

**SGP**
FUNDADA 1924

Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe

ISSN 0079-1091

Caracterización geomorfológica del Norte peruano

**Lucio Medina, Sandra Villacorta, Bilberto Zavala, Manuel Vílchez,
Segundo Núñez, Griselda Luque, Edwin Calderón**

Ingresar dirección de los autores

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Lima, Perú (lmedina@ingemmet.gob.pe)

1. Introducción

En las últimas décadas, la geomorfología pasó de ser una disciplina mayormente académica a constituir una ciencia con aplicaciones pragmáticas, que es capaz de resolver problemas de riesgos naturales, definir la potencialidad de aguas subterráneas, caracterizar el substrato para la construcción de obras de infraestructura, etc., es decir 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 deteriorar el medio ambiente (Villota, 2005). Se independizó de la ciencia geológica a finales del siglo XIX, y se consolidó en el siglo XX. En la década de los años 1970, incorporó problemáticas relacionadas a los procesos formadores del paisaje, incluyendo movimientos en masa, procesos costeros, y procesos hidrológicos, todos los cuales afectan a poblaciones e infraestructuras diversas, 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. Hasta hace dos décadas, su interés 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 comenta acerca del 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 se produjeron generalmente en el Cuaternario, y sus paleoformas asociadas ocupan amplias extensiones.

En efecto, uno de los factores más 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 sólo 10,000 años (Sébrier 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 (Gutiérrez-Elorza & Peña-Monne, 1996).

El presente trabajo es parte del proyecto “Mapas Geomorfológicos por Regiones”, que INGEMMET realiza desde 2012 a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, teniendo 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.

2. Metodología

2.1. 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 los procesos genéticos que las 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 de los atributos que las caracterizan:

- Morfoestructura regional o dominio geológico al que pertenece la unidad (obtenido de la caracterización geológica).
- Morfogénesis, como 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 aporte directo 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 morfoevolución) del territorio a evaluar. Es decir establecer aquellas relaciones que procedan tanto a nivel configuracional como genético o evolutivo (Pedraza, 1996).

2.2. Aplicación al Norte peruano

En la diferenciación de las subunidades geomorfológicas del Norte peruano (Fig. 1), se consideró aspectos como la escala de trabajo de campo (1:50,000) y la escala de presentación de los resultados (1:250,000), entre otros. Para este propósito, se usó 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 & van Zuidam, 1991), y el sistema español, siguiendo la metodología expuesta por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en su “Guía para la elaboración del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50,000” (Martín-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 de 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 usó la base topográfica editada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100,000; fotografías aéreas e imágenes satelitales Landsat y Aster; imágenes obtenidas mediante Google Earth; información geológica a escala 1:100,000 de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET; y datos registrados en campo por el 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.

3. Factores que controlan el modelado del relieve

3.1. Factores tectónicos

La Cordillera de los Andes resulta de la subducción de la litosfera oceánica de la placa de Nazca bajo el continente sudamericano. Desde un punto de vista geomorfológico, ese contexto tectónico ha resultado en el engrosamiento considerable de la corteza continental andina, lo que influye sobre la profundización de la red de drenaje en los Andes, la activación de una eficaz dinámica de laderas, la duración y extensión de las glaciaciones. Se debe mencionar también a la aparición del Altiplano entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental.

Durante el Paleógeno, deformaciones sucesivas dieron lugar a 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.

3.2. Factores climáticos

Los actuales paisajes geomorfológicos del Norte peruano sugieren importantes oscilaciones de humedad en el Cuaternario. Por un lado, hacia la zona costera las observaciones indican una alternancia entre condiciones morfogenéticas semiáridas e hiperáridas; mientras que

¹ Una montaña es una 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; citado por el IGAC, 2005).

² Una colina es 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 Lomas o lomeríos corresponden a elevaciones del terreno de similar altura que las colinas, pero con cimas más amplias, redondeadas y alargadas, y gradientes entre 8 y 16 %.

hacia las regiones de la sierra, la presencia de grandes movimientos en masa evidencia que una intensa actividad geodinámica modificó 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), los factores que producen la extrema hiperaridez 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 & 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 km era necesaria para causar hiperaridez extrema a lo largo de la margen oriental de la cuenca Calama en el norte de Chile.

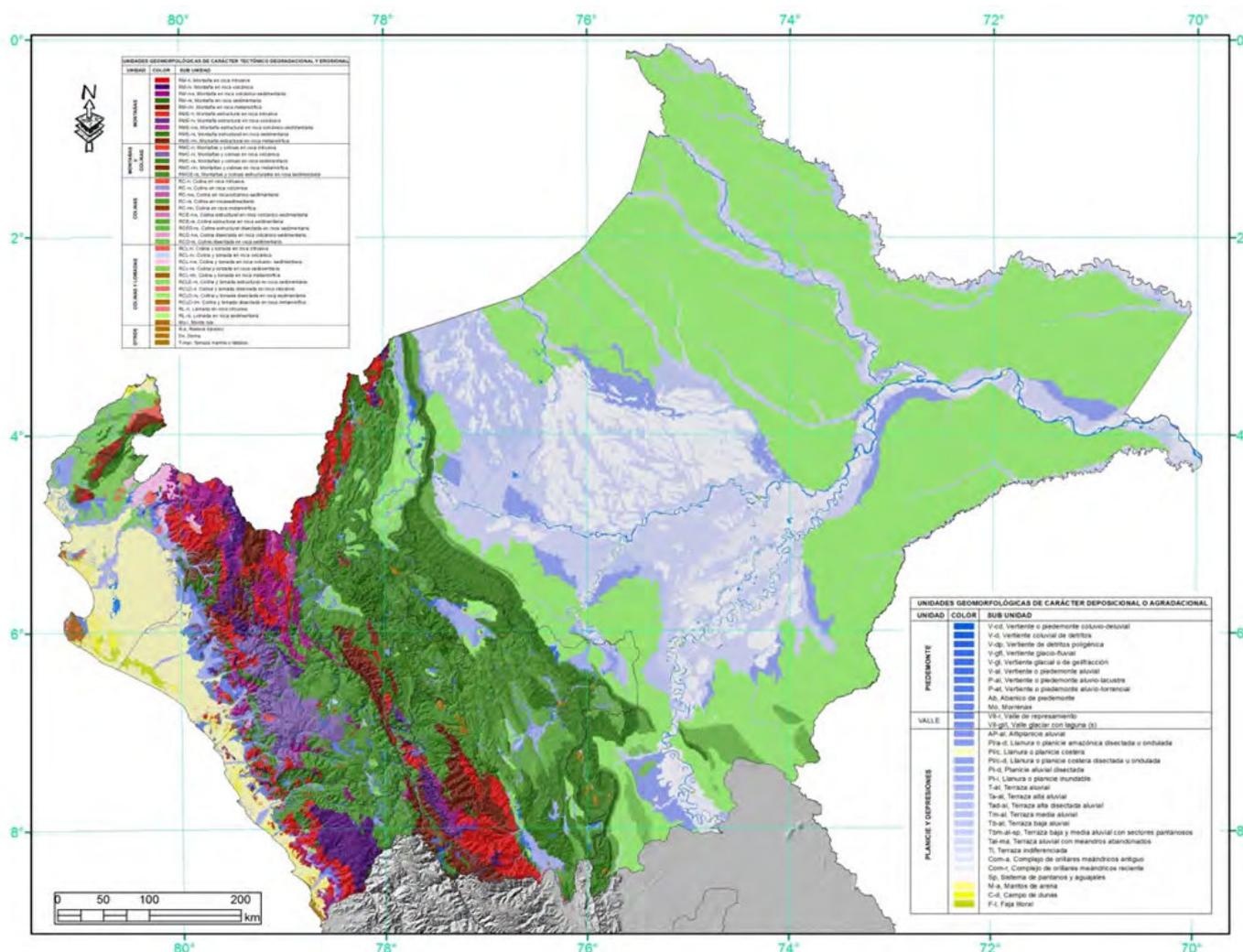


Figura 1. Subunidades geomorfológicas del Norte peruano. Se observa que el territorio del norte del Perú está cubierto en un ~41 % por geofomas de colinas y lomadas modeladas principalmente en rocas sedimentarias, y en un ~25 % por geofomas de relieve montañoso modeladas en rocas sedimentarias, volcánicas, volcánico-sedimentarias, metamórficas, e intrusivas. Las geofomas fluviales asociadas a procesos de agradación ocupan un ~35 % del área.

4. Unidades geomorfológicas en el Norte peruano

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

- 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.

Las geofomas 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, glaciares, corrientes marinas, mareas, y 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

- Bocco, G., Velázquez, A., Mendoza, M. 2001. GIS-based regional geomorphological mapping for land-use planning. *Geomorphology*, v. 39, p. 211-219.
- Gutiérrez-Elorza, M., Peña-Monne, J.L. 1996. Geomorphology and late Holocene climatic change in northeastern Spain. *Geomorphology*, v. 23, p. 205-217
- 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.
- Pedraza, J. 1996. Geomorfología: Principios, metodología y aplicación. Editorial Rueda, S. L., Madrid.
- Rech, J., Currie, B., Michalski, G., Cowan, A. 2006. Neogene climate change and uplift in the Atacama Desert, Chile. *Geology*, v. 34, p. 761-764.
- Sébrier, M., Lavenu, A., Fornari, M., Soulas, J.P. 1988. Tectonics and uplift in Central Andes (Peru, Bolivia and Northern Chile) from Eocene to present. *Géodynamique*, v. 3, p. 85-106.
- Verstappen, H.T., van Zuidam, R.A. 1991. The ITC system of geomorphologic survey: A basis for the evaluation of natural resources and hazards. ITC, Enschede, 2nd ed., p. 89.
- Villota, H. 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Instituto Geográfico Agustín Cadazzi.
- Zavala, B. 2011. Mapas geomorfológicos, herramienta temática básica para el ordenamiento territorial. *Revista Institucional del INGEMMET*, v. 3, n° 10, p. 8-9.
- Zavala, B., Rosado, M. 2010. Riesgo geológico en la región Cajamarca. *Boletín del INGEMMET, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, v. 44, 396 p.