

EVALUACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE SPOT-LANDSAT Y SAR ERS-1 EN LA CARTOGRAFÍA DE MOVIMIENTOS EN MASA

Germán Vargas Cuervo *¹

RESUMEN

A fin de evaluar el potencial de las imágenes de satélite en la cartografía de movimientos en masa, se presenta en este trabajo los resultados de un estudio comparativo de mapas morfodinámicos obtenidos a partir de tres métodos y técnicas diferentes: 1) por interpretación de un par estereoscópico de imágenes SPOT XS-LANDSAT TM; 2) por interpretación de un par estereoscópico de imágenes radar ERS-1; 3) por levantamientos de terreno apoyados en interpretaciones de fotografías aéreas. El área test se localiza en la cordillera oriental de los Andes colombianos sobre la cuenca alta de río Chicamocha.

De un total de 458 movimientos en masa cartografiados sobre el terreno, 265 fueron identificados sobre el par estereoscópico Spot-landsat y 52 sobre las imágenes radar ERS-1. Por otra parte, 43 nuevos movimientos en masa fueron identificados y cartografiados en el par estereoscópico Spot-landsat y 7 sobre las imágenes radar ERS-1. Este estudio establece la importancia de los levantamientos de terreno y la utilidad de las imágenes de satélite en la complementación de estos mapas morfodinámicos. Igualmente se establecen las ventajas y desventajas en cada método o herramienta de trabajo.

INTRODUCCIÓN

Los sensores remotos constituyen una herramienta indispensable en estudios ambientales. La evolución y perfeccionamiento de las técnicas espaciales y de equipos de recepción y análisis ofrecen día a día mejores productos digitales y fotográficos. Las imágenes

de satélite particularmente SPOT y LANDSAT han sido ampliamente utilizadas en diferentes estudios. Vargas, (1992 y 1994) presenta una metodología para la zonificación de mapas de susceptibilidad utilizando imágenes de satélite y SIG; Vargas y Chorowicz, (1994a) presentan métodos de cartografía automática de movimientos en masa sobre imágenes de satélite; Vargas y Chorowicz, (1994b) evalúan las imágenes radar ERS-1 en el estudio de movimientos en masa en zonas montañosas. En este trabajo se presenta por primera vez una evaluación del potencial cartográfico de movimientos en masa de las imágenes de satélite Landsat, Spot y radar ERS-1 a partir de un estudio detallado de campo y análisis de fotografías aéreas.

Este trabajo se realizó en el marco de una tesis de Doctorado sobre métodos de cartografía de movimientos en masa y zonificación de amenazas (Vargas, 1995). Investigación que fue auspiciada por el INGEOMINAS y el proyecto internacional GARS (Geological Applications of Remote Sensing in Colombia).

ÁREA TEST

El área de estudio se localiza al noreste del departamento de Boyacá, sobre la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos y hace parte de la cuenca alta del río Chicamocha. Geográficamente está limitada al sur con los municipios de Belencito y Tópaga y al norte con la población de Paz Viejo. (Figura 1). Las coordenadas geográficas de sus puntos extremos son:

NW: X = 1.158.900	Y = 1.145.600
SW: X = 1.130.000	Y = 1.129.300
NE: X = 1.158.900	Y = 1.155.600
SE: X = 1.130.000	Y = 1.139.400

¹ * Geólogo, MsC en teledetección y PhD en geociencias del medio ambiente de la universidad de Paris VI. Ingeniería Geoambiental, INGEOMINAS. Diagonal 53 No 34-53 Santafé de Bogotá, tel 2218959, Fax 2220020.

La superficie aproximada es de 300 km². En del área la principal vía de comunicación la constituye la carretera que partiendo de Sogamoso une las poblaciones de Corrales, Tasco, Paz del Río y Soacha, esta vía es pavimentada hasta Corrales y afirmada en el resto de su recorrido, va paralela al curso del río Chicamocha.

El relieve en el área estudiada es el reflejo de la interacción de factores geológicos, tectónicos, climáticos y procesos degradacionales de erosión y fenómenos de remoción en masa.

La presencia predominante de formaciones geológicas de rocas duras y blandas, determinan una variedad de geoformas en escalón, que se manifiesta por escarpes o pendientes muy abruptas que se interrumpen con morfologías más suaves y onduladas.

Por otra parte la tectónica regional con fallas longitudinales y transversales al valle del río, pliegues sinclinales y anticlinales, desarrollan geoformas estructurales como escarpes de falla, colinas alineadas, cuevas, depresiones morfológicas, etc.

IMÁGENES DE SATÉLITE UTILIZADAS

Las imágenes de satélite SPOT y LANDSAT utilizadas en este estudio fueron suministradas por el Centro Nacional de Estudios Espaciales de Francia (CNES) en el marco del proyecto de investigación GARS (Geological Application of Remote Sensing) en Colombia. Este proyecto fue lanzado por la International Union of Geological Sciences (IUGS) y la UNESCO y participaron INGEOMINAS, el BRGM (Francia), la Universidad de Paris VI y el ITC (Holanda). La imagen radar ERS-1 fue suministrada por la Agencia Espacial Europea (ESA) en el marco del proyecto piloto ERS-1. Las principales características de estos productos satelitales son:

- ◆ Una imagen **SPOT-XS** K649 J338, del 16 de febrero de 1989. Ángulo de incidencia 26.5°, azimut +123.4°, cobertura de nubes 1102, nivel de corrección geométrica 1B.
- ◆ Una imagen **LANDSAT-TM** path 007-row 56 del 11 de enero de 1988.

- ◆ Una imagen **SAR ERS-1** frame 58411, orbit 5554, del 16 de octubre de 1992, formato PRI.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE TRABAJO

Sobre un área test (300 km²) de alta incidencia de fenómenos de remoción en masa y alta erosión se realizó un estudio cartográfico de movimientos en masa mediante tres técnicas y métodos diferentes: 1) a partir de estudios convencionales de interpretaciones de fotografías aéreas (escalas 1:25.000-1:50.000) y trabajos de campo (1:25.000), 2) utilizando un sinergismo estereoscópico entre una imagen Spot XS (bandas XS3, XS2, XS1) y una imagen Landsat TM (bandas TM4, TM5, TM3). Las imágenes fueron corregidas geoméricamente mediante el proceso de correlación automático y la generación del modelo numérico de terreno respectivo e interpretadas sobre productos fotográficos a escala aproximada 1:50.000. (figura 2) un par estereoscópico formado por imágenes radar ERS-1. Estas imágenes fueron corregidas geoméricamente a partir de un modelo numérico de terreno obtenido del par estereoscópico Spot-landsat e interpretadas visualmente sobre productos fotográficos a una escala aproximada 1:50.000. El área de cobertura de la imagen ERS-1 con respecto al área test es mostrada en la figura 3 y el par estereoscópico en la figura 4.

RESULTADOS

Los resultados cartográficos de movimientos en masa obtenidos a partir de los tres métodos utilizados se presentan gráficamente en la figura 5 y estadísticamente en la tabla 1.

La utilización de cada uno de estos métodos presenta una serie de ventajas y también de desventajas que son resumidas en la tabla 2.

CONCLUSIONES

En este estudio se demuestra que los estudios detallados de terreno y análisis de fotografías aéreas son más irrelevantes para la cartografía de movimientos en masa que cualquier otra técnica. Sin embargo se demuestra igualmente que las imágenes de satélite no solamente constituyen una herramienta que complementa estos estudios, si no que permiten obtener cartografías

preliminares de buena precisión para áreas donde se requieran evaluaciones rápidas con un mínimo de control de campo. Un ejemplo del tiempo de optimización del tiempo con la utilización de las imágenes de satélite (Landsat- Spot) pudo ser estimado en este estudio. El trabajo de terreno y la interpretación de fotografías aéreas tuvo una duración de unos 6 meses, mientras que el análisis e interpretación de las imágenes de satélite se realizó en un lapso de una semana sin tener en cuenta el tiempo de adquisición de los productos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- 1) **Vargas Cuervo G.,** (1989). Estudio geológico-geomorfológico y zonificación de amenazas de la cuenca alta del río Chicamocha entre Socha y Belencito, Departamento de Boyacá, Colombia. Informe Ingeominas. pp 176, Tres anexos.
- 2) **Vargas Cuervo G.** (1992a). Methodologie pour l'établissement de cartes de sensibilité aux mouvements de terrain, fondé sur l'utilisation d'un couple stéréographique SPOT-XS/LANDSAT-TM. Memorias I Simposio Suramericano de Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de riesgos naturales. IGAG, SELPER. Bogotá, Colombia, mars 1992.
- 3) **Vargas Cuervo G.,** (1992b). Los modelos numéricos de terreno y su aplicación al estudio de los deslizamientos. Memorias II Simposio Latinoamericano Sobre Riesgo Urbano y II Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Vol 2, 17 p.
- 4) **Vargas, Cuervo G. y Jean Chorowicz.** (1994a). Assessment of ERS-1 images for landslide mapping in mountainous areas. First ERS-1 Pilot Project Workshop. ESA. Abstracts p 48.
- 5) **Vargas, Cuervo G. y Jean Chorowicz.** (1994b). Evaluación de imágenes Spot y Landsat en la identificación y cartografía de movimientos en masa. Investigaciones sobre los riesgos geológicos en ciudades de América Latina. CREAMOS, AGID. pp. 1-25.
- 6) **Vargas Cuervo G.,** (1994). Metodología para la cartografía de zonas susceptibles a los movimientos en masa a partir de sensores remotos y SIG. Boletín Geológico Ingeominas Vol 34 - 1 de 1994.
- 7) **Vargas Cuervo G.,** (1995). Développement de méthodes de cartographie des mouvements de masse et de zonage de l'aléa dans les Andes de la Colombie. Thèse de Doctorat en Sciences de la terre, spécialité Géosciences de l'environnement. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). No 95.8. 329 pp. 12 mai, 1995.

Método y técnica de trabajo	Numero de movimientos en masa			
	Totales	Respecto al trabajo de terreno		% sobre el total
		No identificados	Nuevos	
CARTOGRAFÍA DE TERRENO (fotos aéreas)	458	-	-	91,47
SPOT XS - LANDSAT TM	265	193	43	52,89
SAR ERS-1	52	399	7	10,37
TOTAL MOVIMIENTOS	501			

Tabla 1. Resultados comparativos de movimientos en masa cartografiados a partir de tres métodos diferentes.

Método de estudio	Ventajas	Desventajas
FOTOS AÉREAS Y TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> - Sin límites de resolución - Bajos costos de los materiales (fotos) - Facilidad de análisis - Capacidad de análisis estereoscópico - Sin límites de escala. - Buena precisión cartográfica - Distinciones y clasificaciones detalladas - Inventarios precisos. 	<ul style="list-style-type: none"> - No disponibilidad de datos digitales. - Visión local del terreno - Interpretación prolongada y dispendiosa - Poca disponibilidad de productos en color. - Problemas de nubosidad. - Altos costos por las misiones de terreno..
SPOT-LANDSAT	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de interpretación digital y fotográfica. - Mayor análisis con bandas multiespectrales - Capacidad de realce espectral - Cartografía automática - Estereoscopia por sinergismo - Vista sinóptica - Buen contraste morfológico. - Diferenciación de zonas saturadas - Optimiza el trabajo de campo y reduce los costos de los estudios regionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos de las imágenes - Se requiere una capacitación para el procesamiento digital. - Limitantes de resolución espacial (20 m-30 m) - Limitantes fotográficos a escalas < 1:50.000) - Inoperantes en zonas de nubes - Poca definición de los contornos de los movimientos. - Difícil identificación de suelos reptantes - Difícil identificación de movimientos cubiertos por vegetación..
SAR ERS-1	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de Interpretación digital y fotográfica. - Vista sinóptica. - Operante en zonas cubiertas por nubosidad - Capacidad de distinguir suelos reptantes - Distinción de zonas saturadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitaciones en zonas de fuerte relieve (efectos de sombras, distorsiones e inversiones en la posición de los objetos). - Resolución espacial limitada a 25 m - Requiere de una capacitación. - Poca definición de los contornos de los movimientos.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los métodos utilizados.

ORTOIMAGEN SAR ERS-1

VISTA PERSPECTIVA SAR ERS-1

Figura 4. Estereoscopia sintetica de imágenes radar ERS-1

Figura 2. Sinergismo estereoscópico entre una imagen SPOT-XS (bandas XS1, XS2, XS3) y una imagen LANDSAT-TM (bandas TM4, TM5, y TM3).