

FERNANDO ALLENDE ÁLVAREZ*, RAÚL MARTÍN-MORENO** y PEDRO NICOLÁS MARTÍNEZ**

* Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid

** Departamento de Didácticas Específicas. Universidad Autónoma de Madrid

Un planeta montañoso. Una aproximación a la clasificación de las montañas de la Tierra

RESUMEN

En este trabajo se pretende realizar una clasificación de las montañas terrestres. Con este fin se elabora una tipología que utiliza elementos culturales, morfotectónicos y bioclimáticos. Se parte de los conceptos de montaña y cordillera percibidos por montañeros, artistas, viajeros y estudiosos del mundo de las montañas. A estas consideraciones se añaden las derivadas de su ubicación y disposición para, acto seguido, clasificar las montañas según sus características morfotectónicas y bióticas. Desde esta doble perspectiva se obtiene una visión de conjunto del relieve montañoso novedosa y poco abordada en la literatura científica. A modo de síntesis y aportación de interés, el trabajo se ilustra con dos figuras en las que se muestran las montañas y cordilleras con su distribución geográfica y su tipología.

RÉSUMÉ

Une planète montagneuse. Une approximation à la classification des montagnes de la Terre. - Dans ce travail, nous faisons une classification des montagnes du monde. À cette fin, nous avons élaboré une typologie qui utilise des éléments culturels, morpho tectoniques et bioclimatiques. Elle part des concepts de montagne et de chaîne de montagnes que les alpinistes, les artistes, les voyageurs et les spécialistes du monde de la montagne perçoivent. À ces considérations s'ajoutent celles dérivées de leur emplacement et leur disposition afin de classer les montagnes en fonction de leurs caractéristiques morpho tectoniques

et biotiques. En guise de synthèse et d'apport d'intérêt, cette recherche est illustrée à l'aide de deux figures qui montrent les montagnes et les massifs montagneux par leur répartition géographique et leur typologie.

ABSTRACT

A mountainous planet. An approximation to the classification of the Earth's mountains. This work aims to make a classification of the Earth's mountains. For this purpose, a typology that uses cultural, morphotectonic and bioclimatic elements is developed. It is based on the concepts of mountain and mountain range perceived by mountaineers, artists, travelers and scholars. To these considerations are added those derived from their location and disposition in order to immediately classify the mountains according to their morphotectonic and biotic characteristics. As a synthesis and contribution of interest, the work is illustrated with two figures showing the mountains and mountain ranges with their geographical distribution and typology.

PALABRAS CLAVE/MOTS CLÉ/KEYWORDS

Cordillera, morfoestructura, tipología de montañas, formas de relieve, bioclima.

Chaîne de montagnes, morphostructure, typologie de montagnes, formes de relief, bioclimat.

Mountain range, morphostructure, mountain typology, landforms, bioclimate.

1. OBJETIVOS, INTRODUCCIÓN Y MÉTODO

Como objetivo fundamental de este trabajo se plantea la elaboración de una clasificación de las montañas de la tierra. En esta taxonomía se pretende unificar dos métodos de clasificación y caracterización que integren, en la medida de lo posible, elementos objetivos y perceptivos que son considerados como determinantes. La taxonomía se construye utilizando, como criterio inicial, la dimensión y el volumen, lo que permite precisar los conceptos de montaña y de cordillera; a continuación se analiza la configuración y distribución de las montañas por continentes.

En tercer lugar, se incorporan los trabajos de geomorfología estructural que resultan claves para la generación de una agrupación en la que la morfología adquiere un peso específico y en el que la litología es un acompañante básico pero no definitivo. Por último, de la biogeografía se extraen, considerando la latitud y las condiciones biológicas y climáticas, diferentes «facies» de montañas. En este último apartado las aportaciones de Körner y otros (2011a y 2011b) sobre la «rugosidad superficial» son un elemento fundamental para representar las montañas del mundo (su información se utiliza en la cartografía como un elemento de referencia). A este grupo de «factores elementales» se

añade el conocimiento complementario y necesariamente sintético procedente de la percepción de viajeros de diferentes épocas y con diferentes motivaciones.

En una etapa inicial del conocimiento de las montañas dominaron las clasificaciones perceptivas y holísticas y fueron consideradas, simplemente, elementos destacados sobre la superficie terrestre. En este periodo se incluyeron casi todas las montañas conocidas del mundo, pero quedaron excluidas las más modestas, aquellas que no se elevan lo suficiente. Esta visión, en la que los factores altitudinales (considerando siempre su origen y formación) son protagonistas, domina durante muchos siglos; así lo apreciaron, con mayor o menor sutileza, Steno en el siglo XVII, Lyell, Hutton y Buffon en el XVIII o, ya en el tránsito al XIX y con una visión integradora, Alexander von Humboldt¹. A principios del siglo XX esta visión era aún perceptiva, aunque no carente de rigurosidad. Reclús califica la montaña dentro de los medios telúricos donde es, «entre los distintos medios que presenta la Tierra, uno de los que, por su conjunto de condiciones físicas, determina con la mayor fuerza en sus habitantes, un carácter particular, hábitos y costumbres propias de singular y notable originalidad» (54: 1932). En la *Geografía universal* de Reclús y más concretamente en el tomo dedicado a Europa, los Alpes son la verdadera montaña frente al resto al que apenas le dedica un párrafo. Para Reclús «los montes aprisionados en la península Ibérica son bien poca cosa para la vida de Europa» (60: 1906).

Salvando las distancias, en esta línea encajarían las reflexiones de Debarbieux (2001) acerca de la consideración de la montaña como un objeto geográfico en el que integran «les plus grands reliefs de la surface de la Terre» y se definen por una «structure paysagère différenciée». Este acercamiento perceptivo tiene su punto de inflexión cuando Wegener, en las primeras décadas del pasado siglo, desarrolla su teoría de la deriva continental inspiradora de la teoría de la tectónica de placas. Hasta ese momento la distribución de las montañas y cordilleras de la Tierra se percibe, en origen, como algo caótico y caprichoso. Hay lugares en el mundo donde las grandes cimas se concentran en áreas relativamente pequeñas, y otros donde hay que recorrer miles de kilómetros para encontrar apenas unas colinas. Pero, a partir del afianzamiento y aceptación de esta teoría el reparto de los gran-

des relieves terrestres obedece a una lógica geológica y a un patrón tectónico bien definido que además va a ser responsable, en parte, de su tamaño y formas actuales. Como señala Martínez de Pisón (23: 2015) «cada montaña está en el sitio y tiene el aspecto que geológicamente le corresponde a su edad, a sus rocas, a los desplazamientos de las placas, a los mecanismos que la emplazaron y a las fases orogénicas acumuladas que ha sufrido».

Un antecedente, con identidad propia, lo constituye la publicación de *La montaña* de Herzog. En la introducción de la edición española (vi: 1967) Solé Sabarís destaca las dificultades en el conocimiento de las montañas y señala que «el verdadero descubrimiento de la montaña se debe a los alpinistas y excursionistas que se decidieron a escalar sus cimas y a reconocer sus rincones [...] a los topógrafos que levantaron los mapas que representan la faz de las montañas, a los botánicos que catalogaron su flora, a los zoólogos, especialmente a los entomólogos y a los espeleólogos que con entusiasmo arriesgaron sus vidas ahondándose en las entrañas de la Tierra. A tantos y tantos estudiosos que recorrieron los pueblos serranos [...] y en fin, por qué no, a todos los amantes de la Montaña y la Naturaleza». Esta reflexión pone de manifiesto las dificultades y heterogeneidad de perspectivas a la hora de «clasificar» las montañas. El propio Herzog (1967) lo intenta y, a nuestro modo de ver, lo consigue en parte y gracias a la ayuda de excelentes colaboradores (Courthou, Couzy, Escarra, Franco, Granpierre, etc.). En su libro aborda las conocidas (europeas) y menos conocidas montañas (centroasiáticas entre otras) y plantea una auténtica multitipología montañosa que recoge alpinismo, mitos, geología e inclusive una auténtica geografía de las montañas en la que se establecen dos partes que recogen el medio natural y humano.

En el método de trabajo se consideró, como imprescindible, la integración de las fuentes de información bibliográfica con la información digital disponible.

La bibliografía se dividió en tres apartados temáticos bien diferenciados: geomorfología/geología de carácter estructural, obras de biogeografía general, y estudios y relatos de viajeros y científicos. A lo anterior se incorporó información más específica sobre ámbitos concretos y la documentación aportada por viajeros, eruditos y científicos desde finales del siglo XIX.

En el segundo grupo de fuentes se utilizó una ingente cantidad de información digital que se integró en un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.4) y, para su representación gráfica, se seleccionó World Geodetic System 1984. Los formatos variaron en función de la naturaleza de la fuente: GEOTIFF para la información *raster* y *shapefile* para las diferentes capas de información

¹ Como obras de referencia se utilizaron los trabajos de G. Scherz (ed., 1969) para Steno, la edición facsímil de la obra de Lyell (1835), las reflexiones de García Cruz acerca de Hutton (2004), las ideas de Buffon recogidas en Poirier (2017) o, en el caso de Humboldt, la *Vista de las cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América* (2010).

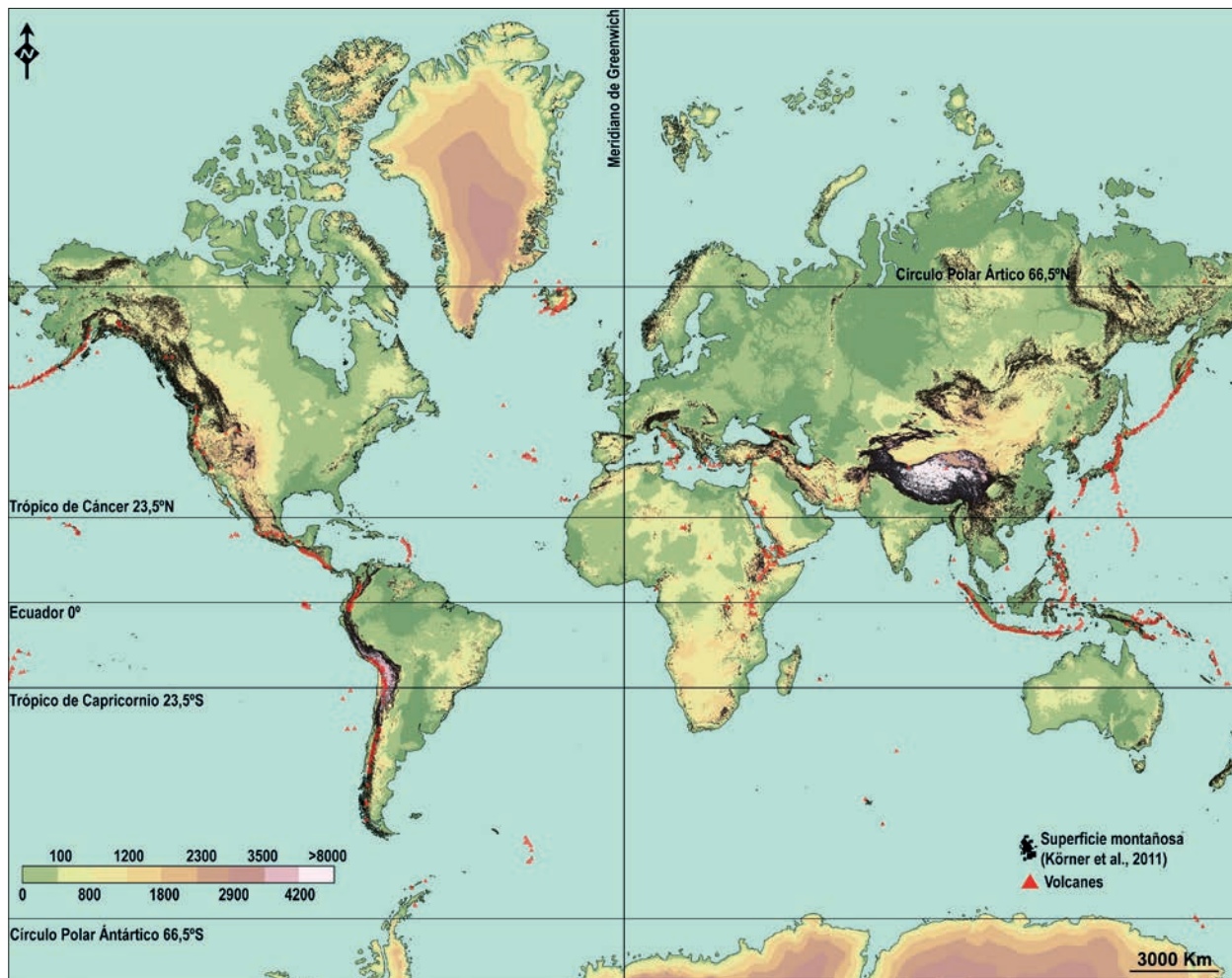


FIG. 1. La distribución de montañas y cordilleras. Elaboración propia a partir de MDE ASTER GDEM V1 (NASA Earthdata); superficie montañosa, Körner (2011b).

vectorial. Con el objeto de conseguir un mejor manejo y tratamiento de los datos, se eligió como criterio gráfico y de procesamiento la escala global para la distribución altitudinal y continental de las montañas y la continental para la representación a menor escala. Entre las fuentes digitales de referencia se incluyeron:

- Modelo Digital de Elevaciones en formato GEOTIFF disponible a escala mundial y modificado del MDE ASTER GDEM V3 (NASA EARTHDATA, 2018).
- Rejillas latitudinales de referencia y Meridiano de Greenwich en formato shapefile (<<http://www.natureearthdata.com/downloads>>).
- Océanos, mares y volcanes en formato shapefile (<<http://www.natureearthdata.com/downloads>>, EARTH, 2019).

- Reinos biogeográficos en formato shapefile (<<http://www.natureearthdata.com/downloads>>, 2019).
- Delimitación de las áreas montañosas acorde a los criterios de rugosidad planteados por Körner y otros (2011b) y disponible en formato shapefile en Global Mountain Biodiversity Assessment (<https://ilias.unibe.ch/goto_ilias3_unibe_file_1047348_download.html>).

Caso especial supuso el continente antártico:

- Límites continentales y de las plataformas de hielo de Weddell y Ross en formato shapefile (British Antarctic Survey Geodata Portal. Mapping & Geographic Information Center, 2018).

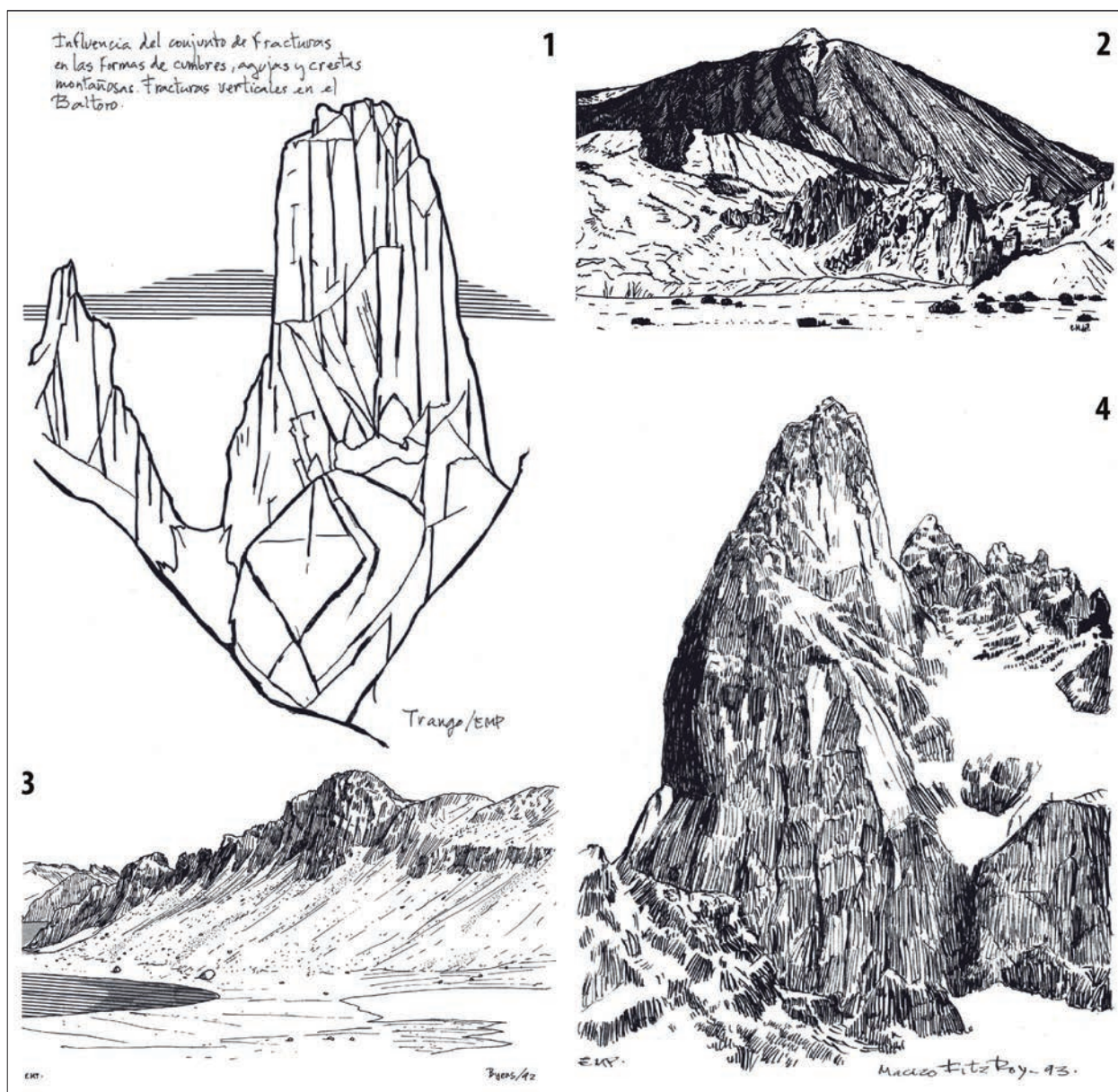


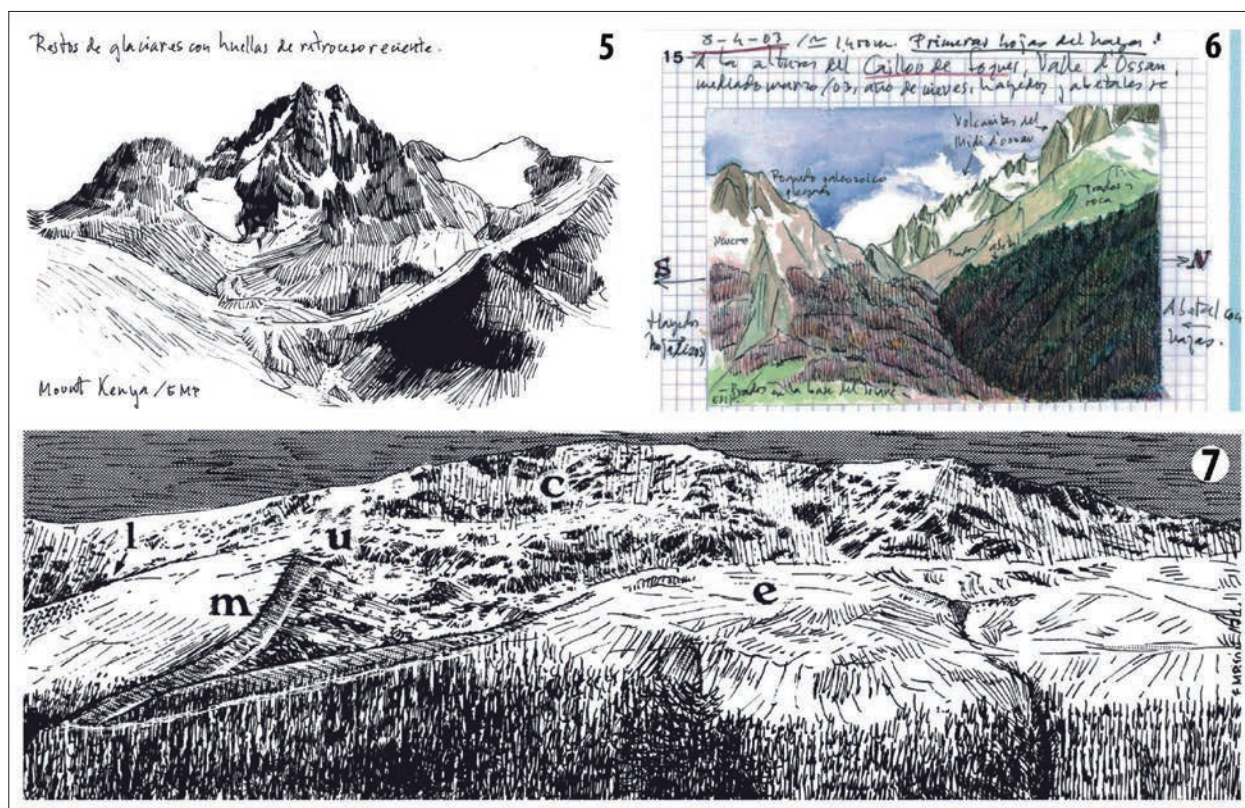
FIG. 2. Algunas montañas «percibidas» por el viajero-geógrafo (dibujos originales de Eduardo Martínez de Pisón). 1. Torre del Trango (Karakórum). 2. Teide (islas Canarias). 3. Península Byers (Antártida). 4. Fitz-Roy (Patagonia). 5. Kilimanjaro (Kenya). 6. Valle d'Ossau (Pirineo francés). 7. Peñalara (Sistema Central).

- MDE en formato ASCII (<<https://www.bas.ac.uk/data/our-data/maps/online-mapping-resources/>>).

Finalmente, en las conclusiones se muestra como aportación fundamental una cartografía en la que se presenta una taxonomía de las montañas del mundo (Fig. 15).

II. UNA NECESARIA APROXIMACIÓN A LA DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS DE MONTAÑA Y CORDILLERA

Las montañas son sin duda uno de los componentes más característicos y representativos del paisaje terrestre.



Además, son elementos muy comunes pues están presentes en todos los continentes y en la mayoría de las regiones del globo, llegando a cubrir un 24 % de la superficie terrestre (MEYBECK y otros, 2001) (Fig. 1). Existe, sin embargo, un componente subjetivo a la hora de definir qué es una montaña; lo que para un nepalí del Himalaya es apenas un cerro, para un habitante de las llanuras europeas o de las Islas Británicas podría conceptuarse como una gran montaña. Se necesita, por tanto, una definición objetiva a la hora de concretar a qué nos referimos cuando nos referimos a la montaña. La tarea es más compleja de lo que a primera vista puede parecer (BYERS y otros, 2013) pues, de hecho, no existe consenso a la hora de proponer una definición aplicable a escala global (OWENS y SLAYMAKER, 2004). Estos autores recogen numerosos trabajos que tratan de dilucidar el mejor criterio para lograr la definición de montañas, que van desde aquellos que utilizan razones geomorfológicas (BARSCH y CAINE, 1984) a ecológicas (TROLL, 1972, 1973). De todas ellas creemos que se pueden extraer las siguientes características identificativas, aunque no todas imprescindibles: elevación/altitud; gradientes/pendiente; dominio del terreno rocoso; presencia de nieve y hielo; sucesión de pisos bioclimáticos; elevada energía potencial con movimientos

de sedimentos; evidencias en el paisaje de glaciaciones cuaternarias y, por último, actividad tectónica e inestabilidad (OWENS y SLAYMAKER, 2004). Martínez de Pisón (2015), resume aún más esos denominadores comunes hasta dejarlos en dos: elevación y volumen notables.

En lo que respecta a la definición de cordillera parece existir más consenso. El grado de continuidad es una variable que se ha utilizado desde antiguo, tanto para el concepto de cordillera (NOVO, 1949; TERÁN, 1977), como para su clasificación. Fairbridge (1968) propone una ordenación en categorías de sistemas montañosos que van desde montañas aisladas a las grandes cordilleras que abarcan continentes. Martínez de Pisón (2015) también recurre al criterio de la continuidad a la hora de definir una cordillera; en concreto hace referencia a la alineación de volúmenes rocosos, donde incluso incluye las agrupaciones de volcanes.

III. LAS TAXONOMÍAS PERCEPTIVAS

De Martínez de Pisón en la primera parte de *La montaña y el arte* (2017) se puede deducir una taxonomía perceptiva de referencia en la que las montañas se dividen en

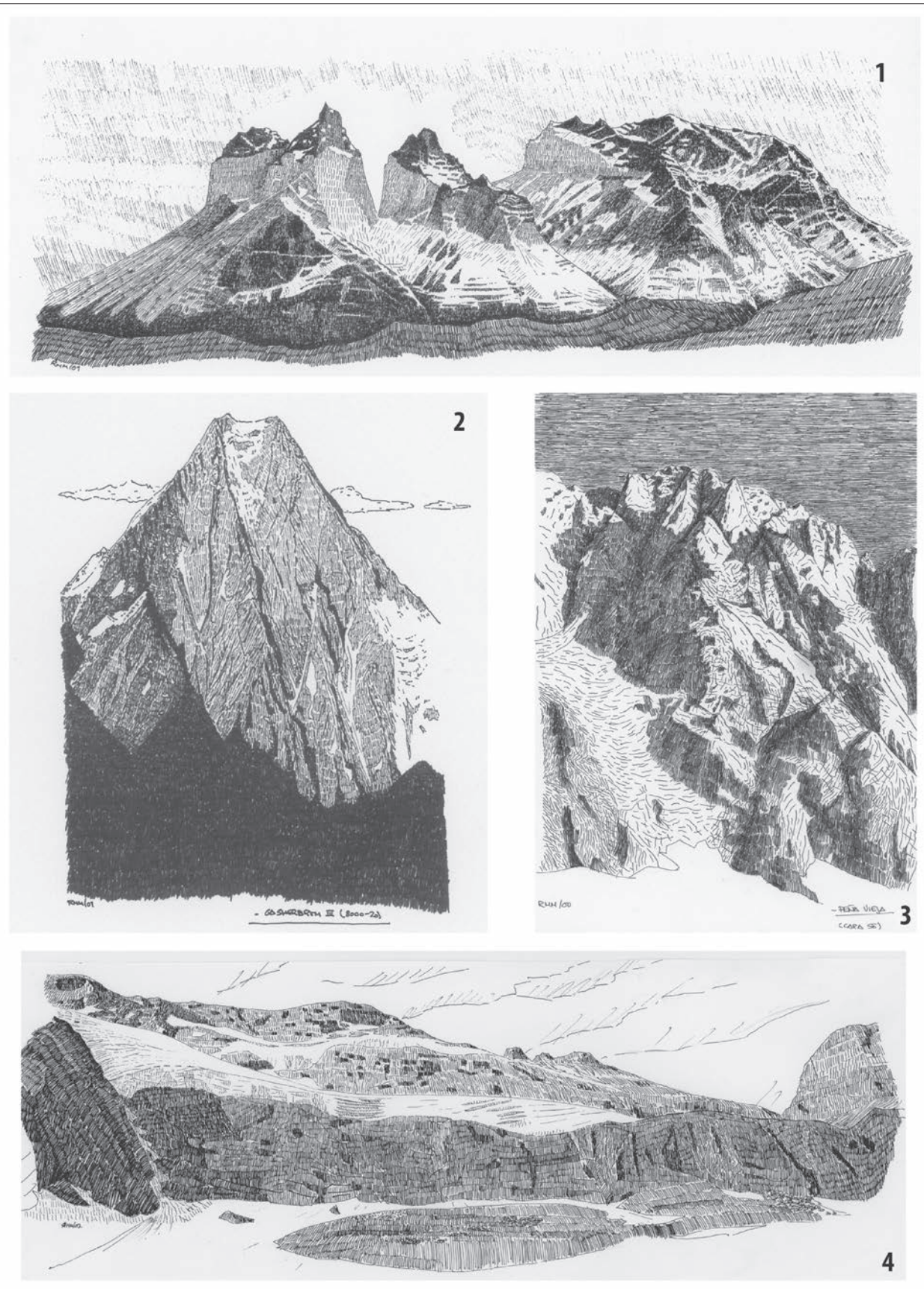


FIG 3. Otras montañas dibujadas por el geógrafo (dibujos originales de Raúl Martín-Moreno). 1. Macizo del Paine (Patagonia). 2. Gasherbum IV (Karakorum). 3. Peña Vieja (Picos de Europa). 4. Monte Perdido (Pirineos).

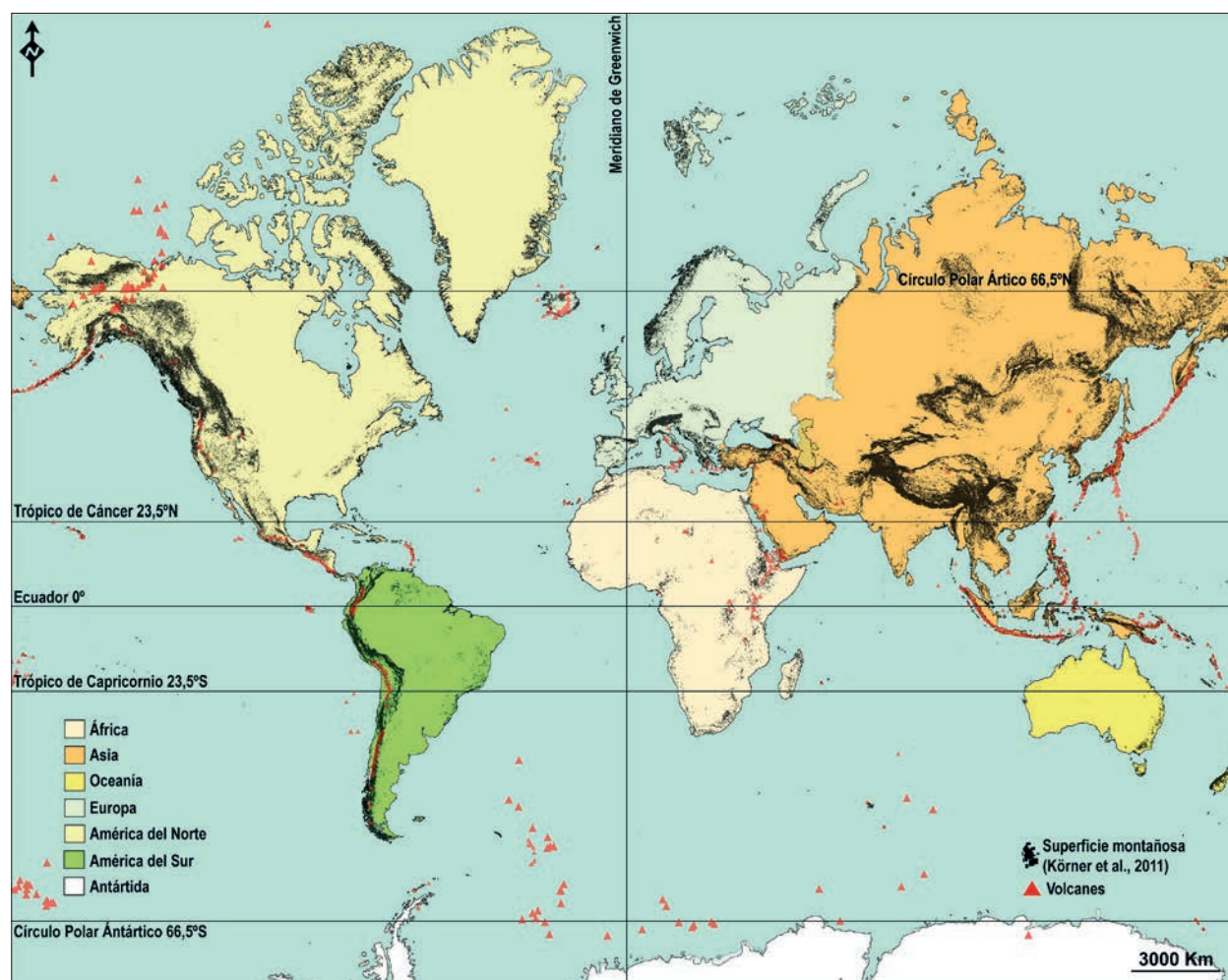


FIG. 4. La distribución de las montañas en los continentes. Elaboración propia a partir de las ecorregiones terrestres de The Nature Conservancy Terrestrial Assessment Units (14 de diciembre de 2009); superficie montañosa, Körner (2011).

tres: escritas, pintadas y sonoras. Esta aproximación se genera desde una perspectiva con claros tintes evolutivos y con un fuerte sentimiento viajero, cultural, deportivo y científico (Figs. 2 y 3). Este sentimiento Martínez de Pisón y Sebastián Álvaro lo explicitan en *El sentimiento de la montaña*: «En la montaña se combinan dos factores que difícilmente aparecen juntos en otras prácticas deportiva: la emoción y el recuerdo de las sensaciones vividas» (8: 2002). Bajo esta perspectiva las montañas propias, las próximas, las más queridas, ocupan un lugar y las demás, desde una visión quizás excesivamente simplista, otro. En este apartado solo trataremos, de otra manera sería imposible, las montañas percibidas como una experiencia real por viajeros, exploradores y montañeros.

Las clasificaciones perceptivas más impactantes son las que tienen como referencia los volúmenes de las gran-

des montañas asiáticas, las de los primeros viajeros y exploradores que ven el Himalaya y el Karakórum. Estos las avistan y descubren (con ojos europeos), por primera vez y no sin cierta sorpresa, en la segunda mitad del siglo XIX. Sus grandiosas dimensiones son apreciadas por Andrew Waugh en el Chomolungma y por Henry Haversant Goswin-Austen en el Chogori (rebautizados Everest y K2 respectivamente). Younghusband en su itinerario por el paso de Mushtag refleja su sorpresa ante lo desconocido «al llegar ante ellas (algo que pensaba que era un montículo de piedras) me sorprendió ver que eran montículos de hielo» de hecho, «era el extremo del glaciar que descendía del paso del Mushtag» (83: 2103); es uno de los exponentes de las primeras aproximaciones a lo desconocido. La dimensión de estas montañas impide su apreciación y mucho menos su tipificación objetiva dadas

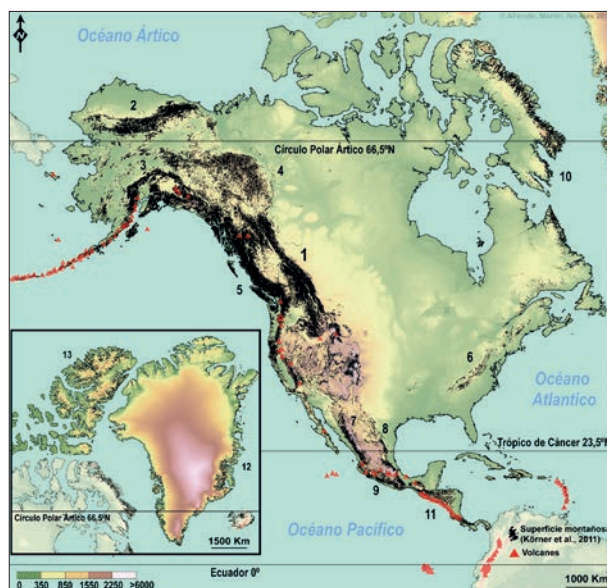


FIG. 5. América del Norte y Groenlandia. 1. Montañas Rocosas (Monte Elbert, 4.401 m). 2. Cordillera de Brooks (Monte Isto, 2.736 m). 3. Cordillera de Alaska (Denali, 6.194 m). 4. Montes Mackenzie (Mackenzie, 2.143 m). 5. Montañas Costeras (Monte Waddington, 4.019 m). 6. Montes Apalaches (Monte Mitchell, 2.037 m). 7. Sierra Madre Occidental (Cerro Gordo, 3.352 m). 8. Sierra Madre Oriental (San Rafael, 3.720 m). 9. Sierra Madre del Sur (Quie Yelaag, 3.720 m). 10. Labrador/Baffin (Mount Caubvick, 1.652 m / monte Odin, 2.147 m). 11. Cordillera de Talamanca (Cerro de Chirripó, 3.820 m). 12. Cordillera de Watkins (Monte Gunnbjørn, 3.693 m). 13. Ellesmere (Barbeau, 2.616 m). Elaboración propia a partir de MDE ASTER GDEM V1 (NASA Earthdata); superficie montañosa, Körner (2011).

las enormes e inalcanzables dimensiones para la época. Esta situación era diferente en las montañas europeas más altas y magníficas (los Alpes centrales) que, taxonómicamente, eran la referencia hasta entonces. El dimensionamiento de la montaña europea estaba superado, al menos parcialmente en esas fechas, ya que casi cincuenta años antes que en Asia había sido coronado el Mont Blanc o Monte Bianco por Balmat (aunque no debemos dejar de citar aquí a de Saussure). La montaña europea introducía una categoría que separaba sus altas cimas del resto en una mezcla de lo mítico, la realidad, lo grotesco y lo novelesco que muchas veces se entremezclaban (Tartarín es un buen ejemplo). El resto de montañas, inabarcables en este artículo, cuando no ignoradas y escasamente pintadas, escritas u oídas, ocupaban un segundo lugar. La lejana Siberia entre los Urales y el Pacífico, las rocosas americanas o el Ártico canadiense, Virunga, Nueva Zelanda, Winson, los Andes... son una *melange* nada despreciable pero aún carente del protagonismo que centralizaba el descubrimiento de la gran montaña asiática.

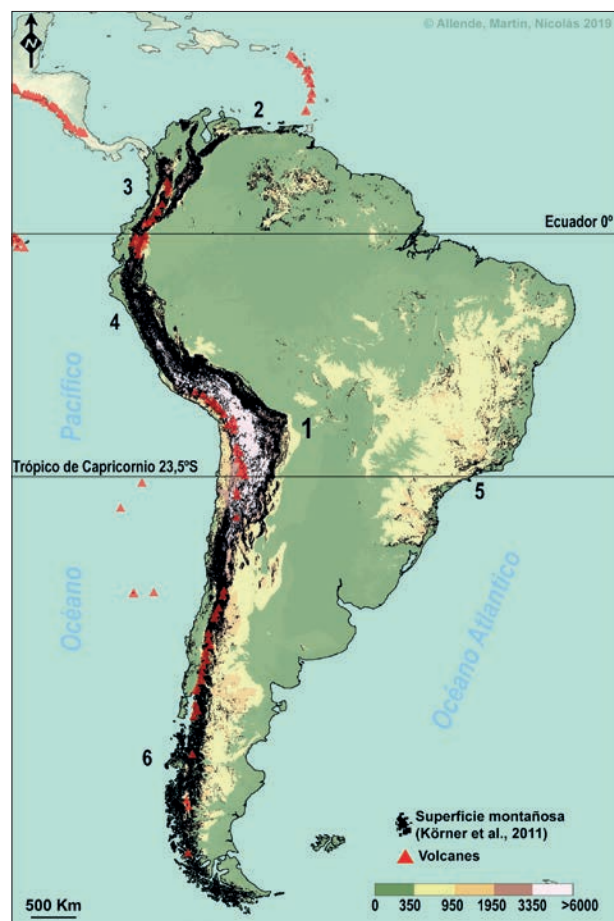


FIG. 6. América del Sur. 1. Andes (Aconcagua, 6.961 m). 2. Cordillera Oriental (Sierra Nevada del Cocuy, 5.410 m). 3. Cordillera Occidental (Cerro Tatamá, 4.200 m). 4. Cordillera Real (Janq'u Uma, 6.427 m). 5. Cordillera Atlántica Brasileña (Pico da Bandeira, 2.892 m). 6. Patagonia (Cerro Domuyo, 4.707 m). Elaboración propia a partir de MDE ASTER GDEM V1 (NASA Earthdata); superficie montañosa, Körner (2011).

Dentro de las montañas percibidas consideramos las montañas conquistadas. La conquista física de las mismas implica, aunque quizás no de manera implícita, una taxonomía en la que existen montañas húmedas, secas, continentales o con influencias marinas; todas son frías pero aún podemos incluir otra subcategoría que incluye las árticas y antárticas gélidas. Esta clasificación está presente desde el primer instante en el que Luis Amadeo de Saboya aborda «su» espolón de los Abruzzos en el K2, asciende el San Elías, se entrena en el Mont Blanc o dirige una expedición al Rwenzori. El duque tiene claro, al menos desde lo deportivo y por una amplia perspectiva viajera, cómo son los principales rasgos de esas monta-

ñas. Esta clasificación pluricontinental de las montañas, salvo la visita a las antárticas y andinas, puede ser de las primeras consecuentes y a la vez inconscientes desde lo deportivo y lo viajero. No obstante, se puede añadir una clasificación de carácter temporal (de temporada que no de tiempo) o asociada a su dificultad. Las primeras expediciones que buscaban coronar las grandes cumbres de la tierra tenían una meta común (limitada por las técnicas disponibles): subir y cuanto más alto mejor: Lacedelli, Compagnoni o Bonatti en el K2 o Hillary, Norgay y quizás Mallory en el Everest por citar algunos. De la montaña «difícil» a la montaña repetida, tantos ochomiles como pueblas (con oxígeno o sin oxígeno): Kaltenbrunner o Messner son, entre otros, ejemplo de ello. Un paso más se inicia. Conquistado el Everest y el K2 se da el pistoletazo de salida a las especializaciones en función de la estacionalidad. En este apartado no podemos olvidar la montaña invernal de los eficientes polacos (Rutkiewicz, Wielicki, Kukuczka, Kurtyka entre otros) que exportaron la severidad de los Tatras al Himalaya y al Karakórum. A lo anterior se añaden las montañas extremas y difíciles de la Patagonia o del Ártico (la conquista del Paine o del Vinson pueden ser buenos ejemplos). O la búsqueda de la dificultad extrema o de las «primeras invernales» en los espolones, pilares o aristas europeas (Bonatti, Rebuffat, Terray por citar algunos o sudamericanas (Bonnington en el Paine entre otros). Los extremos también se alcanzan en nuestras montañas, más discretas que los ejemplos anteriores, pero no por ello menos importantes. Entre otras, señalar la conquista del Urriellu o Naranjo de Bulnes por Pidal y Gregorio Pérez, *el Cainejo* (1919) o el desarrollo en esta misma montaña de escaladas de dificultad como la apertura de «Sueños de Invierno» en 1983 por los murcianos Miguel Angel Díez Vives y Jose Luis García Gallego (*Desnivel*, 72: 2014); no menos importante es la actividad desplegada en el Yelmo (apertura de la vía sureste) de La Pedriza de Manzanares por los Kindelán o Aguilera (señalada por Bernaldo DE QUIRÓS, 1923) o la pionera ascensión de Ramond en 1802 al Monte Perdido (117: 2002). Nos faltan muchas otras montañas y visiones, igual de difíciles y quizás menos espectaculares que, sin duda, conseguiremos incluir en los siguientes apartados.

IV. LA CLASIFICACIÓN POR CONTINENTES

Para explicar la localización de las principales cordilleras de la Tierra se puede utilizar una imagen que presente una T tumbada hacia la izquierda, con una línea de

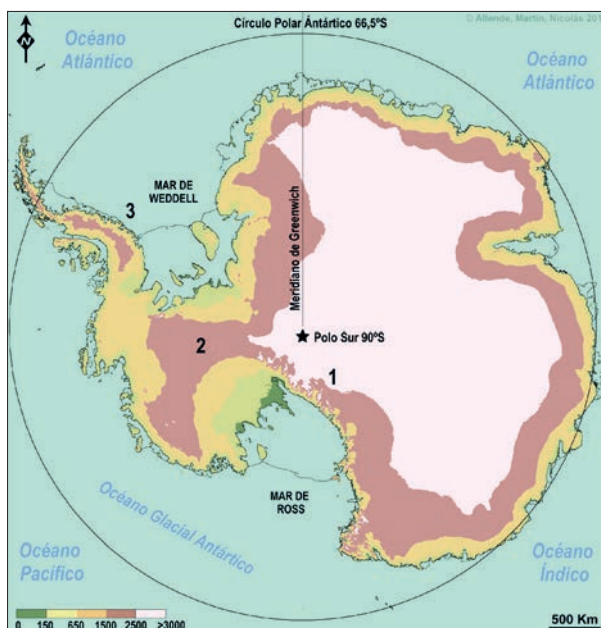
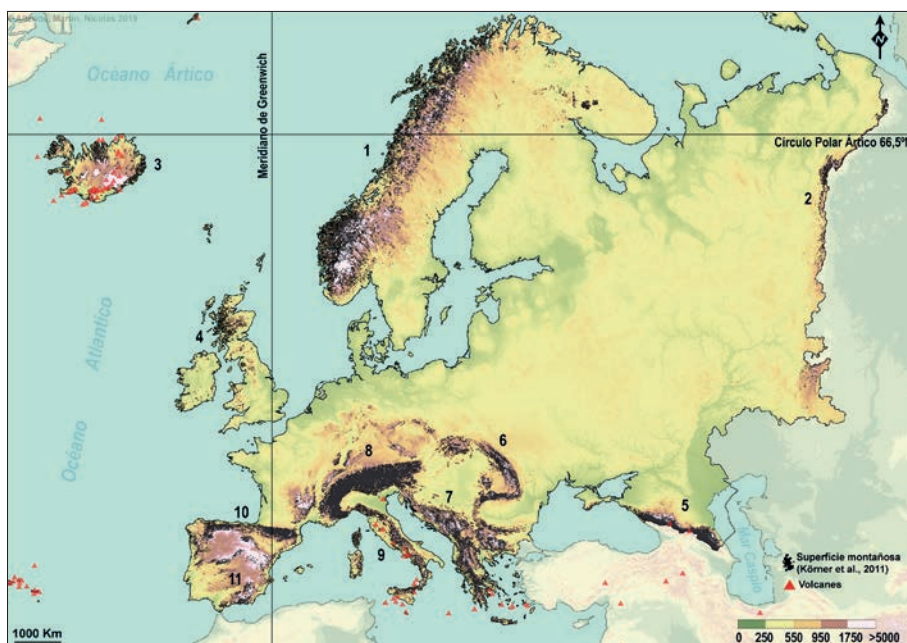


FIG. 7. Antártida. 1. Montes Transantárticos (Monte Kirkpatrick, 4.528 m). 2. Macizo del Monte Vinson/Tyree (Vinson, 4.987 m). 3. Península Antártica (Monte Jackson, 4.190 m). Elaboración propia a partir de datos del British Antarctic Survey Geodata Portal. Mapping & Geographic Information Center.

recorrido latitudinal en el frente occidental de América y otra transversal, según los paralelos, en latitudes medias bajas del hemisferio norte (Fig. 4). Esta alineación montañosa partiría de Marruecos y la península Ibérica y llegaría a las costas del sudeste asiático, cruzando incluso hasta las principales islas de Insulindia, ya en latitudes bastante menores, para entrar luego en el hemisferio sur. Este esquema, repetido tradicionalmente, es bastante correcto ya que esa gran T tumbada engloba la mayoría de las grandes montañas y cordilleras terrestres, pero hemos de reconocer que no es exhaustivo ni completo. En efecto, en esa imagen se incluyen tan solo las cordilleras más recientes y vinculadas, como veremos en otros lugares del presente artículo, a los últimos procesos de subducción y colisión de placas. Sin embargo, quedan excluidas la gran mayoría de las montañas y cordilleras de orogenias anteriores, es decir, aquellas asociadas a grandes escarpes tectónicos en zócalos y zonas de Rift continental así como las montañas volcánicas de los puntos calientes oceánicos).

A pesar de ello, y según lo arriba expresado, si realizamos un inventario no exhaustivo de las cordilleras más importantes de la Tierra deberíamos situarlas del siguiente modo: en la costa oeste de Norteamérica encontramos las montañas de Alaska, con la propia cordillera

FIG. 8. Europa. 1. Montes Escandinavos (Galdhøpiggen, 2.469 m). 2. Montes Urales (Monte Narodnaya, 1.895 m). 3. Islandia (Hvannadalshnjúkur, 2.110 m). 4. Montes Grampianos (Ben Nevis, 1.395 m). 5. Cáucaso (Monte Elbrus, 5.642 m). 6. Cárpatos (Gerlachovský štít, 2.665 m). 7. Alpes Dináricos (Cresta del Lago, 2.694 m). 8. Alpes (Mont Blanc, 4.810 m). 9. Apeninos Gran Sasso d'Italia, 2.914 m). 10. Cordillera Cantábrica/Pirineos (Torre Ceredo, 2.650 m/Aneto, 3.404 m). 11. Sierra Nevada (Mulhacén, 3.478 m). Elaboración propia a partir de MDE ASTER GDEM v1 (NASA Earthdata); superficie montañosa, Körner (2011).



de Alaska, los montes Wrangel y la cordillera Costera, que se continúan al sur por las Rocosas canadienses y norteamericanas y las montañas de la costa del Pacífico, como son la cordillera de las Cascadas y la Sierra Nevada (Fig. 5). Tras el área de la Sierra Madre de México y los volcanes del mismo México y de Centroamérica se reanuda la presencia continua de montañas en la cordillera de los Andes, la cual se extiende desde Colombia hasta su extremo meridional ya en las montañas de Tierra del Fuego (Fig. 6). Aún más al sur, esta cordillera entra, tras la interrupción oceánica, en latitudes polares mostrando las montañas de la península Antártica y de la cordillera Transantártica (Fig. 7). En las zonas orientales de América observamos cadenas montañosas más reducidas en extensión y sobre todo en altitud. Se trata, entre otras, de los Apalaches en Norteamérica y de la Sierra do Mar en Brasil, ambas construidas sobre materiales antiguos plegados y fracturados.

En la alineación zonal de las cordilleras de Eurasia (Fig. 8), la línea tumbada de la T, encontramos de oeste a este cordilleras tan importantes y populares como son el Atlas, las Béticas, Pirineos, Alpes, Balcanes, Cárpatos, Taurus, Cáucaso, Zagros e Himalayas, nombre genérico dentro del cual se incluyen como hemos visto las mayores altitudes del planeta. Las cordilleras de este sistema himaláyico son: Pamir, Hindu Kush, Tien Shan, Kun Lun, Karakórum, y el propio Himalaya, el cual penetra por oriente hasta el corazón del territorio chino en la pro-

vincia de Sichuan. Esta alineación de cordilleras continúa mediante una incurvación con rumbo norte-sur y separa dos alineaciones: las montañas de Laos y Vietnam al este y a las de Myanmar y Tailandia al oeste. Estas últimas se continúan aún más al sur para, una vez rebasado el Ecuador, finalizar en las montañas de Sumatra y Malasia, haciéndose más altas y poderosas en su extremo oriental, ya en Java y sobre todo en Nueva Guinea. Completando, y en parte distorsionando algo el esquema previo, aparecen otras cordilleras asociadas a fosas de subducción de la placa del Pacífico, que desde Nueva Guinea ascienden hacia el norte por la costa pacífica de Asia. Son las montañas de Filipinas, Japón y Corea, las cuales llegan a la península de Kamchatka donde se aproximan a las que proceden, como veremos a continuación, de Asia Central. En efecto, en Asia Central, desde el extremo norte del Tien Shan aparecen una serie de cordilleras de menor altitud y más antigüedad, que se orientan de SO a NE y llegan a alcanzar, tras atravesar la zona del lago Baikal, el territorio de Siberia Oriental. Algunas de estas montañas muestran notables altitudes y desniveles, como es el caso de los Montes Altai, la más meridional y cercana al Tien Shan; otros como los montes Kolima, en el extremo nororiental, se sitúan ya en latitudes prácticamente polares (Fig. 9). Cordilleras similares, más aisladas, más septentrionales y a occidente, son los Urales y, semejantes por sus materiales y edad pero situadas mucho más al oeste, hemos de citar las montañas de Escandinavia.

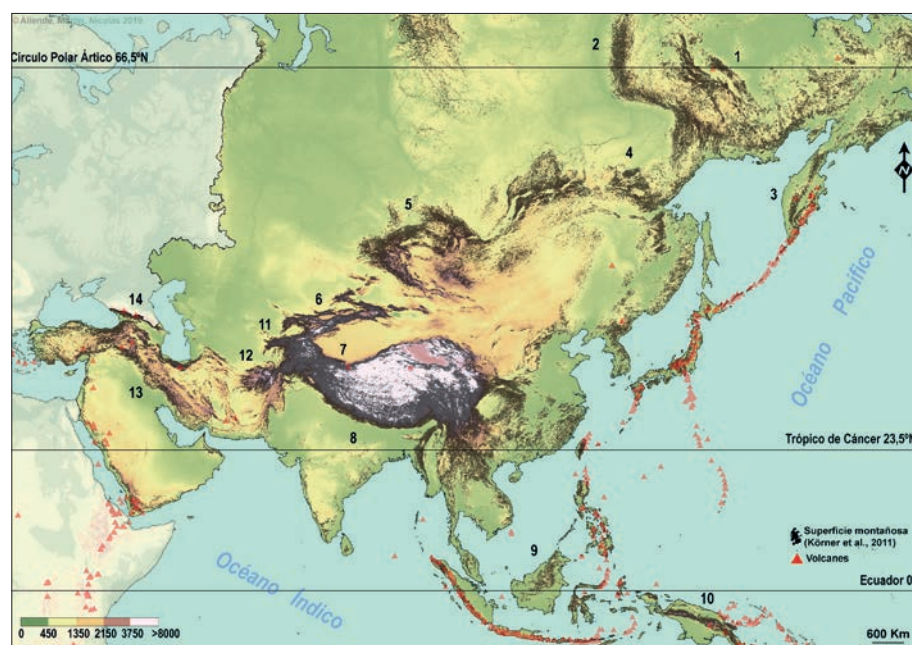


FIG. 9. Asia. 1. Montes Chersky (Pobeda, 3.147 m). 2. Montes de Verjoyansk/Suntar-Khayata (Mus-Khaya, 2.959 m). 3. Cordillera Central (Kliuchevskói, 4.835 m). 4. Montes Stavanoy (Skalisty, 2.482 m). 5. Altai (Beluja 4.506 m). 6. Tien Shan (Jengish Chokusu, 7.439 m). 7. Karakórum (K2-Chogori, 8.611 m). 8. Himalaya (Everest-Chomolugma, 8.848 m). 9. Kinabalu (4.095 m). 10. Cordillera del Surinam (Puncak Jaya, 4.884 m). 11. Pamir (Ismail Samani, 7.495 m). 12. Hindu Kush (Tirich Mir, 7.690 m). 13. Montes Zagros (Zard Kuh, 4.548 m). 14. Cáucaso (Elbrus, 5.642 m). Elaboración propia a partir de MDE ASTER GDEM V1 (NASA Earthdata); superficie montañosa, Körner (2011).

África (Fig. 10) es el continente menos montañoso del planeta; no por ello sus cordilleras dejan de poseer interés por su gran originalidad respecto a las del resto de la Tierra. Al margen del Atlas marroquí-argelino, la única verdadera cadena alpina africana, las restantes están en su mayoría vinculadas o a puntos volcánicos sobre corteza continental, en especial en la zona del Rift Oriental pero también en la zona sahariana y subsahariana, o a los bloques tectónicos asociados a esas zonas de Rift. Las más importantes son las áreas volcánicas del Hoggar y el Tibesti en el Sahara, pero sobre todo las del África Oriental, las cuales se disponen desde el Mar Rojo hacia el sur por la zona del Gran Rift y de los Grandes Lagos. Se trata de los montes Amhara en Etiopía, de los macizos del Kenia, Elgon y Kilimanjaro o, en el borde occidental del Rift, la cadena de los Ruwenzoris y más al sur los Mitumba. Aproximadamente a latitud tropical cesan las montañas asociadas al Rift y aparecen las originadas por grandes escarpes sobre rocas antiguas. Es el caso de la cordillera Drakensberg en el extremo suroriental de África.

En Oceanía (Fig. 11) las montañas de Australia se sitúan en el extremo oriental en la llamada Gran Cordillera Divisoria. Son montañas antiguas en zócalos fracturados. Las de Nueva Zelanda, algo más al sur que las más meridionales de Australia y Tasmania, forman los imponentes Alpes Neozelandeses o meridionales en la Isla Sur y la cordillera Kaimanawa en la Isla Norte. Las montañas neozelandesas se sitúan sobre bordes de placas cuyo con-

trastado comportamiento tectónico, en la norte subsidente y en la sur convergente, explica las diferencias entre ambas islas.

Por su parte, los numerosos puntos calientes localizados sobre la corteza oceánica y en ocasiones sobre las propias dorsales explican las islas volcánicas, algunas de ellas con edificios montañosos de enorme entidad, como puede ser el caso de la isla de Tenerife y el Teide, en el archipiélago canario, o las montañas de Hawai con el Mauna Kea entre muchas otras.

V. LAS CLASIFICACIONES BASADAS EN CRITERIOS BIÓTICOS Y MORFOLÓGICOS

Como ya señalamos anteriormente, es a partir de la reformulación de la teoría de Wegener en la década de los sesenta del siglo XX (FRANKEL, 1988) cuando se establecen las bases morfotectónicas para la comprensión del relieve terrestre, y se inician las reflexiones en torno al origen distensivo o compresivo de las grandes cordilleras. Con la evolución de las ciencias de la naturaleza a la definición de las montañas se suman disciplinas como botánica, ecología o climatología. A partir de aquí, las montañas empiezan a ser interpretadas como geo-biosistemas con un pasado común y con unas particularidades bioclimáticas directamente relacionadas con su altitud y ubicación geográfica. De la suma de los elementos an-

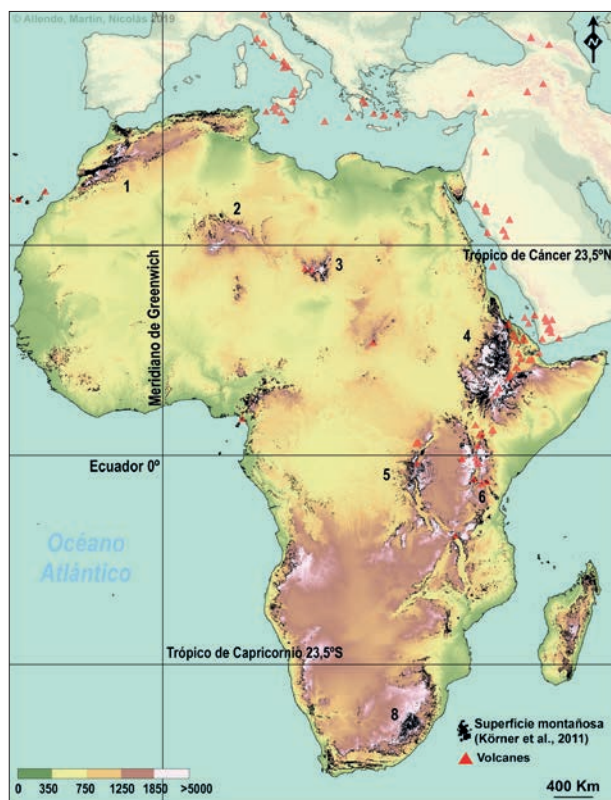


FIG. 10. África. 1. Atlas. 2. Ahaggar (Tahat, 2.908 m). 3. Tibesti (3.445 m). 4. Macizo Etíope (Ras Dashan, 4.553 m). 5. Ruwenzori (Ngaliema o Monte Stanley, 5.109 m). 6. Monte Kenia-Kilimanjaro (Uhuru, 5.891,8 m). 8. Drakensberg (Thabana Ntlenyana, 3.482 m). Elaboración propia a partir de MDE ASTER GDEM V1 (NASA Earthdata); superficie montañosa, Körner (2011).

teriores se extraen dos niveles de clasificación bien diferenciados que, finalmente, son complementarios: el primero asocia las montañas a su biorregión, bioclima y biotipo; el segundo a un dominio morfoestructural concreto. La suma de ambos considera morfoestructura y el reino biogeográfico. Resulta obvio que en nuestras consideraciones no olvidamos la variedad de casos que quedan lógicamente excluidos por razones de espacio escala.

1. BIORREGIONES, BIOCLIMAS Y BIOTIPOS

Los factores bioclimáticos regionales y locales resultan fundamentales para establecer una aproximación a una taxonomía de las montañas. En su clasificación intervienen de manera directa elementos no menos importantes y considerados inicialmente: la latitud y la longitud en la que se ubican, su elevación y su rugosidad (en la que

se introduce la pendiente como factor decisivo). Polunin y Stainton consideran en el Himalaya que la «altitude is the most important of the various factors which combine to create contrast in habitat, climate and flora. In the Deep valleys and the lower foothills of Nepal the flora is subtropical, the tropical zone extending upwards to about 1800 m. Although much of the zone is under cultivation» (xiv-xv: 1984). En este caso y para estos dos autores la precipitación, la latitud, la sombra orográfica, las orientaciones y la geología son, por este orden, los factores que determinan la biodiversidad en las montañas entre el Nanga Parbat y el Nepal. En lo Alpes, Aeschimann y otros, en su ambiciosa *Flora alpina*, señalan «Les données écologiques retenues concernent la distribution altitudinale (étages de végétation), la nature minérale du substrat, ainsi que les facteurs d'humidité, de niveau, trophique et d'acidité du sol (pH)» para indicar que «La température est indiquée indirectement par la distribution altitudinale» (33: 2004).

Ozenda (2002) considera los elementos bióticos (de detalle) y abióticos que intervienen en las montañas y realiza una aproximación a escala de región biogeográfica en la que incluye las grandes cadenas montañosas del mundo. Así considera «trois composantes liées: à l'altitude (avec un rappel des principaux gradients altitudinaux et leur expression par la phénologie); à la latitude (translation des étages de végétation); à la continentalité». Por su parte, en las aproximaciones más recientes de Körner y otros (2017) se plantea una zonificación en la que se unen las características topográficas y térmicas y se incluyen la rugosidad y la pendiente obtenidas de cartografía digital para clasificar el mundo en «seven climate-defined life zones in mountains facilitate large-scale (global) comparisons».

La presencia de montañas repartidas a lo largo y ancho del globo, desde el Ecuador hasta los polos, nos permite observar los cambios que tienen lugar en sus pisos bioclimáticos y realizar una clasificación básica en función de la presencia y distribución de estos en las montañas (Figs. 2 y 4). Desde una aproximación climática se pueden diferenciar montañas ecuatoriales-tropicales (entre los 23.5°N y 23.5°S), montañas templadas (entre 23.5°N-66.5°N y 23.5°S-66.5°S) y montañas árticas y antárticas polares (entre 66.5°-90°N y 66.5°-90°S). No obstante, la realidad es más compleja puesto que, aunque la latitud es la variable más importante, no es la única variable que permite clasificar las montañas (Körner y otros, 2011a). Así, es necesario tener en cuenta factores como la longitud, la orientación, la pendiente y la rugosidad del terreno además de las diferentes faciesaciones en

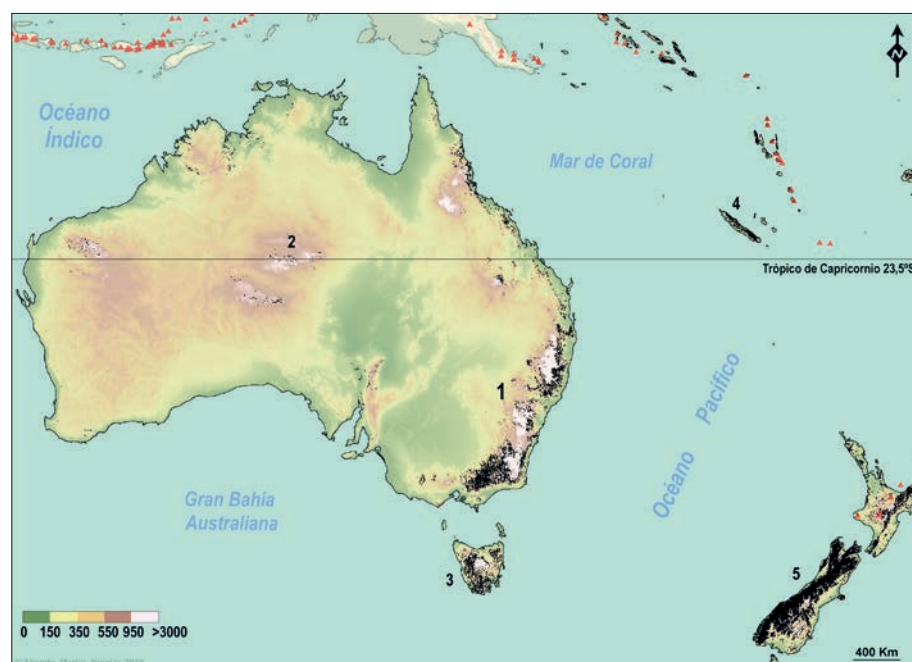


FIG. 11. Oceanía. 1. Gran Cordillera Divisoria (Monte Kosciuszko, 2.228 m). 2. Montes McDonnell (Monte Ziel, 1.510 m). 3. Montañas de Tasmania (Monte Ossa, 1.617 m). 4. Nueva Caledonia (Monte Panié, 1.628 m). 5. Alpes del Sur (Monte Cook, 3.754 m). Elaboración propia a partir de MDE ASTER GDEM V1 (NASA Earthdata); superficie montañosa, Körner (2011).

la vertical. De esta manera se establece una clasificación global en función de los factores bióticos y morfoclimáticos que, según la *GMBA Global Mountain Biodiversity Assessment*² define 7 cinturones: nival, alpino superior, alpino inferior, montano superior, montano inferior, basal con heladas y basal sin heladas. Siguiendo los criterios del GMBA basados en Körner y otros (2017) y en su dimensionamiento cuantitativo de las montañas se diferencian tres tipos: ecuatoriales-tropicales, templadas y polares (Fig. 12).

A) Montañas ecuatoriales-tropicales

Las montañas ecuatoriales-tropicales representan un 29 % del total terrestre, 4,0 M km² sobre el total de 13,8 M km² (KÖRNER y otros, 2017); pese a ello, son áreas excepcionalmente ricas en cuanto a la biodiversidad de especies se refiere (PLUMPTRE y otros, 2004). El piso predominante es el basal sin heladas con una temperatura media del periodo vegetativo (t.^a m. p. v.) de >15°C. En las montañas ecuatoriales (entre los 5°N y 5°S) este piso representa más de un 80 % del total, dando paso directamente al montano inferior (t.^a m. p. v. >10 <15°C) y, en mucha menor medida, al montano superior. Los pisos superiores (alpino y nival) son anecdóticos en

el cómputo global, quedando restringidos de forma puntual a las cumbres de las montañas más elevadas: Andes ecuatoriales (Venezuela-Ecuador) y tropicales (Cordilleras Blanca y Negra, Perú y Bolivia), Kilimanjaro, Ruwenzori entre otros. En las montañas tropicales la presencia del piso basal con heladas (t.^a m. p. v. <15°C) es significativa en el hemisferio norte (20 %), mientras que en el hemisferio sur el resto de los pisos superiores están presentes, salvo el nival, que está escasamente representado.

B) Montañas templadas

Un 69 % del total de las áreas consideradas montañosas (9,5 M km²) se incluye en esta categoría y ocupan una mayor extensión en el hemisferio norte (7,82 de M km²) que en el sur (1,68 de M km²). En estas montañas todos los pisos se suceden, en función de la altitud y la latitud en la que se localizan, de una manera más o menos homogénea. Están representados el montano inferior, el montano superior (t.^a m. p. v. >6,4 <10°C) y, por encima del límite forestal, el alpino inferior (t.^a m. p. v. <6,4°C <94 días). En las grandes montañas del sector los pisos alpino superior (t.^a m. p. v. <3,5°C >10 días <94 días) y nival (t.^a m. p. v. <3,5°C <10 días) son relativamente significativos y representan un 5 % del total. Dentro de este grupo son representativas las Rocosas o el eje alpino-himaláico.

² <<http://www.gmba.unibe.ch>>.

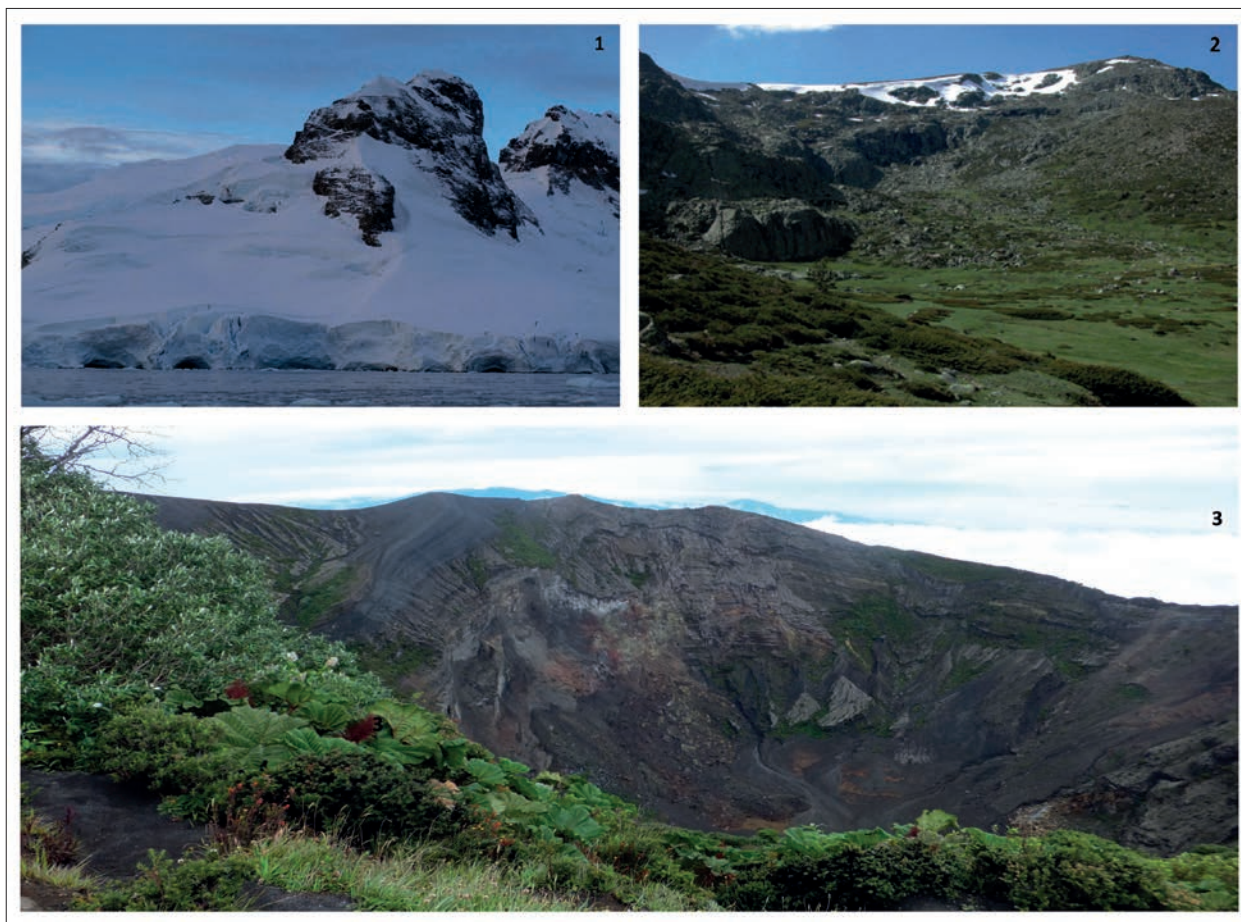


FIG. 12. Tres ejemplos de bioclimas contrastados en montañas contrastadas. 1. Polares en la península Antártica (Bahía Lieth). 2. Templadas en la península Ibérica (Peñalara). 3. Tropicales centroamericanas (volcán Irazú, Costa Rica) (autores: J. López, 1; N. López, 2; F. Allende, 3).

C) Montañas polares

Las montañas polares apenas significan un 2,17% dentro de todas las montañas (con 0,3 M km²), no solo por su menor extensión, sino también porque en este caso y debido a su *homogeneidad biótica*, Körner y otros (2017) no incluyen la Antártida en su cómputo total. Las montañas polares son esencialmente glaciares, pese a que en muchos casos apenas superan los 1.000 m de altitud (OWENS y SLAYMAKER, 2004). Únicamente en las montañas localizadas en el círculo polar ártico están presentes, casi a partes iguales, los pisos montano superior, alpino inferior, alpino superior y nival (montañas de la isla de Baffin, península del Labrador, isla de Ellesmere). Por otro lado, en las que se encuentran más allá del paralelo 70, el único piso representado es el nival (occidente groenlandés). Esto significa que en muchas de

estas montañas la línea de nieves perpetuas se encuentra en sus zonas más bajas. Debido a la menor temperatura del hemisferio sur, en las montañas localizadas a partir del círculo polar antártico solo está representado el nival (península Antártica, Montañas Transantárticas).

2. MORFOESTRUCTURAS Y REGIONES BIOGEOGRÁFICAS

Desde los grandes conjuntos morfoestructurales se realizan taxonomías que combinan factores morfogenéticos y morfológicos. En esta línea Mattauer (1999) define cuatro grandes tipos de «chaînes: récentes et leurs mécanismes, de subduction, d'obduction, de collision ou intracontinentales» que, para Huntington y Carlson se reducen a tres: «(1) folded, (2) step or block, volcanic, and (3) erosional» (139: 1940). Martínez de Pisón (1993),

por su parte, propone cuatro tipos básicos: «pirenaico, himaláyico, alpino y andino» tomando como referencia las zonificaciones de Tricart (1968) y Aubouin y otros (1980), entre otras. El esfuerzo de catalogación de las grandes morfoestructuras nos permite relacionar montañas y grandes conjuntos morfoestructurales y, por tanto, las montañas se asimilan a una génesis concreta, poseen una entidad morfológica característica y una composición litológica dominante. En esta última línea Tricart (1968) se refiere a geosinclinales y cadenas plegadas, plataformas y volcanes y Coque (1987), a macizos antiguos y escudos y a cadenas plegadas. Estas clasificaciones las recogen, matizando algunos aspectos y opiniones, García Fernández (2006) y Owens y Slaymaker (2004). Estos últimos cartografían 11 tipos de áreas montañosas relacionadas con su origen tectónico y litológico (Owens y Slaymaker, 2004): valles en rift, zonas de subducción, de colisión continental, límites de placas transformantes, márgenes oceánicos asociados a fallas transformantes, grandes escarpes, dorsales oceánicas, cordilleras cenozoicas, montañas parcialmente erosionadas del Mesozoico y Paleozoico tardío, montañas muy erosionadas del Protozerozoico y Paleozoico temprano y plataformas continentales. A los criterios morfoestructurales resulta definitivo añadir aquellos que introducen el matiz biogeográfico y, por tanto, los que indican el carácter final de las montañas (Fig. 13). Lo anterior lo señala Huetz de Lemps en su *Vegetación de la Tierra* (1970), obra en la que diferencia paisajes vegetales de las montañas templadas, frías y tropicales húmedas. La sistematización de estas observaciones se realiza mediante la clasificación de las regiones biogeográficas que dividen el globo en siete grandes regiones: Paleártica, Neártica, Antártica, Neotropical, Indomalaya, Afrotropical y Australasia.

A) Montañas protozerozoicas y/o paleozoicas tempranas

Están construidas sobre morfoestructuras de origen precámbrico o sobre los terrenos paleozoicos más antiguos. Se corresponden con escudos que, debido a su antigüedad, han sufrido intensos procesos de cratonización, endurecimiento y deformación y sobre los que se han generado amplias superficies ligeramente deformadas. Sobre estas áreas han actuado prolongados procesos erosivos que han favorecido la erosión diferencial y en numerosas ocasiones la presencia de características morfológicas domáticas. A su vez y, favorecidos por su rigidez, han respondido a los esfuerzos tectónicos fracturándose y generando amplios escarpes de falla sobre los que destacan morfoestructuras masivas (horst). Dominan los

complejos granítico y gneísico-esquistosos propios del metamorfismo regional y, con frecuencia, están intruidos por materiales eruptivos de diversa naturaleza.

1Prn³. *Neárticas*: en su mayor parte dentro de los terrenos del cratón norteamericano y groenlandés; destacan las culminaciones de la isla de Ellesmere (Barbeau Peak, 2.616 m), el Monte Odin (2.147 m) en la península de Cumberland y las montañas Tongat en el Labrador (Mount Caubvick, 1.652 m).

1Prne. *Neotropicales*: en el cratón guayano-brasileño sobresale el Pico Bandeira (2.892 m) sobre los materiales graníticos y metamórficos de la Serra do Caparaó.

1Pra. *Afrotropicales*: en los Drakensberg destaca el Thabana Ntlenyana (3.482 m) sobre el cratón del Kalahari o el Massif de Tsaratanana en Madagascar (2.872 m); sobre el cratón tanzano sobresalen el Ruwenzori (Monte Stanley o Ngaliema, 5.109 m) y los materiales volcánicos del Kilimanjaro (5.895 m); su extremo nororiental se prolonga en el macizo etíope (Monte Ras Dejen, 4.550 m) y en el escudo arabo-nubiano (Bas Dashan, 4.620 m; Jabal an Nabi Shu'yab 3.666 m).

1Prin. *Indomalayas*: en el extremo suroccidental de la península indostánica y sobre el cratón indiano sobresalen los Ghates Occidentales (Anamudi, 2.695 m).

B) Montañas paleozoicas

Se localizan sobre los tradicionalmente denominados macizos antiguos y su arquitectura se construye sobre los materiales elevados por los orógenos caledoniano y herciniano y posteriormente rejuvenecidos en el alpino. Sus litologías son semejantes al tipo anterior entremezclándose núcleos precámbricos y paleozoicos intrusivos con áreas periféricas dominadas por materiales sedimentarios o de un grado más bajo de metamorfismo (cuarcitas, pizarras, calizas); son frecuentes los materiales volcánicos asociados a las principales fallas. El rejuvenecimiento asociado a la tectónica reciente ha generado horst monoclinales ligeramente basculados y bien diferenciados de su entorno sedimentario, y alineaciones de relieves dirigidos por las principales líneas estructurales. Las montañas asociadas a este tipo presentan una gran heterogeneidad en cuanto a su dimensión y volumen y pueden dar lugar a montañas de tipo medio (Europa central o septentrional)

³ Esta codificación se refiere a la clasificación taxonómica que se refleja en la leyenda de la Figura 14 donde el número y la letra mayúscula indican la Era Geológica y/o su génesis y las letras minúsculas el Reino Biogeográfico al que pertenecen.



FIG. 13. Algunos ejemplos de montañas. 1. Paleárticas asiáticas cenozoicas (Kanchenjunga, Himalaya nepalí). 2. Volcanes centroatlánticos (Teide, islas Canarias). 3. Paleárticas europeas cenozoicas (Aneto, Pirineos). 4. Volcanes continentales del trópico africano (Kilimanjaro). 5. Paleárticas norteafricanas (Alto Atlas marroquí). 6. Afrotropicales sobre el cratón tanzano (Ruvenzori) (autores: P. Nicolás: 1, 3, 5 y 6; J. López, 4; F. Allende, 2).

o, bajo patrones morfoestructurales semejantes, algunas de las montañas más altas, masivas y complejas de la tierra (Asia Central).

2Pn. *Neárticas*: destacan los Apalaches en los que sobresale el Monte Mitchell (2.037 m); en este grupo se incluye el Gunnbjørn Fjeld (3.694 m) en la Watkins Range de Groenlandia oriental.

2Ppe. *Paleárticas europeas*: en la península ibérica están representadas por el Sistema Central (Almanzor, 2.592 m; montañas cantábricas galaico-asturleoneras y los Picos de Europa, Torre Cerredo, 2.648 m) y se extienden por todo el sector central de Europa en el Macizo Central (Puy de Sancy, 1.886 m) y macizo Bohemio (Grosser Arber, 1.457 m) para prolongarse en las islas Británicas hasta las Highlands escocesas (Ben Nevis, 1.344 m).

2Ppea. *Paleárticas euroasiáticas*: culminan en los Urales (Monte Narodnaya, 1.895 m) y su prolongación insular son las montañas de Nueva Zembla.

2Ppa. *Paleárticas asiáticas*: de gran extensión arrancan en el complejo nudo fisiográfico que supone la transición entre las estribaciones del Karakórum y el Pamir (Pico Comunismo, 7.495 m) y continúan hacia el noreste sobre un conjunto de extensos y masivos macizos como el Tian Shan (Pico Pobeda, 7.439 m) y, más al norte, el de Altai (Belukha, 4.500 m); este gran conjunto de montañas centroasiáticas sigue, con rumbo noreste, hacia las cordilleras de Stavonoy (Mount Skalisty, 2.482 m), Verkhoyski (2.389 m) y los Montes Cherski (Monte Pobeda, 3.147 m), está última en los confines de Eurasia.

2Pas. *Australasian*: en el extremo suroriental del continente australiano se levanta el Monte Kosciuszko (2.228 m), culminación de los Alpes australianos.



C) Montañas cenozoicas

Montañas de gran extensión y continuidad sobre morfoestructuras rejuvenecidas o elevadas en la orogénia alpina. Constituyen un amplio conjunto plegado que emerge, de manera dominante, en los márgenes meridionales euroasiáticos y en el margen occidental americano. Estas grandes cordilleras se asocian al choque de placas tectónicas, como en el caso de los Alpes o de los Himalayas, o a la existencia de áreas de subducción como los Andes. Poseen una gran variedad de morfologías que se corresponden con una gran diversidad litológica; en una misma cordillera pueden aparecer diferentes facies sedimentarias carbonatadas entremezcladas con elementos intrusivos, metamórficos e inclusive volcánicos. Por su dimensión y complejidad se pueden clasificar en dos tipos. En el primero se incluyen estructuras plegadas simples, sin excesiva complejidad y con arquitecturas claramente dirigidas y, en el otro, estructuras plegadas en las que se entremezclan morfoelementos complejos como

mantos de cabalgamiento, estructuras falladas y pliegues simples. Son conjuntos morfológicos que, debido a su complejidad y extensión, están poco definidos a escala grande y media y claramente definidos a pequeña escala.

3Cpef. *Paleárticas europeas y del norte de África*: amplio conjunto que se inicia en el sistema pirenaico-cantábrico (Aneto, 3.404 m; Tresmares, 2.175 m) y se prolonga por el sur de la península ibérica en las Montañas Béticas (Mulhacén, 3.478 m), Rif norteafricano (Jbel Tidirhine, 2.456 m) y Atlas marroquí (Toubkal, 4.167 m); hacia el este continúa en los Alpes (Mont Blanc, 4.810 m) y los Alpes Dináridos (Cresta del Lago, 2.694 m) y sitúa su apéndice en los Cárpatos (Gerlachovský štít, 2.655 m).

3Cpea. *Paleárticas euroasiáticas*: constituyen conjuntos de transición de marcado rumbo alpino entre los Alpes y el Himalaya (Caúcaso: Monte Elbrus, 5.642 m; Zagros: Zard Kuh, 4.548 m).

3Cin. *Indomalayas*: el nudo montañoso más complejo y heterogéneo de la tierra en el que sobresalen las

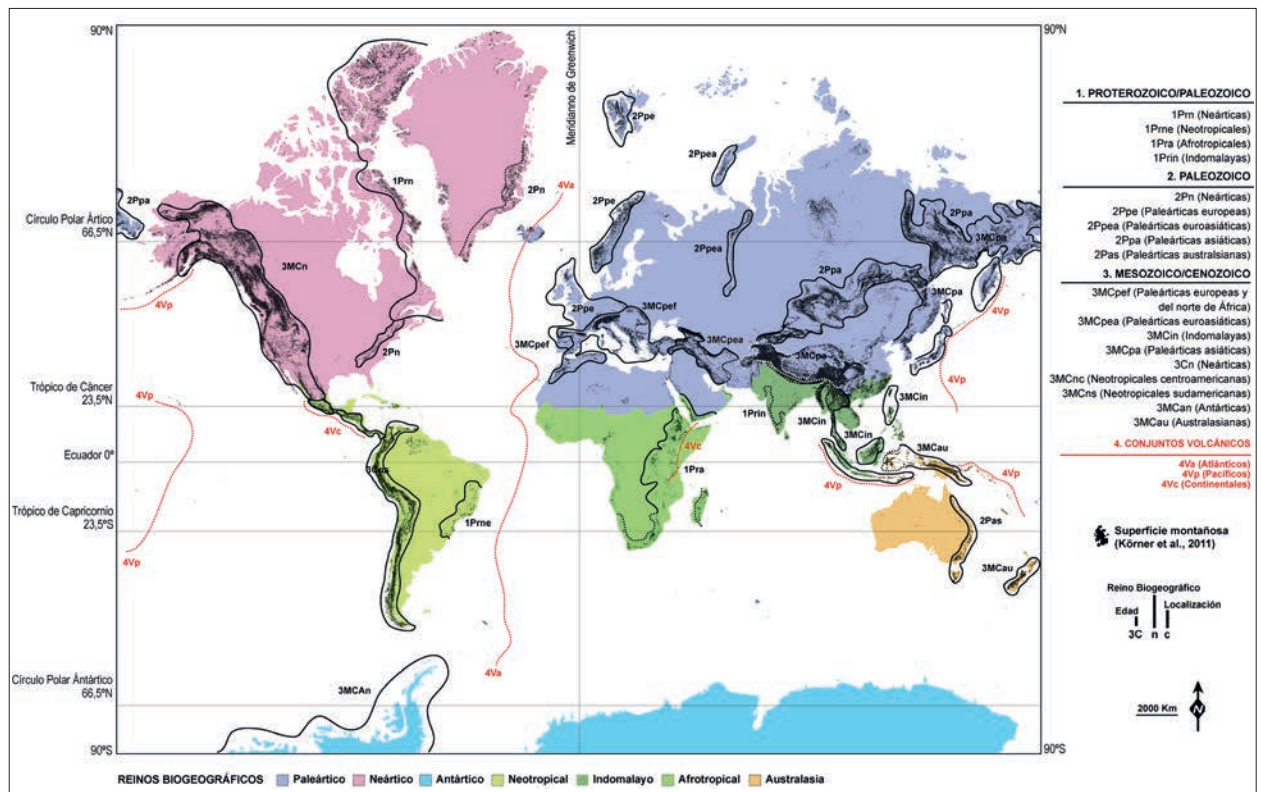


FIG. 14. Taxonomía de las montañas del mundo considerando criterios lito-morfoestructurales y biogeográficos.

cumbres del Karakórum (K2, 8.611 m) e Himalaya nepalí (Everest, 8.848 m).

3Cpa. *Paleárticas del oriente asiático*: localizadas en su mayor parte sobre penínsulas e islas de marcada naturaleza volcánica que tienen su máxima elevación en las calizas miocenas del Puncak Jaya o Pirámide de Cars-tenz (4.884 m).

3Cn. *Neárticas*: en su totalidad incluidas en las Mon-tañas Rocosas y se extienden desde Nuevo México al Yukón, siendo su máxima altitud el Monte Whitney (Ca-lifornia, 4.421 m).

3Cnc. *Neotropicales centroamericanas*: montañas de transición entre las Rocosas y los Andes; se dividen en dos ramales: Sierra Madre Oriental (Cerro El Potosí, 3.700 m) y Sierra Madre Occidental (Cerro Mohinora, 3.300 m).

3Cns. *Neotropicales sudamericanas*: se localizan en su totalidad en los Andes y sus estribaciones septentrio-nales se localizan en Venezuela y alcanzan el extremo sur del continente en Tierra de Fuego; se caracterizan por su gran heterogeneidad y abundante vulcanismo (Aconca-gua, 6.962 m).

3Can. *Antárticas*: ubicadas en la península Antártica y Antártida occidental (Monte Vinson, 4.892 m).

3Cau. *Australasianas*: su mejor representación es el Monte Cook (3.724 m) en Nueva Zelanda.

D) Montañas volcánicas

Son en su mayor parte morfoesculturas aisladas y bien definidas sobre la superficie terrestre. Estas mon-tañas se distribuyen por todos los continentes y archi-piélagos. En los continentes forman parte de cordille-ras más amplias, como en el caso de Norteamérica y Centroamérica (Pico de Orizaba, 5.747 m) y Sudamé-rica (Chimborazo, 6.263 m) o como el Etna (3.320 m), dentro del dominio alpino mediterráneo; no obstante, también existen ejemplos de marcado carácter intra-cratónico (Rift Valley). Es el arco pacífico y la dorsal centroatlántica donde se concentran el mayor número de montañas volcánicas emergidas. En función de su origen podemos diferenciar tres grandes tipos: las que se sitúan en áreas subductivas como el «cinturón de fue-go» pacífico, las asociadas a un vulcanismo intraplaca

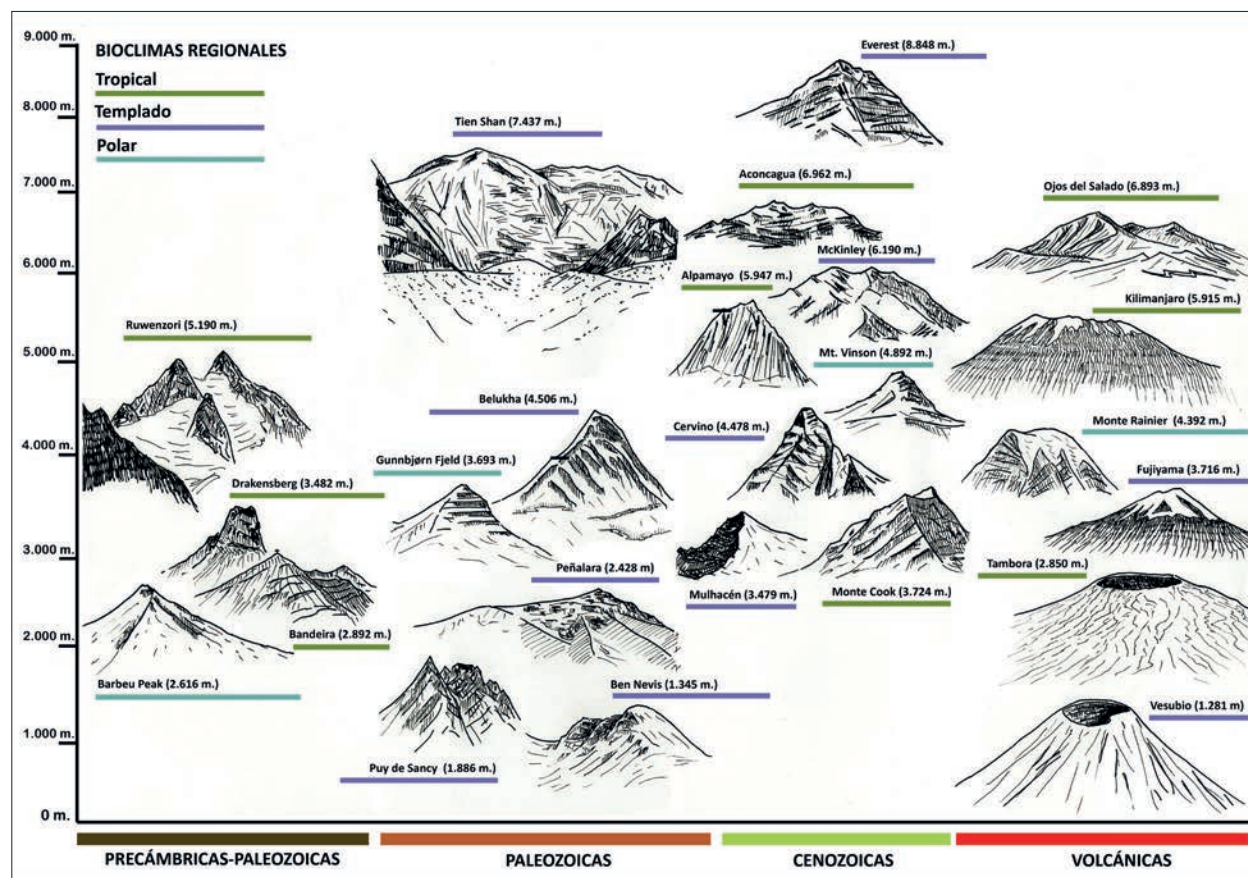


FIG. 15. Esquema simplificado de las morfoestructuras y de los bioclimas regionales de las montañas del mundo.

con «puntos calientes» como las islas Hawaii y las relacionadas con áreas de acreción (islas atlánticas). Su edad es heterogénea y comprende desde un vulcanismo reciente y activo en la actualidad, como en el caso de la Cordillera Central costarricense, a complejos estratovolcanes inactivos como en el caso de la Caldera de Taburiente en Canarias.

4Va. *Insulares atlánticas*: localizadas en un conjunto de islas y archipiélagos del Atlántico Norte (Islandia: Hvannadalshnjúkur, 2.109 m), Central (Canarias: Teide, 3.718 m; Azores: Montanha do Pico 2.351 m) o centro-meridional (Madeira: Pico Ruivo, 1.862 m; Cabo Verde: Pico do Fogo, 2.829 m).

4Vp. *Insulares circumpacíficas*: se reparten por el Pacífico meridional desde el Mar de Java en Indonesia (Tambora, 2.850 m) al mar de la China Meridional (Filipinas: Monte Apo, 2.953 m), y alcanzan el Pacífico Central (Islas Marianas: Agrihan, 965 m; Hawai: Mauna Kea, 4.207 m); hacia el norte existen representaciones en

Japón (Fuji, 3.776 m) y, en su margen septentrional, en el conjunto Kamchatka- Kuriles (Kliuchevskoi, 4.835 m; Sarychev, 1.496 m).

4Vc. *Continental*: destacan los conjuntos del Rift Valley (Batian, 5.199 m) y la Cordillera Central de Costa Rica (Irazú, 3.432 m).

CONCLUSIONES

De las reflexiones anteriores se deduce la enorme complejidad que revisten las clasificaciones a escala global de las montañas de la Tierra, pues la heterogeneidad y variedad de sus morfologías, litologías y biomodelados complica sobremanera su tipificación. No obstante, se consigue realizar una aproximación a las montañas de manera jerárquica y estructurada en capas que permiten un ejercicio progresivo y coherente y que además desenreden el complejo «nudo» inicial. Este ejercicio se realiza considerando una jerarquía escalar y temática en

tres niveles. En el primero se definen las montañas a escala global para lo que se utilizan modelos de superficie en los que se recoge el volumen del relieve. En nuestro caso ha resultado válido el criterio de «rugosidad» establecido por Körner y otros (2011a y 2011b) que parte de un modelo digital de elevación global para su cálculo. El segundo nivel introduce en la taxonomía el componente morfoestructural y, de manera secundaria y por una necesaria simplificación, el litológico. Este nos ha permitido comparar diferentes sistemas montañosos y encontrar similitudes que permitieron su agrupación. Por último, en el tercero se introduce el componente biótico en el que, a una escala equiparable a la anterior, cada montaña pertenece a un reino biogeográfico con unas características bioclimáticas comunes. No obstante, no se pueden olvidar los diferentes criterios que perfilan, con mayor detalle, las diferentes facies de montañas de cada conjunto de morfoestructuras o de cada reino biogeográfico (Figs. 14 y 15).

También como conclusiones podemos considerar la repetición de determinados patrones arquitectónicos de las montañas en territorios distantes: los Ghates indios presentan morfologías domáticas semejantes a las de los Drakensberg sudafricanos o a las de la Serra do Mar brasileña: son, en suma, modelados derivados de un pasado cratónico común. De idéntica manera la complejidad de pliegues, mantos, cabalgamientos y fallas del Himalaya nepalí se reproduce en las Rocosas, los Alpes o en los Andes. A lo anterior se unen la deformación asociada a la tectónica alpina, la propia flexibilidad de los materiales y la acción del frío glacial y periglacial que les otorga, con diferentes dimensiones, un aspecto semejante. Los patrones también se repiten cuando las montañas adquieren su aspecto final en función del reino biogeográfico en el que se encuadran; las montañas templadas del centro de Asia, las de Europa de Sur o las del Norte de África comparten una región biogeográfica común: el Paleártico. Sin embargo, presentan faciaciones directamente relacionadas con su latitud y posición en el continente; las del centro de Asia (Altai, Tien Shan) son mucho más frías y continentales que las del Paleártico europeo (Alpes, Pirineos) y estas, a su vez, que las del Paleártico norteafricano (Atlas). Caso semejante es el de las montañas polares, los Montes Trasantárticos o las culminaciones de Ellesmere, pese a pertenecer a regiones extremas de la tierra, son diferentes; las primeras simplificadas por la presencia de un piso nivel permanente y las segundas con una estructura bioclimática vertical más compleja.

Las limitaciones de esta clasificación son evidentes debido a su amplitud y complejidad y, especialmente, ante

la imposibilidad de recoger ejemplos con mayor detalle, en el que se consideren cada conjunto de montañas como algo singular y diferente del resto. No obstante, consideramos que este criterio clasificatorio puede servir de marco de referencia para futuros trabajos de mayor escala.

BIBLIOGRAFÍA

- AESCHIMANN, D., K. LAUBER, D. MARTIN MOSER y J. P. THEURILLAT (2004): *Flora alpina*, 3 vols., Belin, París, 750 pp.
- AUBOUIN, J., R. BROUSSE y J. P. LEHMAN (1980): *Tratado de Geología*, t. III, *Tectónica, Tectonofísica y Morfología*, Omega, Barcelona, 642 pp.
- BARSCH, D., y T. N. CAINE (1984): «The nature of mountain geomorphology», *Mountain Research and Development*, 4, pp. 287-298.
- BERNALDO DE QUIRÓS, C. (1923): *La Pedriza del Real de Manzanares*, ed. facsimil de la 2.^a ed., Comisaría Regia de Turismo y Cultura Artística, Madrid, 169 pp.
- BYERS, A. C., L. F. PRINCE y M. F. PRINCE (2013): «An introduction to Mountains», en M. F. Prince, A. C. Byers, D. A. Friend, T. Kohler y L. W. Prince (eds.): *Mountain geography: physical and human dimensions*, University of California Press, Berkeley, pp. 1-10.
- COQUE, R. (1987): *Geomorfología*, Alianza, Madrid, 480 pp.
- DEBARBIEUX, B. (2001): «La montagne: un objet géographique?», en Y. Veyret (dir.): *Les montagnes: discours et enjeux géographiques*, Sedes, París.
- DESNIVEL (2004): «Especial Naranjo 100 años», *Desnivel*, 214, Madrid, 106 pp.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1968): «Mountain Geomorphology», en R. W. Fairbridge (ed.): *The Encyclopaedia of Geomorphology*, Rheinhold, Nueva York, pp. 701-703.
- FRANKEL, H. (1988): «From Continental Drift to Plate Tectonics», *Nature*, 335, pp. 127-130.
- GARCÍA CRUZ, C. (2004): «La “Teoría de la Tierra” (1785, 1788) de James Hutton: visión cíclica de un mundo cambiante», *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 12 (29), pp. 126-13.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J. (2006): *Geomorfología estructural*, Ariel Geografía, Madrid, 644 pp.
- HERZOG, M. (1967): *La montaña*, Labor, Madrid, 750 pp.
- HUETZ DE LEMPS, A. (1970): *La vegetación de la tierra*, Akal, Madrid, 263 pp.
- HUMBOLDT, A. (2010): *Vistas de las cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América*, Los Libros de la Catarata-CSIC, Madrid, 320 pp.

- HUNTINGTON, C. C., y F. A. CARLSON (1940): *The Geographic basis of Society*, Prentice-Hall INC, Nueva York, 626 pp.
- KÖRNER, Ch., J. PAULSEN y E. M. SPHEN (2011a): «A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparison of biodiversity data», *Alpine Botany*, 121, pp. 73-78.
- (2011b): «GMBA mountain definition_V1.0», <https://ilias.unibe.ch/goto_ilias3_unibe_cat_1000515.html>.
- KÖRNER, Ch., W. JETZ, J. PAULSEN, D. PAYNE, K. RUDMANN MAURER y E. M. SPEHN (2017): «A global inventory of mountains for bio-geographical applications», *Alpine Botany*, 127, pp. 1-15.
- LYELL, Ch. (1835): *Principles of Geology. An inquiry how far the former changes of Earth's surface*, vol. I, John Murray, Londres, 420 pp.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1993): «Arquitectura de cordilleras y "montañas de fractales"», *Ería*, 32, pp. 173-194.
- (2002): *El sentimiento de la montaña*, Desnivel, Madrid, 384 pp.
- (2015): *Cuadernos de montaña*, Desnivel, Madrid, 299 pp.
- (2017): *La montaña y el arte*, Fórcola, Madrid, 614 pp.
- MATTAUER, M. (1999): *Monts et merveilles. Beautés et richesses de la géologie*, Hermann, París, 143 pp.
- MEYBECK, M., P. GREEN y C. VÖRÖSMARTY (2001): «A new typology for mountains and other relief clases: an application to global continental wáter resources and population distribution», *Mountain Research and Development*, 21, pp. 34-45.
- NOVO, P. (1949): *Diccionario de voces usadas en Geografía Física*, Real Sociedad Geográfica, Madrid, 409 pp.
- OWENS, P. N., y O. SLAYMAKER (2004): «An introduction to mountain geomorphology», en P. N. Owens y O. Slaymaker (ed.): *Mountain Geomorphology*, Arnold, Londres-Nueva York, pp. 3-33.
- OZENDA, P (2002): *Perspectives pour une géobiologie des montagnes*, Col. Biologie, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausana, 196 pp.
- PIDAL, P. (1919): *EL Naranjo de Bulnes. Peña-Santa*, ed. facsímil, Ramona Velasco, Viuda de P. Pérez de Velasco, Madrid, 30 pp.
- PLUMPTRE, A. J., T. R. B. DAVENPORT, M. BEHANGANA, R. KITYO, G. ELIU, P. SSEGAWA, C. EWANGO y C. KAHINDO (2004): «Albertine Rift», en: R. A. Mittermeier, P. Robles Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C. G. Mittermeier, J. Lamoreux, y G. A. B. da Fonseca: *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and most Endangered Terrestrial Ecoregions*, Cemex, pp. 255-262.
- POIRIER, J. P. (2017): «About the age of the Earth. Comptes Rendus Geoscience», vol. 349, Issue, 5, pp. 223-225.
- POLUNIN, O., y A. STAITON (1984): *Flowers of the Himalaya*, Oxford University Press, India, 580 pp.
- RECLÚS, E. (1906): *Novísima Geografía Universal*, Prometeo, Valencia, 505 pp.
- (1932): *El Hombre y la Tierra*, t. I, Centro Enciclopédico de Cultura, Barcelona, 349 pp.
- SCHERZ, G. (ed.) (1969): *Steno. Geological papers*, Bibliotheca Universitatis Hauniense, Acta Historica. Scienciarum Naturalium et Medicinalium, vol. 20, Copenhagen, 370 pp.
- TERÁN, M. (1977): «Las formas del relieve y su lenguaje», Real Academia Española de la Lengua, Madrid, 66 pp.
- TRICART, J. (1968): *Précis de Géomorphologie*, t. I, Géomorphologie Structurale, Société d'édition d'enseignement supérieur, París, 322 pp.
- TROLL, C. (1972): «Geocology and the world-wide differentiation of high.mountain ecosystems», en C. Troll (ed.): *Geoecology of the high mountain regions of Eurasia*, Franz Steiner, Wiesbaden, pp. 1-13.
- (1973): «High mountain belts between the polar caps and the equator: their definition and lower limit», *Arctic and Alpine Research*, 5, pp. 19-27.
- YOUNGHUSBAND, F. (2013): *Por el Himalaya. Exploraciones por Asia Central, Karakórum y Pamir*, La Línea del Horizonte, Madrid, 211 pp.