

APORTE DE LA TELEDETECCION A LA GEOMORFOLOGIA

Salomón B. Kroonenberg*

RESUMEN

La perspectiva vertical, la visión estereoscópica y el amplio manejo de escalas ofrecidas por las imágenes obtenidas de sensores remotos las hacen herramientas imprescindibles en el estudio de las geoformas, su distribución y su origen. La determinación de los materiales asociados con estas formas puede lograrse, hasta cierto punto, en combinación con el diseño de las geoformas. En ambos casos, es necesaria la intervención de un geomorfólogo para la interpretación de los datos de carácter espacial y espectral; las técnicas de realce digital pueden mejorar la eficiencia del intérprete. La repetición de toma de datos de una misma área permite analizar la evolución de las geoformas y por lo tanto algunos aspectos de los procesos que intervienen en ella. Se ilustran estos comentarios con ejemplos en varias regiones de Colombia.

ABSTRACT

The vertical perspective, stereoscopy, and the wide range of scales, offered by remote sensing imagery, make of them an indispensable tool for the study of geoforms its distribution and its origin. Determination of materials associated to these forms, can be obtained, up to some extent, in combination with the design of the geoform. In both cases, it is necessary to have the assistance of a geomorphologist for interpreting the spectral and special data; the technology for digital enhancement of data, can improve the efficiency of the interpreter. Repetitive data acquisition over the same area, allows to analyze the geoforms evolution, and then, some aspects of the processes conditioning it. These comments are illustrated with some examples from several regions in Colombia.

1. INTRODUCCION

La Geomorfología es la ciencia que se ocupa del estudio de las formas de la superficie terrestre, o sea las **geoformas**, incluyendo no solo la descripción y la clasificación de las formas del terreno, sino también la interpretación de su génesis y la predicción de su desarrollo en el futuro. Básicamente se puede subdividir el objeto de estudio en tres categorías:

- Las **formas** mismas, su geometría, tamaño, distribución, patrones.
- Los **materiales** que constituyen las geoformas (rocas, suelos, sedimentos).
- Los **procesos** que son responsables de la formación de las geoformas.

En otras palabras se puede decir que las **geoformas** se originan por la actuación de **procesos sobre materiales** en la superficie terrestre. ¿Qué información suministrada por

* Centro Interamericano de Fotointerpretación, apartado aéreo 53754 Bogotá, Colombia (hasta de agosto de 1982).

los sensores remotos nos puede ayudar en el estudio del relieve? Los tipos de información obtenidos por los sensores remotos son:

- **Información espacial:** Trata de la geometría de los objetos, de su ubicación y distribución en el espacio; esta información ayuda más que todo en el estudio de las formas mismas.
- **Información espectral:** Se refiere a la interacción de los materiales de la superficie terrestre con la radiación electromagnética, como la absorción, la reflexión y la emisión de energía solar, energía térmica, rayos radar, etc., y que se expresa en diferentes tonos de gris en imágenes blanco y negro y en diferentes colores en imágenes de color natural o falso color. Esta información es necesaria para el estudio de los materiales de interés geomorfológico.
- **Información temporal:** Se refiere a los cambios que se pueden producir en las características espaciales y espectrales del terreno, tales como se manifiestan en tomas repetidas de la misma zona. Este tipo de información nos sirve sobre todo para estudiar los procesos geomorfológicos, y no solo como estos se han desarrollado en el pasado, sino también para pronosticar cambios en el futuro y para evaluar qué impacto tendrán estos cambios sobre las actividades humanas.

A continuación se estudiará más detalladamente el aporte de estos tres tipos de información teledetectada a la geomorfología, citando especialmente ejemplos colombianos.

2. INFORMACION ESPACIAL

2.1 Perspectiva

Hasta la llegada de las fotografías aéreas, la geomorfología fue una ciencia exclusivamente campestre, y pudo desarrollarse principalmente por la curiosidad y la sabiduría de exploradores que disponían de suficientes medios económicos para viajar donde les daba gusto, o sea viajaron con propósitos no-científicos sino más bien políticos, estratégicos o económicos. Las observaciones de estas personas en el terreno han permitido la formulación de muchos principios fundamentales, que todavía forman la base de la geomorfología. Sin embargo, para hacer estas observaciones en zonas montañosas, a menudo se tenía que trepar las cumbres más altas para obtener una vista panorámica, y aún entonces otras montañas tapaban la vista de zonas más alejadas. Por otra parte, en terrenos planos no había de donde observar el terreno en su conjunto. Además, era imposible obtener un vistazo de una geoforma sin la fuerte distorsión que lleva consigo la observación terrestre. Fueron precisamente estos inconvenientes los incentivos más fuertes para los pioneros de la fotografía aérea y vale la pena mencionar que, hace poco, un arqueólogo colombiano comentaba que había aprendido a manejar un globo con el solo objetivo de poder tomar fotografías aéreas de sitios arqueológicos a muy grande escala.

La perspectiva vertical, presentada por la mayoría de las imágenes, ofrece tan grandes ventajas en la observación del terreno, que hoy día parece inconcebible que un estudio geomorfológico regional no utilice este recurso. Se pueden estudiar las geoformas con sus contornos verdaderos con una precisión geométrica mapeable y medible y las deformaciones inherentes a la fotografía aérea son calculables y corregibles. La observación estereoscópica permite la visión y medición de la tercera dimensión.

Como ejemplo en terreno plano se puede citar el de los médanos de los Llanos Orientales, fenómenos de gran longitud pero de escaso relieve, que a menudo pasan desa-

percibidos en el terreno. Su origen se debe a que, durante períodos áridos, en el Pleistoceno, el viento pudo arrastrar las arenas de los cauces secos de los ríos y redistribuirlas en médanos con una orientación al suroeste. Ahora que han vuelto condiciones climáticas más húmedas, las dunas ya no son activas en la mayoría de los casos, y la reorganización de la red de drenaje borró la relación entre los médanos y los antiguos cauces. El desenlace de tales relaciones hubiera sido muy difícil sin la ayuda de las fotografías aéreas e imágenes de satélite, ya que no hay de donde observar estas geoformas en su conjunto en las vastas llanuras (Forero, 1978; Khobzi, 1981).

Como ejemplo en una zona montañosa, se puede citar el caso del volcán Merenberg en la cuenca del río de La Plata, en el sur del departamento del Huila. Se trata de una colina con una altura de 2.500 msnm. que apenas se destaca unos 100 m. sobre el relieve circundante como una meseta ligeramente inclinada. Esta colina, conocida desde mucho tiempo por la belleza de su vegetación selvática, protegida por el Inderena, fue definida recientemente en las fotografías aéreas como un antiguo volcán, cuya forma cónica probablemente fue destrozada durante una erupción violenta, dejando como único testigo los contornos circulares de la zona central pantanosa, y unos pocos flujos de lava parcialmente cubierto con vegetación tupida. En el terreno, es poco lo que hace pensar en un antiguo aparato volcánico, pero en las fotografías aéreas se lo identifica como tal inequívocamente, y sin esfuerzo (Kroonenberg y otros, 1981).

2.2 Escala

Existen geoformas de todos los tamaños, desde ondulitas medidas en centímetros, hasta continentes medidos en miles de kilómetros. Las más pequeñas, como las ondulitas, necesitan observación de terreno para su identificación. La resolución de las fotografías aéreas, aun de gran escala, generalmente no es suficiente para distinguirlas. Existe entonces una cierta relación proporcional entre el tamaño de la geoforma y la escala de la observación, dentro de ciertos límites. Para colinas individuales, la fotografía aérea es la imagen más idónea; en el terreno no se alcanza a observar toda la colina en un solo vistazo. No es de sorprender, entonces, que con la disminución de la escala en las imágenes, aumente el tamaño de las geoformas que se pueden observar en su totalidad. Por la disponibilidad de imágenes tomadas desde aviones a gran altura, cohetes y satélites, ahora se están descubriendo geoformas de tamaños no sospechados, que simplemente no habían sido descubiertas antes por ser demasiado extensas. Los ejemplos sobran: lineamientos de tamaños continentales descubiertos en cadenas orogénicas, mediante imágenes LANDSAT, han ayudado a desentrañar la historia tectónica de las mismas. Estructuras circulares gigantes, de hasta 65 km. de diámetro, han sido interpretadas como debidas al impacto de meteoritos. En los vastos "mares de arena", en el Sahara, se descubrieron enormes patrones regulares en forma de estrella mediante fotografías tomadas desde satélites.

En Colombia también hay muchos ejemplos:

- Se puede citar el descubrimiento, sobre una imagen de LANDSAT, en el Páramo del Letrero, donde nace el río Magdalena, de un gran volcán apagado, con un cráter gigantesco, una caldera de 4 x 6 km. de ancho, y una profundidad de 700 m. Es factible que este volcán haya emitido las rocas en las cuales fueron labradas las estatuas de San Agustín (Kroonenberg y otros, 1981). A pesar de que están disponibles fotografías de parte de la zona y mapas a 1:25.000, este volcán no había sido reconocido antes como tal, precisamente debido a su gran tamaño.

Otro ejemplo lo ofrece la imagen de LANDSAT de la zona amazónica fronteriza con Venezuela. La configuración del drenaje, tal como es observada en la imagen, hace sospechar que el río Guainía, que sigue un curso hacia el NE para luego voltearse abruptamente hacia el sur y desembocar en el río Negro, antiguamente formaba parte de la cuenca del Orinoco, a través del río Atabapo. De la misma manera los afluentes Aquio y Tomo fueron capturados por el río Negro. Así la observación de una imagen de pequeña escala permite deducir una parte importantísima de la historia de estas cuencas hidrográficas: es decir, que el río Amazonas está ganando terreno con respecto al Orinoco.

¿Cuántos viajes a esta zona inaccesible y sin recubrimiento de fotografías aéreas, hubieran sido necesarios para llegar a la misma conclusión, sin la ayuda de las imágenes de satélite (Khubzi y otros, 1980)?

3. INFORMACION ESPECTRAL

3.1 Identificación de materiales a partir de sus características espectrales

El estudio de los materiales superficiales de interés geomorfológico tales como rocas, sedimentos y suelos a partir de las imágenes, se encuentra en una posición desventajosa en comparación con los estudios de campo. Mientras que el campo proporciona la oportunidad de estudiar la granulometría, la composición mineralógica, la estructura, la consistencia y el color de los materiales superficiales, en las imágenes únicamente se dispone de las características espectrales, expresadas en tonos de gris o colores.

Pero éstas no solo reflejan las propiedades espectrales de los materiales no-orgánicos, sino también las de la vegetación y de la humedad en el suelo. Cuando se compara, en una imagen, la apariencia de una roca en una cantera o de un suelo en una cárcava recién formada, con la de los mismos materiales fuera de estas excavaciones, puede darse cuenta de que el tono gris en la condición natural refleja más las condiciones ambientales que las propiedades espectrales de la roca misma. Además las condiciones atmosféricas durante la toma, el ángulo de iluminación, las sombras y las imperfecciones inherentes a la obtención de las imágenes y al proceso fotográfico pueden influir el tono de gris o el color de manera decisiva.

En el laboratorio se han encontrado variaciones significativas en las propiedades espectrales de las rocas y de los suelos en la luz visible, en el IR reflectivo y el IR térmico, tanto en cuanto a la intensidad total de la energía reflejada como en las bandas individuales (Abrams, 1980; Salisbury & Hunt, 1974; Siegal & Gillespie, 1980). La intensidad de la luz visible reflejada por rocas máficas, ricas en hierro, tal como el basalto, es mucho menor que la que viene siendo reflejada por rocas félsicas tal como granitos. Los suelos derivados de basaltos, por su alto contenido de hierro también se presentan con tonos más oscuros que los suelos graníticos. Estas diferencias relativas permiten separar unidades litológicas en casos favorables, como por ejemplo en terrenos desérticos, por sus características espectrales. Sin embargo, no sirven para una determinación absoluta del tipo de roca. La baja reflectancia podría indicar igualmente, tanto un basalto como una arenisca roja o una capa de laterita, todas rocas ricas en hierro. Para la determinación absoluta de la litología no se puede prescindir de la información espacial: geofomas típicas, como las formas de un flujo de lava en el caso del basalto, o estratificación, en el caso de la arenisca roja, ayudan de manera decisiva en la interpretación litológica.

Se ha tratado de refinar la información espectral captada por los sensores, separándola en bandas estrechas. Con la información multispectral así obtenida, se puede tratar de aprovechar las diferencias en absorción, reflexión y emisión de los materiales estudiados en las bandas individuales; sobre todo el hierro, el carbonato y el agua causan bandas de absorción características en el IR reflectivo y térmico. Khale y Rowan (1980) obtuvieron resultados sorprendentes utilizando las 6 bandas del IR térmico del barredor Bendix de 24 bandas, montado en avión. Pudieron separar varios tipos de roca en una imagen termográfica procesada digitalmente por transformación del componente principal. Las litologías ricas en cuarzo aparecían con colores rojos, las arcillas con colores morados, los carbonatos con colores verdes y azules, mientras que zonas cubiertas con vegetación espesa también mostraron color verde. Fue posible distinguir los afloramientos cuarzomonzonita, de los de cuarzolatita y monzonita y los de latita sin cuarzo.

Existen varias técnicas de procesamiento digital para realzar las diferencias espectrales, tales como *ratioing* (proporcionamiento) que consiste en dividir el valor de reflectancia en una banda por el valor en otra banda. Esto sirve para suprimir las diferencias causadas por el ángulo de iluminación y las sombras, y hace destacarse las propiedades espectrales de los materiales en la superficie. Otro procedimiento es el realce del contraste, con el cual, en imágenes de poco contraste, se puede redividir la información espectral sobre todo el rango de tonos de grises disponibles, desde blanco a negro. Así las imágenes de LANDSAT de la frontera entre Chile y Bolivia, citadas en Sabins (1978), permiten delimitar los diferentes materiales volcánicos con mucho mayor facilidad cuando los contrastes han sido realizados digitalmente.

En imágenes SLAR, el tono de gris refleja básicamente la rugosidad del terreno y la constante dieléctrica. La rugosidad del terreno es representada en función de la longitud de onda empleada y del ángulo de depresión. Terrenos con una rugosidad menor de 5% de la longitud de onda se comportan como reflectores especulares, y aparecen negros en la imagen. Cuando la rugosidad es mayor que un cuarto de la longitud de onda, suponiendo un ángulo de depresión de 45° , el terreno se comporta como reflector difuso, y aparece claro en la imagen. El tono de gris así refleja la rugosidad del terreno. En zonas húmedas la rugosidad depende sobre todo de la textura de la vegetación, pero en zonas desérticas tiene una relación directa con los materiales superficiales, como lo demostraron Schaber y otros (1976) en el abanico de Tucki y los salares de Death Valley, California, USA. Así pueden ser visualizadas, en las características de los materiales superficiales, diferencias que no son detectables en las fotografías aéreas.

A pesar de los experimentos arriba citados, el reconocimiento de los materiales a partir de las imágenes, únicamente por sus características espectrales, todavía está muy lejos de ser un procedimiento rutinario. La clasificación automática de litologías, aun supervisada, todavía no es factible en el estado actual del desarrollo. Sin embargo, los esfuerzos en esta dirección continúan, porque para grandes áreas la información espectral es la única disponible. Solo la integración de información espectral con datos espaciales permite identificar en las imágenes la mayoría de los materiales terrestres.

3.2 Integración de información espectral y espacial

Algunas geoformas se destacan en las imágenes no tanto por su relieve; sino más bien por ser de un tono contrastante, como por ejemplo un meandro abandonado relleno. Lo que se mapea en tal caso son los contornos de zonas espectralmente anómalas, y la forma semilunar típica del meandro no solo conlleva la interpretación como tal, sino tam-

bién a su vez hace suponer que se trata de materiales aluviales, cualesquiera sean sus características espectrales. Igualmente, un cono volcánico, independiente de sus características espectrales, automáticamente es interpretado como compuesto de materiales volcánicos. Así es, por la integración de información espectral y espacial, como se llega a una interpretación geomorfológica completa.

La imagen de LANDSAT de la zona de Mitú, Vaupés, en la amazonia colombiana, puede ilustrar eso. Bien al sur del río Vaupés se encuentra un faja estrecha, de tono relativamente muy oscuro en la banda 7. No es una estructura fácilmente interpretable como tal, pero observándola más detenidamente se ven vagas huellas de meandros en la faja, sugiriendo que se trata de un antiguo cauce de un río. Sin embargo, su ubicación está fuertemente discordante con la red hidrográfica actual, lo que sugiere que se ha producido una reorganización profunda en el drenaje, posteriormente a la formación de la terraza. La información de campo muestra que el tono más oscuro de la terraza es debido a una costra laterítica. Así la combinación de información espectral y espacial nos hace entender la historia morfogenética de la zona (Khobzi y otros, 1980).

El conjunto de la información espacial y espectral presente en la imagen permite establecer una clasificación del terreno en unidades geomorfológicas, que constituye un elemento esencial en la evaluación de tierras en términos de uso potencial. Los procedimientos para llegar a tal clasificación con base en la fotointerpretación, han sido expuestos por Van Zuidam y Van Zuidam - Cancelado (1979).

4. INFORMACION TEMPORAL

La información espacial y espectral nos facilitan sobre todo la detección, interpretación y clasificación de las geoformas y los materiales constituyentes. En muchos casos también se puede deducir que ciertos procesos han tenido lugar en la zona estudiada: así una morrena recesional sugiere un retroceso del frente de un glaciar, y un meandro abandonado sugiere cambios en el curso del río. Pero la sola imagen no dice nada sobre la velocidad y la frecuencia con la cual se producen estos eventos.

Debe distinguirse entre procesos discontinuos y procesos continuos. En tiempos geológicos se borra la diferencia, pues mientras que un alud es una catástrofe humana muchas veces, se trata de un fenómeno continuo cuando se considera dentro de un lapso de millones de años. Sin embargo, se acostumbra medir los procesos según el sentido humano del tiempo, y dentro de este marco una erupción volcánica es un proceso discontinuo, por no decir un desastre. La vigilancia continua de zonas propensas a tales fenómenos, mediante el uso de imágenes repetidas se ha vuelto una técnica imprescindible para tratar de ahorrar vidas humanas y cuantiosos daños. Así el monitoreo mediante fotografías en IR color del volcán St Helens en los Estados Unidos, permitió evacuar la población a tiempo; poco después de la violenta erupción del 18 de mayo de 1980, se pudieron establecer los cambios en el cuerpo volcánico (información espacial) y la extensión de las cenizas arrojadas utilizando el fuerte cambio espectral en las fotografías. Así se pudo obtener un rápido inventario de los daños sufridos y formular medidas en el caso de erupciones futuras (Decker y Decker, 1981).

En cuanto a los procesos continuos, los hay de duración corta, intermedia y larga. Los primeros, tales como el rompimiento de una ola contra la costa, tienen importancia geomorfológica pero son difíciles de registrar, no solo en las imágenes sino también en el campo.

Verstappen (1978) en su valioso trabajo sobre el papel de los sensores remotos en la geomorfología, cita una técnica para medir la velocidad de la corriente en un rápido de un río, utilizando dos fotografías aéreas consecutivas del mismo vuelo, dentro del traslapo de 60%, pero los resultados son de difícil cuantificación.

Por otra parte, procesos lentos de muy larga duración tampoco son fáciles de estudiar en las fotografías aéreas. El levantamiento de una cadena orogénica y su degradación por las fuerzas erosivas requiere un lapso de millones de años, y puesto que solo se dispone de fotografías aéreas, en el caso más favorable, de los últimos cien años, es imposible formarse una imagen fidedigna de la evolución de esos procesos lentos.

Son los procesos de duración intermedia los que se pueden estudiar con mayor facilidad: procesos que se desarrollan en semanas, meses o años de manera perceptible y medible. Verstappen (1978) cita muchos ejemplos de los mismos. Para Colombia, nos podemos referir a los estudios de Koopmans (1971) en Bocas de Ceniza, la desembocadura del río Magdalena en el Mar Caribe. Las fotografías aéreas tomadas en los años 1947, 1953, 1954 y 1961 muestran una acumulación progresiva de sedimentos al Este del tajamar oriental, debido al arrastre litoral en dirección Oeste. Por otra parte, el mismo fenómeno causa erosión al Oeste del tajamar Occidental. Ambos procesos pueden ser fácilmente medidos mediante simple interpolación, resultando en la formulación de pautas para la protección de los tajamares, tan importantes para la navegación.

Otro ejemplo lo ofrecen las fotografías aéreas tomadas de un sector del río Ariari entre Granada y Puerto Caldas, donde el río está atravesado por un puente de una longitud de 1 km. aproximadamente. Las fotos tomadas en 1938, 1939, 1941, 1955, 1958, 1964, 1966, 1972 y 1976 muestran cómo el ancho brazo sur de este río tranzado se desarrolló desde un insignificante caño. Entre 1938 y 1955 el caño tenía todavía poca función en el desagüe total del río, aunque siempre se han producido pequeños desbordamientos.

Entre 1958 y 1964 se ha ensanchado rápidamente, y en 1972 parece ser el brazo de mayor importancia del río. Las fotos tomadas en 1976 muestran que la corriente ha vuelto a correr por el brazo norte, como cauce principal. Llama la atención el hecho de que los cambios mayores ocurrieron en la época en la cual también se produjo la mayor colonización en la zona, después de la construcción del puente. En 1938 la zona todavía estaba casi completamente cubierta con la vegetación natural: el río Ariari en esa época formaba el límite entre la vegetación selvática de la Amazonia, y la vegetación abierta de los Llanos Orientales; límite que ahora todavía se puede estudiar en el río Guaviare y el río Vichada. En 1976 la zona está completamente cultivada, y de la vegetación original no quedan sino remanentes pequeños. Como los cambios en el río más que todo obedecen, en este caso, a cambios en sus cabeceras principales (Ariari y Guape), se necesita un estudio de toda la cuenca para poder establecer si existe una relación entre la explosión colonizadora y las modificaciones del cauce. Las tomas repetidas permiten no solo estudiar en detalle el proceso de la evolución de un río tranzado, sino también pronosticar su desarrollo y plantear medidas, por ejemplo para la protección del puente y del poblado de Puerto Caldas. Desafortunadamente, estos cambios pueden producirse muy bruscamente, durante una crecida excepcional, de manera que siempre se debe calcular un riesgo bastante grande.

Con la llegada de los satélites LANDSAT, teóricamente existe la posibilidad de adquirir imágenes con intervalos mucho más pequeños (18 días con un satélite, 9 días con dos). Sin embargo, en Colombia ha sido difícil obtener imágenes con un intervalo menor de algunos años de la misma zona, por varias razones, tales como cobertura de nubes y falta de registro en la época deseada.

5. CONCLUSIONES

- La perspectiva vertical, la visión estereoscópica y el amplio rango de escalas ofrecidas por las imágenes teledetectadas, las hacen herramientas imprescindibles en el estudio de las geoformas, su distribución y su origen. La extracción de la información espacial requiere la labor de geomorfólogos fotointérpretes experimentados y, por ahora, no se presta para digitalización, pero el realce digital de imágenes puede facilitar la interpretación visual.
- La determinación absoluta de litologías, únicamente por sus características espectrales, está todavía muy lejos de realizarse. La información espectral almacenada en las imágenes comprueba su utilidad sobre todo en sentido relativo y en combinación con la información espacial. Por lo tanto, aquí también es indispensable la intervención del fotointérprete, cuya tarea puede ser aliviada por realce digital de las imágenes estudiadas.
- Tomas repetidas de la misma zona pueden facilitar el monitoreo y la predicción de desastres naturales. Un mejor entendimiento de procesos continuos de mediana velocidad, por medio del estudio de imágenes de diferentes épocas de la misma zona, permite tomar medidas para la protección de vidas y obras humanas y evitar cuantiosos daños. Aunque existen las técnicas para detectar cambios, digitalmente, en imágenes LANDSAT, la realización de tales estudios en Colombia tropieza con la escasez de imágenes de intervalos lo suficientemente cortos. Por lo tanto, la extracción de la información temporal debe seguir apoyándose en gran parte sobre la interpretación visual de fotografías aéreas.

REFERENCIAS

- ABRAMS, M.J. Litologic mapping. in: B.S. Siegal & J.W. Gillespie (eds.): *Remote Sensing in Geology*. New York, Wiley, 1980. pp. 381-418.
- DECKER, R. y DECKER, B. The eruptions of Mount St Helens. *Scientific American*, 244, 3, 1981. pp. 52-64.
- FORERO, M.C. Patrones de dunas de los Llanos Orientales de Colombia sobre imágenes ERST-MSS y fotografías aéreas. *Revista CIAF* 4, 1978. pp. 71-81.
- KAHLE, A.B. y ROWAN, L.C. Evaluation of multispectral middleinfrared aircraft images for lithologic mapping in the East Tintic Mountains, Utah. *Geology*, 8, 1980. pp. 234-249.
- KHOBZI, J. Los campos de dunas del norte de Colombia y de los Llanos del Orinoco (Colombia-Venezuela) Memoria Primer Seminario Cuatern. Colombia, *Revista CIAF*, 6 (1-3), 1981. pp. 257-292.
- KHOBZI, J., KROONENBERG, S.B. FAIVRE, P. y WEEDA, A. Aspectos geomorfológicos de la Amazonia y Orinoquia Colombianas. *Revista CIAF* 5 (1), 1980. pp. 97-126.
- KOOPMANS, B.N. Interpretación de Fotografías Aéreas en Morfología Costera relacionada con Proyectos de Ingeniería. *CIAF*, Bogotá, 1971. p. 23.
- KROONENBERG, S.B., LEON, A., PASTANA, J.M. y PESSOA, M.R. Ignimbritas plio-pleistocénicas del Suroeste del Huila-Colombia y su influencia en el desarrollo morfológico. Memoria Primer Semin. Cuatern. Colombia: *Revista CIAF* 6 (1-3), 1981. pp. 293-314.
- SABINS, F.F. *Remote Sensing. Principles and interpretation*. San Francisco, Freeman, 1978. p. 426.
- SALISBURY, J.W. y HUNT, G.R. Remote Sensing of rock type in the visible and near infrared. in: *Proc. 9th Int. Symp. Remote Sensing Env.*, Ann Arbor, Mich., III, 1974. pp. 1953-1958.
- SCHABER, G.G., BERLIN, G.L. y BROWN, W.E. Variations in surface roughness within Death Valley, Calif. Geologic evaluation of 25 cm wavelength radar images. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 87, 1976. pp. 29-41.
- SIEGAL, B.S. y GILLESPIE, J.W. (eds.). *Remote Sensing in geology*, New York, J. Wiley, 1980. p. 702.
- VAN ZUIDAM, R.A. y VAN ZUIDAM-CANCELADO, F.I. *Terrain classification using aerial photographs*. ITC Textbook, VII-6, 1979.
- VERSTAPPEN, H. Th. *Remote Sensing in Geomorphology*, Elsevier, Amsterdam, 1978. p. 214.