de Ciencias de Cuba y de Bulgaria, se realizaron distintos trabajos conjuntos de teledetección durante el año 1977. Uno de ellos, aplicado a las investigaciones geólogo-geomorfológicas, tuvo como objetivo estudiar las estructuras de anillo del Macizo de Rodopes, con ayuda de los medios aerocósmicos, para tratar de definir la relación entre estas estructuras y los yacimientos minerales de dicha región.

Entre las actividades realizadas en Cuba durante 1979, en relación con la percepción remota, se destacó también la celebración, en el mes de mayo, de la 5ta Reunión del Grupo de Trabajo del Programa Intercosmos para el Estudio de la Tierra por Medios Aerocósmicos, que sesionó en la sede central de la Academia de Ciencias, en la Ciudad de La Habana, y en la cual participaron representantes de la República Democrática Alemana, R. P. de Bulgaria, República de Cuba, R. S. de Checoslovaquia, R. P. de Hungría, R. P. de Polonia, R. S. de Rumanía, y la U.R.S.S.