

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL NORTE PERUANO

1Lucio Medina, 1Sandra Villacorta, 1Bilberto Zavala, 1Manuel Vilchez, 1Segundo Núñez, 1Griselda Luque, 1Edwin Calderón

1Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet) Perú. Email: lmedina@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

La geomorfología pasó de ser una disciplina académica a una ciencia con aplicación pragmática en las últimas décadas, que sirve para resolver problemas de riesgos naturales, potencialidad de aguas subterráneas, caracterización del substrato para la construcción de obras de infraestructura, etc., que sirve como apoyo a la toma de decisiones relacionadas con la planificación del territorio y el mejoramiento de la calidad de vida del hombre sin el deterioro del medio ambiente (Villota, 2005). Se independiza de la ciencia geológica a finales del siglo XIX y se consolida en el siglo XX. En la década de los 70 incorporó los problemas relacionados a los procesos formadores del paisaje, incluyendo movimientos en masa, procesos costeros y procesos hidrológicos, todos los cuales afectan a las poblaciones e infraestructura diversa, por lo que es fundamental la determinación de las geoformas existentes en un área o región (Zavala, 2011).

En el contexto nacional las investigaciones sobre geomorfología han tenido poco desarrollo y su interés hasta hace dos décadas estuvo centrado en el estudio de cuencas hidrográficas (publicaciones de ONERN, Inrena e Ingemmet, a escalas entre 1:500,000 a 1:100,000). En los boletines de la carta geológica nacional generalmente se muestra un contexto geomorfológico, diferenciando unidades morfoestructurales relacionadas a macro unidades de rango regional (Zavala, 2011).

El origen de las unidades geomorfológicas diferenciadas en el norte peruano está ligado en mayor o menor intensidad a procesos tectónicos, gravitacionales, deposicionales y erosivos, ocurridos a lo largo de su historia geológica. Los ambientes relacionados a cada geoforma están ligados al proceso del levantamiento andino (profundización y ensanchamiento de valles) y a eventos climáticos (deglaciación, eventos ENSO, etc.); estos últimos producidos en el Cuaternario, cuyas paleoformas asociadas ocupan amplias extensiones. Uno de los aspectos relevantes de la morfogénesis cuaternaria fue la ocurrencia de glaciaciones. En los Andes se observan restos de las dos últimas glaciaciones, las cuales duraron varias decenas de miles de años, habiendo concluido la última hace solo 10,000 años (Sebrier et al, 1988). Este es un periodo muy breve en términos morfológicos, como para que las huellas del modelado glacial de las zonas altoandinas se hayan borrado o alterado al punto de hacerlas irreconocibles, observándose más bien en las zonas más altas, que las huellas del modelado glacial cuaternario son nítidas por todas partes. Estas fases glaciales modelaron el territorio andino generalmente por encima de 4,200 m s.n.m., pero dependiendo de condiciones locales, hay sectores, como los del frente cordillerano oriental (que reciben las masas de aire húmedo provenientes de la Amazonía), donde los glaciares cuaternarios han descendido en sus máximos avances hasta menos de 3,500 m s.n.m., dejando paisajes de circos y valles glaciales, altiplanicies onduladas tapizadas por depósitos morrénicos. A nivel mundial, las glaciaciones produjeron formas de relieve características que cubren aproximadamente 1/3 de las tierras emergidas, lo cual indica que la mayor parte del modelado terrestre es heredado principalmente del Cuaternario (Gutierrez y Peña Monne, 1996).

El presente trabajo es parte del proyecto Mapas Geomorfológicos por Regiones, que Ingemmet realiza a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico desde el 2012, y tiene como objetivo establecer una leyenda y nomenclatura geomorfológica estándar, además de ser una guía para la elaboración de mapas geomorfológicos a nivel nacional, partiendo de las clasificaciones que manejan los principales servicios geológicos a nivel mundial.

METODOLOGÍA

En la diferenciación de las subunidades geomorfológicas del norte peruano (figura 1) se consideró aspectos como la escala de trabajo de campo (1: 50,000), la escala de presentación de los resultados (1:250,000), entre otros. Se usó para este propósito, la geomorfología aplicada a levantamientos

edafológicos y zonificación de tierras (Villota, 2005), la leyenda internacional de la Unión Geográfica Internacional (UGI), el método holandés establecido por el Instituto de Levantamientos Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra-ITC (Verstappen y Van Zuidam, 1991) y el sistema español siguiendo la metodología expuesta por el Instituto Geológico y Minero de España-IGME en la “Guía para la elaboración del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50,000 (Martin-Serrano et al, 2004).

Para la diferenciación de subunidades, a la escala de trabajo 1:250 000 se consideró los siguientes criterios de control: la homogeneidad litológica, el carácter estructural y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación. Las geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) montañas¹, colinas² y lomeríos³, 2) piedemontes y 3) planicies. Entre el material cartográfico e información satelital empleado se tiene la base topográfica editada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100,000; fotografías aéreas e imágenes satelitales landsat y aster, imágenes Google Earth, geología a escala 1/100,000 de la Carta Geológica Nacional del Ingemmet, y datos registrados en campo procedentes del Programa Nacional de Riesgos Geológicos del Ingemmet.

Para la delimitación de substrato rocoso y depósitos superficiales, se tuvo en cuenta los límites de las unidades geológicas; sin embargo, se dio énfasis en la diferenciación de depósitos de acumulación reciente, sobre todo de movimientos en masa.

CRITERIOS GENERALES

Las subunidades geomorfológicas son unidades discretas que pueden ser definidas y verificadas a diferentes escalas siguiendo técnicas establecidas. La clasificación de las geoformas se basa en el proceso genético que los generó y estos a su vez, son definidos según un agente (ríos, glaciares, viento, etc.) o un contexto climático (Bocco et al., 2001).

Las subunidades geomorfológicas se determinan en función a los atributos que la caracterizan:

- Morfoestructura regional o dominio geológico al que pertenece la unidad (obtenido de la caracterización geológica).
- Morfogénesis, resultado de la información genética provista por los datos de gabinete y campo.
- Morfografía que se configura a partir del mapa topográfico y de pendientes.
- Morfodinámica o procesos activos, por aportación directa del mapa de procesos geodinámicos activos.

A fin de identificar e interpretar las causas y los efectos de los factores que controlan el modelado del relieve, es necesario realizar una caracterización geomorfológica que incluya el análisis de las implicaciones de los factores de relieve (morfografía, morfogénesis y morfo evolución) del territorio a evaluar. Es decir establecer aquellas relaciones que procedan tanto a nivel configuracional como genético o evolutivo (Pedraza, 1996).

FACTORES QUE CONTROLAN EL MODELADO DEL RELIEVE

FACTORES TECTÓNICOS

La estructura de la cordillera de los Andes es el resultado de la colisión de la placa de Nazca con la Sudamericana, que produce la subducción de la litosfera oceánica por debajo del continente. Desde un punto de vista geomorfológico ese contexto tectónico trae como consecuencia la profundización de la red de drenaje, la activación de una eficaz dinámica de laderas, la duración y extensión de las glaciaciones, el gran acortamiento y el elevado espesor de la corteza continental, y la aparición del Altiplano entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental.

¹ Una montaña es la unidad o componente de una cadena montañosa, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel respecto a su nivel de base local, cuya cima puede ser aguda, redondeada o tabular, sus laderas regulares e irregulares a complejas, y su pendiente o declive superior al 30% (FAO, 1968; en IGAC, 2005).

² Una colina es igualmente una elevación natural del terreno con desnivel inferior a 300 m, cuyas laderas se inclinan en promedio con valores superiores a 16% de pendiente.

³ Elevaciones del terreno de similar altura que las colinas, pero con cimas más amplias, redondeadas y alargadas, y gradientes entre 8% y 16% corresponden a las lomas o lomeríos.

Durante el Paleógeno las elevaciones cíclicas que alternaron con etapas de relativa calma dieron lugar a las superficies denudadas de aplanamiento en la zona norte de la cordillera de los andes. Las geoformas que se reflejan en el norte del Perú, de acuerdo a los factores tectónicos son: montañas, laderas, valles, etc.

FACTORES CLIMÁTICOS

Los actuales paisajes geomorfológicos del norte peruano sugieren importantes oscilaciones de humedad en el Cuaternario. Por un lado, hacia la zona costera indican una alternancia entre condiciones morfogénicas semiáridas e hiperáridas. Mientras que hacia las regiones de la sierra, la presencia de grandes movimientos en masa definen la intensa actividad geodinámica que modifican el relieve de los valles. Hacia la zona de cumbres, las condiciones climáticas en las que se formaron los relieves actuales estarían asociadas a condiciones morfogénicas glaciares y periglaciares, quedando testigo de esto la presencia de glaciares rocosos y taludes de gelifractos en el interior de los valles antes ocupadas por masas de hielo.

Según Rech et al.(2006), entre los factores que producen la extrema hiper-aridez de la costa aledaña a los Andes Centrales sudamericanos, incluyen el efecto de sombra de lluvia andina, la inversión de la temperatura de la costa, y la posición latitudinal de esta región (Houston y Hartley, 2003). Los episodios de precipitaciones ocasionales serían el resultado de las masas de aire procedentes del océano Pacífico que migran hacia el norte desde el cinturón de precipitación occidental. Estos autores estimaron que una paleoelevación Andina mínima de alrededor de 2 kilómetros era necesaria para causar hiper-aridez extrema a lo largo de la margen oriental de la Cuenca Calama.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

En base a lo anterior se han diferenciado dos tipos de geoformas:

- De carácter tectónico-degradacional y denudacional,
- Asociadas a procesos de agradación o acumulación.

Los paisajes geomorfológicos resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, lomadas y altillanuras modeladas en rocas intrusivas, volcánicas, volcánico-sedimentarias, sedimentarias y metamórficas. Mientras que las geoformas asociadas a procesos de agradación son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados tanto por fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles (agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos), los cuales tienden a suavizar la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terreno más elevado.

REFERENCIAS

1. Bocco, G., Velázquez, A. & Mendoza, M. (2001). GIS-based regional geomorphological mapping for land-use planning. *Geomorphology* 39:211-219.
2. Gutierrez-Elorza, M, Peña-Monne, JL. 1996. Geomorphology and late Holocene climatic change in Northeastern Spain. *Geomorphology* 23_1998.205–217
3. Martín-Serrano, A.; Salazar, A.; Nozal, F.; Suárez, Á. (2004): Mapa geomorfológico de España a escala 1:50.000. Guía para su elaboración. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid (España).
4. Pedraza, J. (1996). *GEOMORFOLOGÍA: Principios, Metodología y Aplicación*. Editorial Rueda, S. L., Madrid.
5. Rech, J., Currie, B., Michalski, G., and Cowan, A. 2006. Neogene climate change and uplift in the Atacama Desert, Chile. *Geological Society of America. Geology*; September 2006; v. 34; no. 9; p. 761–764; doi: 10.1130/G22444.1; 3 figures;
6. Verstappen, H. T., & Van Zuidam, R. A. (1991). *The ITC system of geomorphologic survey: a basis for the evaluation of natural resources and hazards* (2nd ed., p. 89). Enschede: ITC.
7. Villota, H. (2005) *Geomorfología Aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. Instituto Geográfico Agustín Cadazzi.
8. Zavala, B. (2011). Mapas geomorfológicos, herramienta temática básica para el ordenamiento territorial. *INGEMMET. Revista Institucional*. Año 3. N° 10 – Marzo 2011. P 8 – 9
9. Zavala, B. & Rosado, M. (2010) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 44, 396 p., 19 mapas.
10. Sebrier, M., Lavenau, A., Formnari, M., Soulas, JP (1988). Tectonics and uplift in central andes (Peru, Bolivia and Northern Chile) from Eocene to present. *Geodynamique* 3 (1-2), 1988: 85-106.

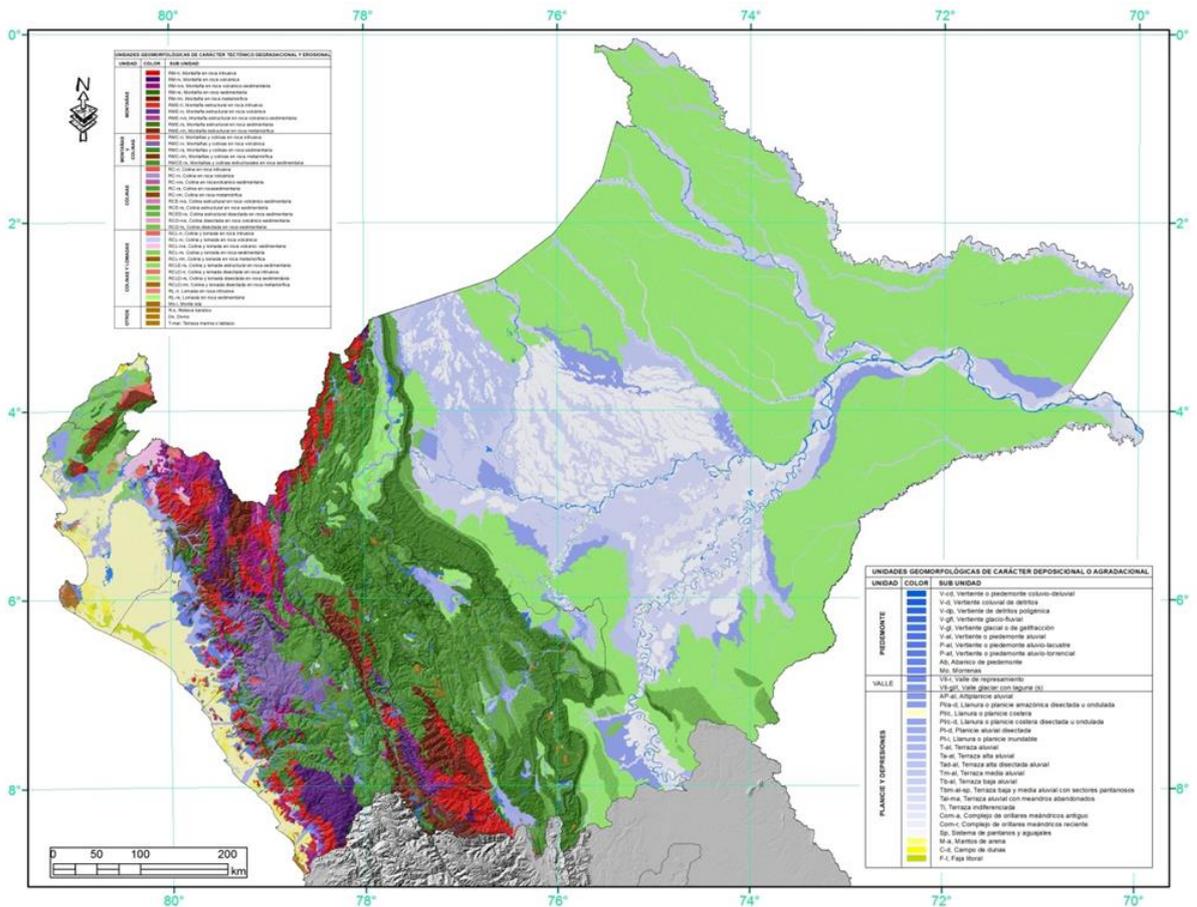


Figura 1. Subunidades geomorfológicas del norte peruano. Se observa que el territorio del norte del Perú está cubierto por geoformas de colinas y lomadas (41%) modeladas principalmente en roca sedimentaria, seguida por las geoformas de relieve montañoso (25%) modeladas en roca sedimentaria, volcánica, volcánica-sedimentaria, metamórfica e intrusiva. Las geoformas fluviales asociadas a procesos de agradación ocupan el 35% de área.