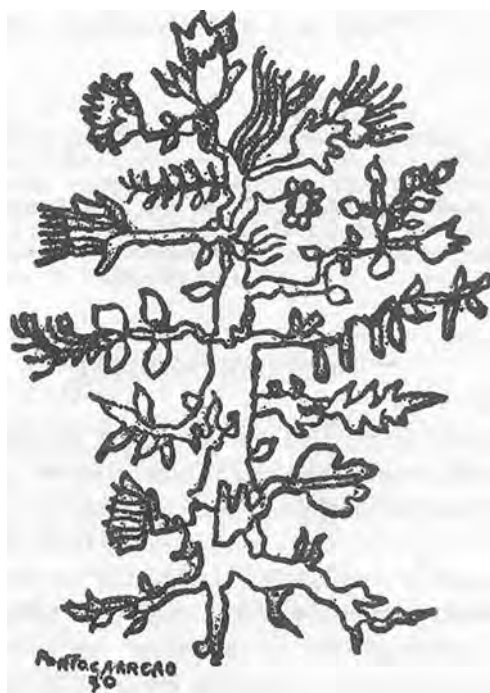


ACTA BOTANICA CUBANA



No. 65

20 de octubre de 1988



ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

Aplicación del análisis cósmico multizonal al estudio de la vegetación del Parque Baconao, Santiago de Cuba*

René P. CAPOTE,** Elisa E. GARCIA,**
Roberto VANDAMA** y José ORO***

RESUMEN. Se identifican las diferentes unidades de vegetación del Parque Baconao, en Santiago de Cuba, mediante la utilización de materiales cósmicos multizonales; esto permite obtener una evaluación general preliminar de los principales tipos de vegetación de esta área protegida y establecer sus relaciones con las formaciones geológicas existentes. Se reportan por primera vez los resultados obtenidos mediante la síntesis de materiales cósmicos con el proyector MSP-4C para estudios de vegetación en Cuba.

INTRODUCCION

La teledetección permite establecer análisis de la biosfera como un sistema global, y es un medio eficaz para hacer generalizaciones compatibles con la evolución de los elementos constitutivos de la misma (UNESCO, 1971).

El establecimiento de caracteres sintomáticos o rasgos para el descifrado de imágenes obtenidas por teledetección puede aplicarse al estudio de los recursos naturales; en investigaciones botánicas, permite caracterizar, entre otros aspectos, unidades de vegetación (bosques, matorrales, áreas de cultivos, etcétera), dinámica de comunidades vegetales, el reconocimiento de algunas especies, así como su estado fisiológico.

Las experiencias en la aplicación de estas técnicas se han desarrollado mayormente en los países templados, en los que la vegetación es más homogénea y los bosques presentan una o pocas especies dominantes (UNESCO, 1968; NASA, 1970).

*Manuscrito aprobado en noviembre de 1986.

**Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias de Cuba.

***Instituto de Geología, Ministerio de la Industria Básica.

La vegetación tropical, por el contrario, presenta dificultades para su estudio, principalmente en relación con su gran diversidad florística y, en ocasiones, por las dificultades de acceso a las áreas de interés. Sin embargo, por su importancia como recurso natural, la investigación de estas áreas tiene mayor prioridad, dada la necesidad de encontrar técnicas rápidas y eficaces para su evaluación periódica, así como para lograr un uso racional de las mismas; de ahí la importancia de la aplicación de los métodos aerocósmicos en el estudio de la cobertura vegetal.

Se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con la utilización de la teledetección en los estudios de la vegetación tropical (UNESCO, 1968; Soto *et al.*, 1976, 1978). En Cuba, podemos citar los trabajos de Báez (1979), Urbino y Menéndez (1979), Vilamajó y Menéndez (1982, en prensa), Menéndez y Urbino (1983) y Vilamajó y Urbino (1983). A través de estos resultados, se ha logrado conocer los rasgos para el descifrado de diferentes tipos de vegetación mediante el uso de imágenes multizonales aéreas y cósmicas.

Actualmente el Parque Baconao constituye un sitio de interés dentro del Área Protegida Sierra Maestra, en la cual se llevan a cabo estudios multidisciplinarios para evaluar y planificar el uso de sus recursos naturales. La misma abarca diferentes grupos orográficos: Sierra de la Gran Piedra, Altiplanicie de Santa María del Loreto, Meseta de Santiago de Cuba y Sierra La Larga.

La región comprendida entre las bahías de Santiago de Cuba y Guantánamo pertenece a la zona estructuro-facial Caimán (Furrazola-Bermúdez *et al.*, 1964; Nagy *et al.*, 1976); se halla constituida por las rocas del arco volcánico del Palcógeno, con una dirección estructural que forma un ángulo agudo con la dirección cubana y está superpuesto a las rocas de esta dirección. Desde el punto de vista estructural, conforman un complejo de unidades que presenta desde plegamientos lineales intensos hasta suaves estructuras monoclinales, principalmente en el extremo oriental de la región, que es el de estructura más simple.

El objetivo del presente trabajo consiste en identificar las diferentes unidades de vegetación presentes en el área del Parque Baconao, Santiago de Cuba, mediante la utilización de caracteres sintomáticos o rasgos característicos a partir de materiales cósmicos multizonales; esto permite obtener una evaluación general preliminar de los principales tipos de vegetación de esta área protegida.

la que servira como complemento a los estudios de flora y vegetación que se vienen realizando, en base del interés que presenta.

MATERIALES Y METODOS

La realización de este trabajo se fundamenta en el análisis de gabinete de materiales cósmicos multizonales para el descifrado de los síntomas característicos de diferentes unidades de vegetación, el cual se compara con la evaluación y clasificación de campo de las formaciones de la sección W del Parque Baconao efectuadas anteriormente.

Los materiales cósmicos utilizados fueron los siguientes: foto sintetizada con el proyector MSP-4C, a partir de los canales 6 (filtro rojo, 780-860 nm) y 4 (filtro verde, 640-680 nm), con 1 tiempo de exposición, escala 1:600 000, aproximadamente, tomada con la cámara MKF-6M durante el experimento "Trópico III" y evaluada visualmente con ayuda de una lupa; imagen MSS del LANDSAT 2 en la banda 5 (600-700 nm), escala 1:400 000, aproximadamente, tomada el 28 de marzo de 1976, perteneciente al Proyecto ERTS de la NASA, y evaluada visualmente con ayuda de una lupa; positivos de fotos multizonales tomadas con la cámara MKF-6M durante el experimento "Trópico III", de los canales 2 (520-560 nm), 3 (580-620 nm), 4 (640-680 nm) y 6 (780-860 nm), escala original 1:3 000 000, aproximadamente, y ampliada cinco veces, ya que fueron trabajadas en el proyector MSP-4C del Instituto de Geofísica y Astronomía, de la Academia de Ciencias de Cuba. En la síntesis no se utilizaron los positivos de los canales 1 (460-500 nm) y 5 (700-740 nm), pues por dificultades en el proceso de revelado no se presentan suficientemente nítidas las cruces de registro, aunque, al igual que el resto de los canales, fueron evaluados aisladamente.

La fotoidentificación de los rasgos del descifrado se basó en las diferencias cromáticas y los tonos de grises, según el caso.

Se confeccionaron esquemas de la distribución de las unidades de vegetación. La evaluación de la vegetación del área se realizó mediante colectas, listas florísticas y perfiles esquemáticos efectuados durante las comprobaciones de campo para diferenciar las formaciones vegetales de la sección W del Parque Baconao.

Igualmente, para el descifrado geológico se utilizaron imágenes MSS del LANDSAT en las bandas 4 (500-600 nm), 5 (600-700 nm), 6 (700-800 nm) y 7 (800-1 100 nm), así como fotos tomadas con las cámaras KATE-140 y MKF-6M (banda 4).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La Tabla 1 muestra las diferencias cromáticas obtenidas al analizar la foto sintetizada en el MSP-4C, a partir de los canales 6 y 4, escala 1:600 000, aproximadamente. Las diferencias cromáticas obtenidas en la síntesis se corresponden con diferentes unidades de vegetación, las cuales se aprecian como grupos fisionómicos diferentes en función de su distribución (Fig. 1).

El descifrado (con ayuda de una lupa) de la imagen MSS del LANDSAT 2 en la banda 5 permitió identificar las unidades de vegetación sobre la base de las diferencias en los tonos de grises (Tabla 1). Se confeccionó un esquema de la distribución de las unidades de vegetación (Fig. 2).

Tabla 1. Correspondencia entre las unidades de vegetación y las diferencias cromáticas.

| Unidades de vegetación | Colores identificados | Tonos de grises |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| Vegetación de costa arenosa o áreas desprovistas de vegetación | Verde | Gris muy claro |
| Vegetación arbóreo-arbustiva costera y subcostera | Verde moteado en negro | Gris |
| Vegetación secundaria arbóreo-arbustiva | Amarillo | Gris claro |
| Vegetación secundaria alternando con elementos de vegetación natural submontana | Amarillo jaspeado en rojo | Gris jaspeado en gris claro |
| Vegetación montana (pinares, pluvisilvas y bosque nublado) | Rojo a rojo intenso | Gris oscuro a negro |

Las unidades de vegetación identificadas en la Tabla 1 se corresponden con diferentes tipos de formaciones vegetales, de las cuales damos a continuación una breve descripción fisionómica.

Vegetación de costa arenosa. Formada por plantas herbáceas y sufruticasas dispersas, entre las que pueden aparecer especies arbóreas de manglares o de uva caleta.

Bosque arbustoso o matorral xeromorfo costero y subcostero. Bosque arbustoso o matorral con arbustos y árboles pequeños, achaparrados, con elementos deciduos, mayormente esclerófilos y espinosos, presencia de suculentas que pueden llegar a ser abundantes, palmas, herbáceas y lianas.

Vegetación de costa rocosa. Comunidades abiertas, con suculentas grandes y pequeñas, herbáceas y arbustos pequeños (a veces achaparrados).

Manglar. Estrato arbóreo de 8 a 12(15) m de altura; presenta raíces zancudas y neumatóforos, sin estrato arbustivo, con herbáceas y trepadoras. Se le encuentra en costas bajas y cenagosas.

Bosque de galería. Estrato arbóreo de 15 a 20 m, condicionado



Fig. 1. Esquema de la vegetación a partir de la foto sintetizada de los canales 4 y 6.

a las orillas de ríos y arroyos, con palmas, estrato arbustivo, hierbas, lianas y epífitas.

Pinar. Bosque con un estrato arbóreo de árboles aciculifolios, estrato arbustivo y herbáceo, pocas epífitas y lianas.

Pluviisilva. Bosque sin elementos caducifolios, aunque puede presentar emergentes deciduos, con abundancia de epífitas; con arbustos, herbáceas y trepadoras. Se desarrolla en zonas de altas precipitaciones.

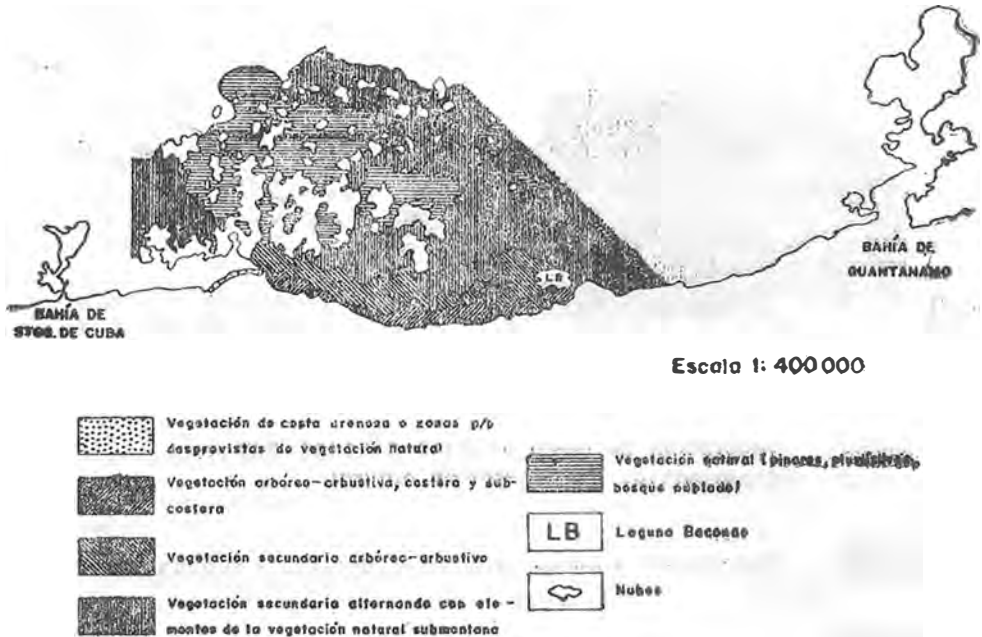


Fig. 2. Esquema de la vegetación a partir de la imagen MSS del LANDSAT-2 en la banda 5.

Bosque nublado. Bosque con estrato arbóreo de 8 a 12 m, estrato arbustivo denso y estrato herbáceo con abundancia de briófitos y epífitas. Se desarrolla alrededor de los 1 200 m snm, en la Sierra de la Gran Piedra.

Además, se presentan áreas de bosques y matorrales secundarios que alternan con áreas de vegetación sabanosa. Esta vegetación secundaria se caracteriza por un estrato arbustivo en el que aumenta el número de individuos y tiene gran abundancia de trepadoras, pero, sobre todo, por la presencia de especies heliófilas.

Estas formaciones aparecen en diferentes secciones geológicas. Desde la región de Pílon hasta las cercanías de la Bahía de Guantánamo se observan rocas efusivas de composición media y básica, tobas cristaloclásticas, vitroclásticas e intermedias entre estos tipos, ignimbritas, lavas andesíticas y lentes de calizas de origen marino, entre otras variadas litologías. Su espesor es del orden de los miles de metros y su edad oscila entre la base del Paleoceno, y posiblemente el Cretácico Superior, hasta el Eoceno Medio. Forma el grupo montañoso de la Gran Piedra.

Directamente encima de la anterior unidad yacen calizas de color blanco, crema y rosado, carsificadas, duras, con estratificación gruesa y mal manifestada. Presenta horizontes con mineralización de óxidos de manganeso. Su edad, datada por una rica fauna, es del Eoceno Medio.

Los conglomerados Camarones ocupan la totalidad de la Meseta del Loreto (o Sierra de los Ciegos); están formados por cantos de vulcanitas y, en menor medida, por calizas y granitoides de las pequeñas intrusiones de la zona de la Gran Piedra (Olimpo, Juruaguá, etcétera). Continúa el corte con areniscas y aleurolitas que se alternan con materiales argilíticos, particularmente en la cuenca de Guantánamo. Su edad es del Eoceno Superior.

En esta área se observan interesantes rasgos geológicos de la corteza terrestre. Del mayor interés resultan los numerosos lineamientos de gran extensión, que conforman dos sistemas: (a) Latitudinal-sublatitudinal y (b) Submeridional.

Los lineamientos que integran el primer sistema están vinculados con los movimientos de la fase laramíca y están extendidos hacia el *N*, cortando a las rocas del llamado eugeosinclinal cubano (arco volcánico del Cretácico y complejo ofiolítico oceánico). Los del segundo sistema son más jóvenes, interceptan, y dividen a los anteriores, y están asociados al plumaje de la gran falla regional Bartlett Norte.

Particular importancia tiene la estructura semianular que rodea por el *N* a la Bahía de Santiago de Cuba y al macizo montañoso de la Gran Piedra, y otra, más al *N*, que va desde el *NE* de la Bahía de Santiago hasta la zona de Yateritas, rodeando las elevaciones de la Sierra del Guaso. El flanco *S* de ambas estructuras se encuentra desplazado y sumergido por la falla Bartlett Norte (Fig. 3).

Partiendo de positivos de fotos cósmicas multizonales tomadas durante el experimento "Trópico III", se realizó un análisis comparativo de los diferentes canales espectrales, con vistas a diferenciar las unidades de vegetación según los rasgos característicos. Al respecto, el canal 4 mostró rasgos claramente destacables; los canales 3 y 5, rasgos suficientemente destacables; y los canales 1, 2 y 6, rasgos no destacables. (Nótese que la mejor diferenciación de las unidades se logró solo en el canal 4.)

Mediante el proyector MSP-4C, y utilizando simultáneamente los positivos de los distintos canales, pudimos obtener diferentes

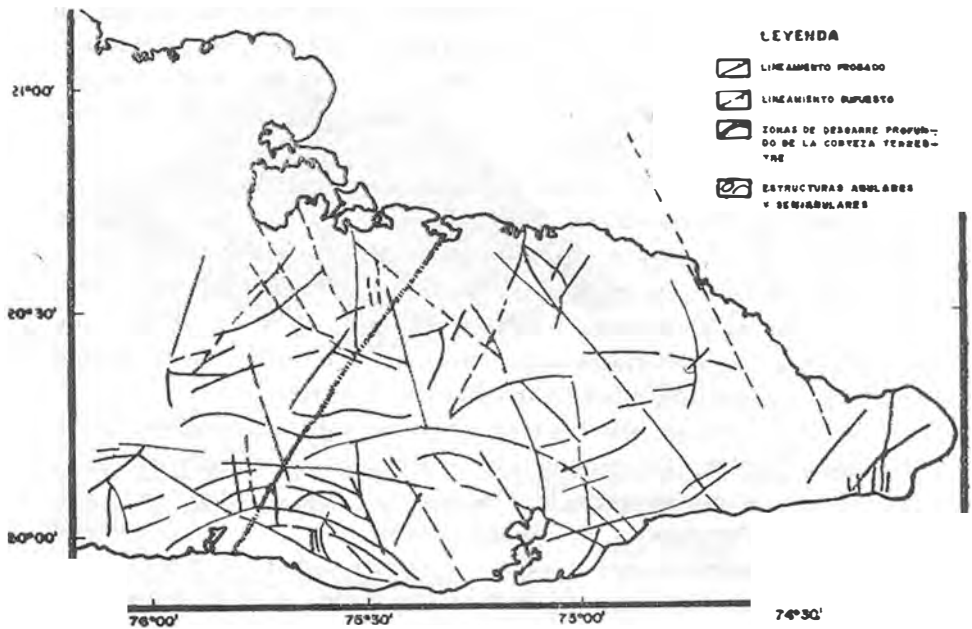


Fig. 3. Principales lineamientos de la región oriental de Cuba.

combinaciones de imágenes, que resultan adecuadas para el estudio de la vegetación de la zona de interés. Para la síntesis, no se emplearon los canales 1 y 5, por las causas explicadas en Materiales y Métodos. La Tabla 2 muestra las combinaciones de canales,

Tabla 2. Combinaciones de canales-filtros-brillo realizados en el MSP-4C, partiendo de los positivos de fotos cósmicas multizonales del experimento "Trópico III". Filtros: 9, rojo; 8, naranja; 7, verde intenso; 6, verde; 5, azul; 4, violeta; 0, blanco. Brillo: (0) máximo, (1) 25%, (2) 50%, (3) 75%.

| Combinaciones | Canales | | | |
|---------------|---------|-------|-------|-------|
| | 2 | 3 | 4 | 6 |
| 1 (óptima) | 5 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 8 (0) | 7 (3) | 9 (0) | 6 (1) |
| 3 | 9 | 8 | 7 | 5 |
| 4 | 5 | 4 | 0 | 9 |
| 5 | 5 (1) | 7 (0) | 8 (2) | 0 |

filtros y diferencias en el brillo, que resultaron adecuadas entre las que se ensayaron, y que aparecen en orden decreciente a partir de la óptima.

Los resultados obtenidos sobre la base de los diferentes materiales utilizados, de forma aislada o sintetizados, son muy similares (Figs. 1-2); en ambos casos se pudieron delimitar las mismas unidades, las que fueron identificadas con la ayuda de las comprobaciones de campo. Las áreas identificadas como de vegetación secundaria constituyen una excepción; estas se reconocen en tres tipos diferentes dentro de la leyenda en ambas figuras; sin embargo, a diferencia de la Fig. 2, en la Fig. 1 pudo particularizarse con mayor detalle el primer tipo de la leyenda. Estas diferencias son atribuibles, en nuestra opinión, a las características particulares de los materiales utilizados (foto sintetizada e imagen MSS, respectivamente).

Una de las ventajas fundamentales de estos métodos radica en que permiten generalizar la información al resto de la región aún no muestreada por evaluaciones de campo.

Es indiscutible que la síntesis cromática efectuada mediante el proyector MSP-4C posibilita identificar más rápidamente las unidades de vegetación, pues resultan más evidentes las diferencias cromáticas que en el caso del análisis mediante el uso de la gama de los tonos de grises.

En los trabajos realizados anteriormente (Vilamajó y Menéndez, en prensa) se ha reportado que para las formaciones vegetales con predominio de plantas herbáceas el canal más útil es el 4, y en el caso de las formaciones arbustivas siempreverdes, mayormente micrófilas y mesófilas, los mejores resultados se obtienen en los canales 4 y 5. En las formaciones de bosques, el más adecuado es el 5, y para la vegetación de manglar y matorral litoral, el 6. Estos resultados se plantean para fotos aéreas multizonales tomadas con la cámara MKF-6M.

Mediante fotos cósmicas multizonales sintetizadas de los canales 2, 4 y 6, Rivero (1982) reportó la utilización de la vegetación como un elemento importante para delimitar los paisajes geográficos, y distinguió en la franja costera de Tortuguilla a Maisí, en la Provincia de Guantánamo, cuatro tipos de paisajes, los que se corresponden con diferentes formaciones vegetales.

Nuestros resultados son afines a los reportados en la literatura, fundamentalmente para fotografías aéreas multizonales. En el

área de estudio, al analizar aisladamente los diferentes canales de fotos cósmicas multizonales de la MKF-6M, el canal 4 resultó el más adecuado, al igual que la imagen MSS de LANDSAT 2 en la banda 5, pues los rasgos de la vegetación son claramente destacables. Además, los canales 3 y 5, aunque no fueron óptimos, permitieron, en este caso, obtener diferencias suficientemente destacables. Los canales 1, 2 y 6 no resultaron útiles para identificar unidades de vegetación.

Anteriormente no se había reportado para Cuba un análisis de vegetación mediante materiales cósmicos sintetizados. La síntesis de los canales 2, 3, 4 y 6, con los filtros azul, verde intenso, naranja y rojo, respectivamente, usando el máximo brillo en cada caso, resultó una combinación óptima para identificar comunidades vegetales en el área de interés, logrado con el proyector MSP-4C.

La utilización de materiales cósmicos multizonales permitió obtener una evaluación general preliminar de los principales tipos de vegetación o grupos de formaciones vegetales del área de interés, con lo cual se pudo generalizar adecuadamente la información obtenida. Debemos señalar que la utilización de estos métodos no elimina la necesidad de realizar investigaciones de campo, al igual que la utilización de materiales aerocósmicos a diferentes escalas, para diferenciar los rasgos característicos de las diferentes comunidades vegetales.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a los compañeros Otto Portuondo, Manuel González y Francisco Rivero, del Instituto de Geofísica y Astronomía, de la Academia de Ciencias, la ayuda brindada en relación con el uso de los materiales e instalaciones de dicho instituto. Al dibujante Gustavo Vega, la confección de las ilustraciones.

REFERENCIAS

- Báez, R. (1979): Utilización de fotografías aéreas multiespectrales para la fotointerpretación de macizos boscosos. En *Experimento Trópico I. Primeros resultados*, Comisión Intercosmos, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, pp. 16-19.
- Furrazola-Bermúdez, G., C. M. Judoley, M. S. Mijailovskaya, Y. S. Miroljubov, I. P. Novojatsky, A. Núñez, y J. B. Solsona (1964): *Geología de Cuba*. Editora del Consejo Nacional de Universidades, La Habana, 239 pp.
- Menéndez, L., y J. Urbino (1983): Estudio de pinares, bosques latifolios y vegetación herbácea, mediante la aplicación de métodos de teledetección. En *Primer Simposio Nacional sobre Investigaciones Espaciales*, La Habana (Comisión Intercosmos, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana), *Memorias*, p. 52.

- Nagy, E., K. Brezsnýánszky, G. Radócz, F. Formell-Cortina, *et al.* (1976): "Texto explicativo del mapa geológico de Oriente, a escala 1:250 000" [inédito], Instituto de Geología, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- NASA (1970): *Ecological surveys from space*. Scientific and Technical Information Division, Office of Technology Utilization, Washington, D.C., SE-230, 25 pp.
- Núñez Jiménez, A. (1972): *Geografía de Cuba. Las regiones naturales. Segunda parte*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, pp. 212-238.
- Rivero Reyes, F. (1982): Uso de las fotografías cósmicas multiespectrales sintetizadas en el estudio de los paisajes geográficos de la franja costera de Maisí a Tortuguilla, Provincia de Guantánamo. En *Tercera Jornada Científica del ININTEF*, La Habana (Academia de Ciencias de Cuba, La Habana), *Memorias*, pp. 95-99.
- Soto, M. A., A. Gómez-Pompa, F. Menéndez, y G. Arp (1976): Uso de satélites para el estudio de la vegetación tropical. *Ciencia y Desarrollo*, 2(7):3-6.
- Soto, M. A., F. Lozano, C. Mejias, L. Dicz, y M. Medina (1978): Mapeo de zonas tropicales de vegetación en el Estado de Veracruz, México. En *International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Manila, 20-26 de abril, pp. 3-6.
- UNESCO (1968): Aerial surveys and integrated studies. En *Proceedings of the Toulouse Conference*, Francia, pp. 187-207.
- (1971): Teledetección. En *MAB. Primera reunión. Informe final*, pp. 47-51.
- Urbino, J., y L. Menéndez (1979): Aplicación de métodos de teledetección a estudios de vegetación en Cuba. Análisis multiespectral. En *Experimento Trópico I. Primeros resultados*, Comisión Intercosmos, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, pp. 57-60.
- Vilamajó, D., y L. Menéndez (1982): Estudio de la vegetación de los cayos de la costa norte de Matanzas mediante análisis multiespectral. En *Tercera Jornada Científica del ININTEF*, La Habana (Academia de Ciencias de Cuba, La Habana), *Memorias*, pp. 79-84.
- (en prensa): Caracterización botánica mediante materiales aerocósmicos en las condiciones de Cuba. *Acta Bot. Cubana*.
- Vilamajó, D., y J. Urbino (1983): Estudio de la vegetación de ciénaga mediante métodos de teledetección. En *Primer Simposio Nacional sobre Investigaciones Espaciales*, La Habana (Comisión Intercosmos, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana), *Memorias*, p. 51.

ABSTRACT. Different vegetation units from Baconao Park, at Santiago de Cuba, are identified by means of cosmic multizonal materials; this allows to obtain a main preliminary evaluation of the principal vegetation types in this protected area and correlate these results with the geological formations. For the first time the synthesis of cosmic materials were employed by the use of the MSP-4C projector to study the Cuban vegetation.