

# Primeros resultados del uso de la imagen sintetizada en las investigaciones geográficas en Cuba

D. S. ASOIAN, FRANCISCO RIVERO y ARMANDO H. PORTELA

## RESUMEN

Como resultado de la colaboración entre las academias de ciencias de Cuba y la URSS, se realizó en Cuba, en 1978, el experimento aéreo "Trópico-1". De los materiales obtenidos, fueron procesadas en la URSS las fotos multiespectrales del sector clave "Los Hoyos", en la Sierra del Rosario, Pinar del Río, para obtener las imágenes sintetizadas, o de "falso color", cuya interpretación geomorfológica y geobotánica es el objeto de este trabajo.

En el proceso de elaboración de estos materiales se combinaron filtros de color verde, azul, y rojo, con los negativos de distintos diapasones espectrales. De las cuatro variantes elaboradas con el sintetizador, se determinó cuál era la más efectiva.

Se observó que cuando las rocas afloran a la superficie o están cubiertas por una delgada capa de sedimentos, aparece un color verde, contrastante con el resto de los colores de la imagen; se diferencian las zonas de pastos, de bosques talados, y de bosques, correspondientes con los colores amarillo, crema claro, y crema denso, respectivamente.

Se recomienda que se elabore la variante determinada como más efectiva a partir de las fotos cósmicas multiespectrales. Los resultados se ajustan a las condiciones de este sector clave.

## 1. INTRODUCCIÓN

A fines de 1977 e inicios de 1978, y como resultado del programa de colaboración INTERCOSMOS de los países socialistas, en el cual participan las academias de ciencias de Cuba y la URSS, se llevó a cabo el experimento "Trópico I", consistente en el levantamiento aéreo multizonal, en varios polígonos dentro del territorio cubano, y la posterior interpretación de los materiales obtenidos, por especialistas de distintas disciplinas científicas. Los primeros resultados de estas investigaciones fueron dados a conocer en el II Forum Científico del Instituto de Investigación Técnica Fundamental (ASOIAN, PORTELA, y RIVERO 1979), celebrado en la Academia de Ciencias de Cuba, en febrero de 1979, durante el cual se hizo evidente

---

Manuscrito aprobado el 20 de febrero de 1980.

D. S. Asoian pertenece al Instituto de Geografía, de la Academia de Ciencias de la URSS. F. Rivero y A. Portela pertenecen al Instituto de Geografía, de la Academia de Ciencias de Cuba.

la necesidad de continuar los experimentos en distintas direcciones, a fin de explorar las posibilidades de su aplicación práctica en Cuba.

Por tal razón, este trabajo surge como continuación del proceso de elaboración de los materiales del levantamiento aéreo multizonal y tiene como objetivo determinar la efectividad de la información ofrecida por las imágenes sintetizadas en las investigaciones geomorfológicas y geobotánicas. Tal investigación se realiza por primera vez en Cuba y requiere de una ulterior extensión a regiones con diferentes características geográficas, para ampliar y completar los resultados preliminares aquí encontrados.

El levantamiento aerofotográfico multizonal, como es conocido, permite obtener imágenes de la superficie de la Tierra en diapasones estrechos, tanto del espectro visible como de la zona del mismo cercana al infrarrojo, lo cual da la posibilidad de distinguir elementos naturales u objetos que, por su capacidad de reflexión en una longitud de onda determinada, son registrados en las imágenes multizontales y no en las pancromáticas empleadas corrientemente en los levantamientos aerofotográficos. Mediante la combinación simultánea de varias imágenes negativas multizontales con filtros de color y empleando un sintetizador, pueden obtenerse las imágenes de "falso color" o sintetizadas, las cuales ofrecen una representación de la superficie, en la que pueden aparecer algunos rasgos no logrados por los métodos anteriores.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración de las imágenes sintetizadas fue realizada en el Instituto de Investigaciones Cósmicas, de la Academia de Ciencias de la URSS, bajo la orientación de D. S. Asoian y F. Rivero, mediante la combinación mutua y con la adición de filtros de color verde, azul, y rojo, de las imágenes negativas de 70 mm, correspondientes a cuatro zonas del espectro visible e infrarrojo cercano y utilizando el sintetizador MSP-4 de la "Carl Zeiss" (Tabla 1).

Las tareas metodológicas consistieron en: (1) Selección de la combinación más efectiva de los elementos integrantes de la imagen sintetizada (diapasones espectrales y filtros de color) para la solución de los problemas geográficos planteados;

TABLA 1. Combinación de diapasones y filtros utilizados. Los ordinales 6, 7, 8, y 9 corresponden al número de los respectivos filtros utilizados en el sintetizador MSP-4 de la "Carl Zeiss".

Variante	Zona Espectral			
	1ª	2ª	4ª	5ª
I	8	7	9	7
II	8	9	9	9
III	7	9	9	9
IV	8	8	6	5

(2) estudio de los rasgos de interpretación de los elementos naturales; (3) análisis comparativo de la información contenida en las imágenes sintetizadas, con respecto a las imágenes pancromáticas; (4) análisis del grado de información de las imágenes sintetizadas a gran escala, para determinar la conveniencia de utilizarlas durante futuros levantamientos cósmicos.

La solución de las tareas expuestas se realizó de la manera siguiente:

1. Se seleccionó el polígono, la ruta de vuelo, y el sector clave, donde serían elaboradas las fotos sintetizadas en correspondencia con los intereses temáticos del Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba y con la experiencia adquirida durante los trabajos de teledetección previamente realizados en la zona. De ello resultó el sector clave de "Los Hoyos", ubicado al N de Soroa, en la Sierra del Rosario, Provincia de Pinar del Río (Fig. 1).
2. Se obtuvieron cuatro variantes de imágenes sintetizadas, a escala aproximada 1:10 000, del mismo sector clave, sobre las cuales fueron definidos los elementos del relieve y la vegetación con distinta representación en cada una de ellas.
3. Se confeccionó el esquema de interpretación geomorfológica en el levantamiento pancromático, a escala 1:37 500, que corresponde con montañas bajas ( $h = 250-300$  m), con desarrollo de formas erosivas y localmente de formas cársicas, elaboradas sobre rocas carbonatadas, terrígenas, y ultrabásicas, en una región de estructura muy compleja (Departamento de Geografía Física, inédito)<sup>1</sup>.
4. Se elaboró el esquema de interpretación geobotánica en la variante III de la foto sintetizada, que corresponde con sectores de pastos y zonas de cultivos; montes

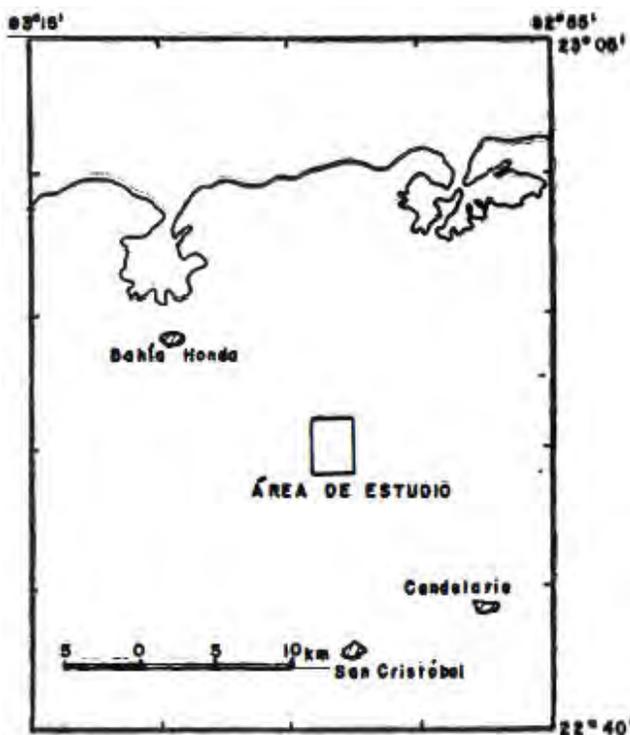


FIG. 1. Mapa de ubicación del sector clave "Los Hoyos".

<sup>1</sup> "Mapa Geomorfológico de Bahía Honda a Cayos Caracoles, a escala 1:100 000".

talados con formación de potreros; montes, en especial semidecuidos; y restos de vegetación xerofítica sobre los afloramientos de rocas en lugares con poco espesor de suelos. Algunos sectores, que corresponden con la sombra del sol en la foto, no se interpretaron debido a que no se distinguen ni los colores ni los límites.

- Se realizó en el campo el reconocimiento de las formas del relieve y la vegetación, para comprobar y complementar los resultados de la interpretación de gabinete, precisar los esquemas elaborados, y determinar los elementos de la naturaleza representados en las imágenes sintetizadas.

### 3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

El análisis comparativo de la representación del relieve y la vegetación, en las variantes I, II, III y IV de las imágenes sintetizadas, demostró que los resultados obtenidos en las combinaciones I, II, y IV no aportan información adicional alguna. La variante III resultó ser la más efectiva, por cuanto en ella se observan con nitidez diferencias en el color, el tono, y la estructura de la foto, que son reflejo directo e indirecto de las condiciones variables de la vegetación y de la distribución de los afloramientos rocosos; por consiguiente, el análisis posterior debe hacerse empleando esta variante (Tabla 2).

TABLA 2. Información brindada por las imágenes sintetizadas o de falso color. 0, no se distingue; +, se distingue algo; ++, se distingue bien.

Objetivos en el sector clave	Variante			
	I	II	III	IV
Afloramientos de rocas, o rocas muy próximas a la superficie	0	0	++	0
Cauce de los ríos	0	0	+	0
Terrazas fluviales	0	0	0	0
Pendientes (con trabajos de campo)	+	+	+	+
Pastos	0	0	++	0
Monte semidecuido	0	+	++	0
Zona de monte talado con formación de potreros	+	0	++	0
Vegetación de galería	0	0	+	0
Vegetación xerofítica	0	0	++	0
Caminos	+	+	++	0
Terrazas antierosivas	++	+	++	0

### 3.1 Relieve

El sector clave considerado lo componen montañas bajas ( $h = 250-300$  m) con desarrollo de formas erosivas: valles profundos en formas de "V" con terrazas estrechas erosivas y acumulativas, cañadas rectas y profundas, surcos y cárcavas; formas cárnicas; depresiones de 1 a 3 ha en forma de embudo situadas en los parteaguas, a 400 m de altura, y algunas elevaciones cónicas; y deslizamientos y desmoronamientos en las pendientes y restos de superficies de nivel en los parteaguas. Todo este complejo está desarrollado sobre rocas carbonatadas, terrígenas y ultrabásicas del Cretácico y del Jurásico, que se distinguen con claridad en el relieve por su forma, profundidad, y densidad en la disección, y se presentan en un cuadro tectónico-estructural muy complejo.

El análisis realizado reveló que los afloramientos de roca, o la proximidad de éstas a la superficie por cuenta de una capa de sedimentos poco potentes (algunos centímetros), se destacan en la variante III de las imágenes sintetizadas por el color verde uniforme o granulado, dependiendo del grado de cobertura vegetal, contrastante con los colores crema y amarillo que dominan el resto de la imagen. Estos afloramientos pueden ser de rocas ultrabásicas (serpentinitas y peridotitas) o de calizas, y se encuentran en pendientes mayores de  $10^\circ$ , sometidas a fuertes procesos erosivos y denudativos, que producen formas como deslizamientos, desmoronamientos, y pies de cabra, y pueden estar cubiertos por una delgada capa de deluvios e incluso coluvios de variada textura; también en las terrazas erosivas y erosivo-acumulativas, donde la roca madre está expuesta o donde hay abundancia de bloques sueltos en la superficie, la imagen toma un color verde granulado, por cuenta de la interferencia de los bosques en galería.

### 3.2 Vegetación

El análisis geobotánico se realizó en la variante III, por ser ésta la que ofrecía mayores diferencias de tonalidad y textura en sus colores.

Las principales formaciones vegetales que aparecen en las distintas localidades del sector clave estudiado son las siguientes: vegetación xerofítica, vegetación de galería, restos de montes semidecíduos, y zonas de pastos y cultivos.

La vegetación xerofítica se desarrolla sobre rocas ultrabásicas y presenta gran desarrollo de potreros producto de las talas de que fueron objeto; corresponde en la imagen con el color verde uniforme. La misma presenta en las depresiones y cañadas, donde hay mayor acumulación de materia orgánica, una vegetación de galería, que no logra influir sobre esa tonalidad del color.

Los restos de montes semidecíduos toman en la imagen sintetizada un color crema oscuro, que contrasta con el color crema claro que pre-

sentan estos bosques cuando fueron parcialmente talados y en los cuales se han desarrollado potreros.

La vegetación de galería, que no está ampliamente distribuida en este sector clave y que ha sido muy alterada antrópicamente, no adquiere una tonalidad determinada en la imagen sintetizada, aunque es en esta variante donde mejor se distingue.

Por su parte, las zonas de pastos y cultivos toman un color amarillo en la imagen, pero no se logra diferenciar las áreas que corresponden a cada uno de ellos.

#### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- A. Del análisis de las cuatro variantes obtenidas a partir de la combinación de las imágenes de las zonas espectrales 1ª, 2ª, 4ª y 5ª del levantamiento aerofotográfico multizonal, con filtros de color verde, rojo, y azul, resultó más conveniente la variante III: porque (1) ofrece una información importante cuando se trata de distinguir o ubicar los afloramientos rocosos, allí donde existan las condiciones del sector clave analizado, por el color verde con que se destacan; y porque (2) permite delimitar las zonas de pastos, de bosques talados con formación de potreros, y de montes semidecíduos (en el caso de la zona estudiada), por las distintas coloraciones: amarillo, crema claro, y crema oscuro, que respectivamente obtienen estos objetos en la foto sintetizada durante los estudios geobotánicos.
- B. Es necesario extender esta experiencia a otras áreas con diferentes condiciones geográficas, a fin de comparar sus resultados y lograr una clave más amplia para el desciframiento de estas imágenes.
- C. A partir de las fotos cósmicas multiespectrales que sean obtenidas en lo sucesivo, debe elaborarse la misma variante que la imagen multizonal sintetizada encontrada aquí como más efectiva, para, luego de la correspondiente comprobación en el campo, introducir estos resultados en el estudio de otros territorios mucho más amplios del País.

#### **RECONOCIMIENTO**

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los compañeros del Departamento de Teledetección del Instituto de Investigación Técnica Fundamental, por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación, en especial al facilitarnos los materiales fotográficos utilizados, y a los compañeros del Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía, por las sugerencias realizadas.

#### **REFERENCIAS**

- ASOIAN, B., PORTELA, A., y RIVERO, F. (1979): *Primeros resultados del uso del levantamiento aerofotográfico multizonal (LAM) en las investigaciones geográficas*. Memorias de la II Jornada Científica del ININTEF, La Habana, pp. 214-217.

## **ABSTRACT**

In 1978, the experiment "Tropic-1" was performed as a result of the collaboration between the Academy of Sciences of Cuba and the Academy of Sciences of the USSR. The multispectral photographs of "Los Hoyos" key sector, in the Sierra del Rosario, Pinar del Rio, were processed in the USSR in order to obtain the synthesized or "false color" images, whose geomorphological and geobotanical interpretation constitutes the object of this investigation. Through the process of elaboration of these materials, the red, blue, and green filters were combined with negatives of different spectral tuning forks. Of the four variants worked out with the synthesizer, the most effective one was determined.

It was observed that the outcrops, or the proximity of them in the surface covered by thin layers of sediment, appeared in a green color which contrasts with the rest of the colors of the image. Pasture zones, as well as chopped woods and woods themselves, were differentiated taking into consideration the yellow, light beige, and dark beige, colors, respectively.

It is recommended to elaborate the most effective variant, beginning with the multispectral cosmic photographs which complement this work. At present these results adjust themselves to the specific conditions of the key sector already studied.

**CDU 910.25(729.1):528.77**