



INSTITUTO de GEOGRAFIA  
UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE CHILE

LOS RELIEVES

AUTOR: PAOLO TOFINI

TRADUCCION: Eliana Urcelay

MARZO 1974

Digitalizado por José Luis Quiroz

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA.  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
FISICA Y DE RECURSOS NATURALES

## LOS RELIEVES.

Los relieves, si se entiende por ésta denominación a las zonas morfológicamente convexas, pues las montañas y las colinas, ocupan una débil parte sobre la superficie terrestre: alrededor de 15 millones de Km<sup>2</sup>, o sea apenas el 10% de las tierras emergidas.

La importancia y el interés de su estudio son sin embargo considerables.

Basta mirar una carta geográfica para comprender. En su asociación da cadenas y en macizos de montaña, los relieves condicionan los lechos de los cursos de agua que ellos dirigen hacia tal o cual mar; ellos contribuyen a determinar los aspectos climáticos de las diferentes regiones, formando así una defensa sólida contra los vientos fríos y favoreciendo la condensación del vapor de agua, luego las lluvias. En particular, los relieves han influido en la evolución cultural, los conocimientos y las relaciones humanas.

La cadena del Himalaya a cortado prácticamente el contacto entre el gran conjunto mongólico y el indoeuropeo; el arco andino ha sido obstáculo para las relaciones entre los indios de América habitantes respectivamente la parte Atlántica y Pacífica del continente; los Alpes han contribuido netamente a separar el mundo latino del mundo germánico.

Los relieves son una de las realidades naturales mas asombrosas. Su grandeza parece eterna: sin embargo su vida es mas bien breve.

Parecen inmóviles: por tanto ellos sufrieron los levantamientos que alargan en la práctica el ciclo vital. Parece que ellos hayan aparecido allí, el uno después del otro, contruidos: al contrario, la mayor parte provienen del interior de la corteza terrestre donde son modelados por fuerzas aun misteriosas.

## LA DISTRIBUCION DE LOS RELIEVES PLEGADOS.

Tres olas de orogénesis -el Caledoniano, el Herciniano, el Alpino han determinado la distribución actual del relieve plegado sobre la superficie de la Tierra,

A grosso modo, una clasificación del Relieve que tiene en cuenta su origen podría ser ésta: los relieves originados por presiones activas en la corteza terrestre, con sollevamiento consecutivo de material rocoso, bajo formas de pliegues; los relieves que derivan de la acumulación de materia emitida por los volcanes; los relieves producto de los glaciares, en su movimiento lento pero irresistible; los relieves consecutivos a el hundimiento de bloques de roca o a la erosión operada sobre las mesetas por las aguas fluviales.

Esto implica una notable diversidad de origen, que asombrará tal vez, pues es sin duda raro que dos realidades morfológicas semejantes tengan razones de ser tan diferentes. Pero la naturaleza ofrece otros fenómenos asombrosos.

El primer grupo de relieves es el mas representado, es del cual se habla usualmente, cuando se habla de grandes conjuntos montañosos. Si una montaña aislada es a menudo producto de la erosión, por la acumulación de materiales morrénicos o por la acumulación de material volcánico, las grandes cadenas que encontramos reproducidas en los Atlas, bien definidas en cuanto a su situación, en cuanto a su dirección, son hechas por presiones antiguas ejercidas en los estratos internos de la corteza terrestre, presiones a las cuales nosotros habíamos hecho alusión, bajo el termino genérico de fuerzas de empuje orogénico.

Evidentemente el lado mas interesante de la pregunta es el que toca a la esencia, a los aspectos, a el origen de estas fuerzas; ellas son indudables porque las montañas están allí delante nuestro y ellas hablan claro, poderosas ya que la masa de una cadena de montaña corta el horizonte, misterioso luego que ningún hombre no ha podido jamás observar (los relieves volcánicos colocados a parte en el espacio de un día, de un mes o de un año, el nacimiento de un conjunto montañoso. Volveremos de nuevo, Conviene arrojar primero un vistazo sobre los relieves de la superficie terrestre, en las distinciones entre ellos, en sus grandes líneas, según la época de su origen; a saber en relieves muy antiguos, antiguos y jóvenes correspondientes a las distintas olas de orogénesis.

#### LOS RELIEVES MAS ANTIGUOS O LO QUE QUEDA,

Estos relieves aparecerán con el primero de los plegamientos que nos son conocidos suficientemente, es decir el plegamiento que se manifiesta hacia el inicio de la Era Paleozoica y al cual los eruditos han dado el nombre de plegamiento Caledoniano (hace 300 a 350 millones de años).

Los relieves marginales de la zona mas septentrional de Alaska; ciertos macizos de la Zona de los Apalaches; los relieves dispuestos sobre el lado oeste de Groenlandia; la mayor parte de la región británica los relieves marginales de la península escandinava a lo largo de el mar de Noruega; los de la península de

Taimir al extremo norte del plano Siberiano; una parte de los de la península de Tchoukches, al noroeste de Siberia; una parte de las cadenas de Asia Central, en la zona comprendida entre el Lago Balkach y el Lago Baikal ( Monte Tannou y Monte Saiani); los relieves del sur-oeste australiano, todos remontados al Cámbrico.

Cuando se formaron, a continuación de la acción de orogénesis, los bordes de las masas continentales entonces emergidas, ellos debieron sin ninguna duda dominar la morfología chata de las regiones vecinas. Se los puede imaginar de una altura comparable a la de nuestros Alpes, sino superiores. Pero hoy día en vano se buscaría entre los relieves antes citados una de las montañas mas elevadas de la Tierra. Eso se explica primeramente por la acción lenta pero incesante de la erosión que sin que se notara poco a poco ha ido demoliendo, pero también por el debilitamiento de un milenio a otro, de sus rejuvenecimientos capaces de reanimar los relieves y de proveer a la erosión de nuevos materiales.

Así pues, esos relieves no son hoy día mas que la sombra de lo que ellos fueron: algunas centenas de metros sobre el nivel del mar\*

#### LOS RELIEVES ANTIGUOS.

Los relieves que podemos considerar como antiguos se formaron alrededor de 200 millones mas tarde, durante el Devónico y el Carbonífero. El plegamiento que les dio nacimiento es el que los geólogos llaman Herciniano.

Son Hercinianos: los montes Apalaches (al oeste de Estados. Unidos); los relieves de Europa Central y Occidental; ciertos relieves de la península Ibérica; los relieves de la Rusia Europea (comprendido el Ural); los de Kirguizia; los numerosos macizos de Asia Central rusa y de la China Continental; los relieves marginales, al norte y al centro oeste de Australia; en fin las cadenas que en América del Sur, bordean la meseta brasileña.

Estos relieves han sufrido un cierto número de rejuvenecimientos, sin embargo, insuficientes para contrarrestar el desgaste operado por los agentes de erosión, de modo que aparecen como los anteriores reducidos a conjuntos morfológicos bastante, modestos. Su disposición geográfica es como nosotros habíamos ya realizado p. 63 paralelo a los relieves formados por el plegamiento anterior\*

#### LOS RELIEVES ALPINOS.

Los relieves jóvenes aparecen alrededor de 200 millones de años después del Herciniano, durante el Cenozoico, era relativamente corta y durante la cual la distribución de las tierras y de los mares eran bastante parecidas a la actual.

En ciertas zonas estos relieves aparecieron aun mas temprano al final del Mesozoico (Cretácico) de modo que es posible comprenderlos en la expresión única de relieve Cretáceo-Cenozoico. Los plegamientos que los han creado toman el nombre de plegamiento alpino.

Puesto que se trata de los relieves actualmente mas importantes y los mas imponentes de la Tierra convendrá detenerse en ellos un poco.

En América del Norte, las cordilleras que se extienden a lo largo del Pacífico y que bordean al oeste las planicies centrales son todas nacidas del plegamiento alpino. Ellas forman tres series de cadenas, bien delimitadas; la primera de Alaska a la península californiana, es una cadena costera; la segunda mas al interior presenta aspectos variados y ella es varias veces interrumpida; la tercera mucho mas vasta, de un largo de mas de 4.000 Km, constituye las famosas montañas Rocosas; entre ellas y la cadena intermedia se extiende un cierto número de mesetas de la que las mas vasta es la de la Gran Cuenca. Las montañas Rocosas son escarpadas, bastante altas, bastante ricas en glaciares; como los Alpes Occidentales ellas son asimétricas, los flancos orientales son mucho mas abruptos que los occidentales. La montaña más elevada es la Peak Blanca (4,386 m); pero la más elevada de toda la América del Norte es el Mae Kinley, en Alaska, que con sus 6.236 m ocupa el cuarto lugar entre las mas altas cumbres de la Tierra. No hay en América del Norte, otros relieves de origen Cenozoico.

En América Central, alrededor de una vieja meseta, los relieves jóvenes constituyen las dos cadenas oriental y occidental de la Sierra Madre Mexicana,

Pero es con los Andes, que la orogénesis Alpina realiza sobre el Nuevo Continente su cadena mas imponente y mas larga.

Del Mar del Caribe a el extremo del continente, los Andes se extienden alrededor de 6,500 Km, dando nacimiento a una serie de cadenas dispuestas en el sentido de los meridianos y muy juntas. Como en América del Norte, las numerosas mesetas, en parte habitadas, están situadas entre esas cadenas. Contrariamente a las montañas Rocosas y mas generalmente a todos los relieves de América del Norte, donde las vicisitudes tectónicas podían ser consideradas como terminadas, los Andes están en pleno movimiento de orogénesis. Esto explica la altura de sus cimas cuya erosión está compensada por los continuos rejuvenecimientos, la abundancia de relieves volcánicos aún en actividad, la frecuencia y la intensidad de los fenómenos sísmicos. Abruptos, con los valles profundos y la penetración difícil con una morfología compleja y escabrosa, los Andes presentan una de las barreras montañosas de las más difíciles de

franquear. Numerosas son las cumbres de mas de 6,000 m; el Aconcagua, un volcán extinto, se encuentra con sus 7,035 m, en el tercer lugar detrás el Everest y el K2 cima emergente del Karakorum, en la escala de cumbres la más elevada del mundo.

Si los relieves jóvenes del continente americano se extienden en el sentido de los meridianos (de manera muy marcada en América del Sur) menos en América del Norte) los relieves meso-cenozoicos del Viejo Continente se extienden al contrario en el sentido de los paralelos el empuje orogénico se ha desarrollado evidentemente aquí en una dirección muy diferente.

En sus grandes líneas, los relieves jóvenes del Viejo Continente forman como una gran diapasón acostada horizontalmente, las dos ramas paralelas vueltas hacia el Océano Atlántico. La rama norte comprende el gran arco de los Pirineos, a través de los Alpes, los Cárpatos, el Cáucaso, el HinduKuch, llegan al Pamir, la rama sur comprende el arco que de el Atlas Africano a través de los relieves de la península Balcánica, de Asia Menor, de Irán Meridional, de Afganistán llegan igualmente al Pamir. De este gran nudo se separa la base de nuestra diapasón representada por el conjunto Himalaya-Tibet-Kuen Lun. En total, el arco alpino-himalayano se extiende sobre una masa de 10.000 km los que llegan a 12.000km si se les agregan a ellos los relieves de la península indochina por los cuales el arco bordea el Pacífico. Una unión característica entre el norte y el arco de el sur está representado por la cadena de los Apeninos donde la dirección sigue casi la de los meridianos, de los Alpes a los relieves del Norte de África.

En el gran conjunto de los relieves que nos ocupan los grupos orográficos presentan aspectos particulares que los distinguen de ellos.

Los Pirineos bordean al norte las Mesetas ibéricas (Meseta de España); altas y compactas, con pocos pasos ellas siempre forman obstáculos entre los grupos étnicos galos e ibéricos.

Los Alpes constituyen uno de los conjuntos orográficos mejores delimitados del mundo, y los mas conocidos; su importancia es capital en la historia europea. Ellos se extienden sobre mas de 1.200 km a lo largo de arco amplio y característico. Contrariamente a los Pirineos los Alpes se componen de macizos y de relieves netamente separados por un gran número de valles; el paso por allí es pues bastante fácil. Los macizos los más elevados se encuentran en los Alpes Occidentales y en los Alpes Centrales, donde predominan los relieves graníticos. En esos dos sectores, numerosas son las cumbres de mas de 4,000 m. De menor altitud media son los Cárpatos que pueden ser considerados, como, la

prolongación directa de los Alpes, más allá del Danubio. A partir de los pequeños Cárpatos, describen un gran arco y vuelven al Danubio sobrepasando a la altura de Puerta de Fierro en los Balcanes Occidentales.

En la Región balcánica, en los Apeninos y en la Anatolia, los relieves son generalmente poco elevados y no siempre netamente delimitados; no faltan sin embargo los macizos abruptos, como el Rhodope, el Pindo y como casi la totalidad de los relieves turcos. Para ver de nuevo las montañas más elevadas es preciso pasar al Cáucaso gran arco tendido entre el Mar Negro y el Mar Caspio.

El vasto conjunto de relieves que dividen el mundo indio (Hindú) de Asia Central está formada de dos cadenas jóvenes constituyendo un todo con la meseta del Tíbet: al Sur, la cadena del Himalaya y del Trans-Himalaya, al norte la cadena del Kuen Lun, de dónde parten los grandes ríos chinos. Como se dice, es en ésta zona que se encuentran las montañas más imponentes del mundo: el monte Everest, con sus 8,802 m. casi el doble del Monte Blanco; el K2 alcanza a 8.611m.; numerosas son las cumbres que sobrepasan los 7.000m. El conjunto Himalaya- Tibet-Kuen Lun ocupa una superficie que corresponde a las de Europa occidental y central reunidas; la casi totalidad de los grandes ríos asiáticos toman su fuente en los macizos de éste conjunto.

Con las cadenas que acabamos de citar no se agota toda la lista de montañas de origen reciente situadas en Asia. Es necesario agregar además la serie de relieves del extremo oriente y del extremo norte siberianos; y las cadenas aún en fase de evolución tectónica y caracterizadas por la presencia de numerosos volcanes, de el archipiélago japonés, de el archipiélago malayo, las Filipinas.

Habíamos hecho alusión a los relieves africanos jóvenes: están representados por el Alto Atlas (al que se relaciona la Sierra Nevada en España Meridional, bajo Granada), por los Medios Atlas y por el pequeño Atlas, conjunto de macizos bastante parecidos a los Apeninos, pero de los que ciertas cumbres sobrepasan 4,000m

En Oceanía, los relieves de origen reciente son más bien raros; se reencuentran en Nueva Guinea.

De lo anterior se deduce con evidencia que la mayor parte de los relieves de la Tierra pertenecen al grupo reciente. La orogénesis terciaria distante algunas decenas de millones de años, es pues la que ha determinado los grandes rasgos orográficos de la Tierra.

No solamente se trata de relieves jóvenes sino que están en fase de rejuvenecimiento: sin interrupción los nuevos materiales están expuestos a la mordedura de la erosión. Esos relieves se levantan orgullosamente y alcanzan a menudo 4,000m, 6.000m, 8.000m, de altura; son abruptos y ellos brillan, en las cumbres los glaciares y la nieve. Pero a la larga les ocurrirá la misma suerte que han sufrido los anteriores plegamientos.

## LA FORMACION DE MONTAÑAS

Las corrientes de convección y la gravedad serían la base del fenómeno de orogénesis.

El paralelismo de los plegamientos.

¿Es posible, analizando la distribución geográfica de los relieves, de emitir algunas consideraciones generales capaces de llegar a una interpretación racional de las manifestaciones de orogénesis? Sin ninguna duda.

Ante todo, es preciso resaltar el carácter cíclico del fenómeno, que no puede ser totalmente accidental; es un hecho que cada 200 y 300 millones de años la Tierra ha conocido un paroxismo de orogénesis con formación de nuevas montañas viniéndose a alinearse cerca de las antiguas, mas o menos erosionadas.

En segundo lugar, se observará que las cadenas de montañas jóvenes no están distribuidas al azar. Ellas se encuentran en los bordes occidentales de los continentes; pero no en los bordes orientales. Ellos faltan en los bordes occidentales del continente europeo y del continente africano; ellos están presentes en los bordes meridionales del continente euroasiático y en los bordes septentrionales del continente africano. Se les encuentra en fin en el arco insular tendido entre el Pacífico y el Océano Indico. No hay relieves recientes en el interior de los continentes. Esto vale también para Eurasia; pues el arco alpino-himalaya que parecería interno está en realidad, formado en la costa, contribuyendo a la unión del bloque euroasiático primitivo con el bloque constituido por Arabia y la India.

Pero la observación mas importante se trata de la posición y dirección de las cadenas que han precedido a la orogénesis alpina, se constata fácilmente que las primeras son poco distantes de las 2das y que ellas le son relativamente paralelas. Así como, los relieves caledonianos y hercinianos se disponen en América del Norte según los meridianos paralelamente a las montañas Rocallosas y a los Andes, mientras que en Europa y en Asia, ellas siguen, como la cadena alpino-himalaya, una dirección que es mas o menos paralelas a aquellas.



Además, todas las cadenas aparecen visiblemente irregulares con una estructura plegada típica, como si la masa rocosa hubiera sido obligada a plegarse muchas veces para encontrar en lugar. Al interior de las montañas se encuentran a menudo núcleos de granito o de gneiss. Finalmente, otra consideración interesante, las zonas de orogénesis presentan generalmente fenómenos volcánicos.

Dicho así, veamos como se ha intentado explicar la orogénesis.

#### LA INTERPRETACION DE DESCARTES.

La hipótesis mas antigua a este respecto atribuye el fenómeno a una lenta contracción de la corteza terrestre. El autor de esta teoría, ya enunciada en 1668 sin base científica es Descartes, Ella fue retomada en 1852 por Elíe de Baumont. He aquí la sustancia: el fenómeno lento y continuo de enfriamiento de la Tierra determinaría una disminución progresiva de la longitud de su radio medio y esta disminución determinaría a los diferentes puntos de la superficie terrestre en un movimiento centrípeto, que acercándose cada uno de esos puntos al centro, los rebajaría con las desviaciones mínimas bajo su posición inicial.

Hace poco aún, varios sabios han sostenido ésta teoría. Solamente, para explicar la distribución particular de las montañas, seria necesario una pérdida de calor distinto en las diferentes regiones de la corteza terrestre; además sería necesario descuidar el hecho que la hipótesis de una contracción por enfriamiento de la corteza terrestre presentaría muchas fracturas y pocos pliegues, entonces es justo lo contrario que pasa. Pero la teoría fue criticada severamente por Joly cuando él demostró la producción en la corteza terrestre de energía térmica de origen radioactivo, demostración que opone un desmentido serio a la hipótesis de enfriamiento progresivo.

#### TODAVIA LA TEORIA DE WEGENER.

¿La deriva de los continentes puede ella explicar el origen de las montañas? A primera vista se inclinara a creerle. En efecto, puesto que los bloques continentales siálicos se mueven sobre el sima viscoso subyacente, se estaría tentado en pensar en una resistencia del substrato al desplazamiento, con plegamiento consecutivo de estratos siálicos en movimiento.; es un poco lo que le sucede a un paño pesado que se desplaza sobre una superficie rugosa, ¿ América deriva hacia el oeste? He aquí las montañas Rocallosas y los Andes sobre el borde oeste, Europa y Asia continental están en movimiento hacia el Ecuador? He aquí el gran arco alpino-himalayense.

Pero al mirar de mas cerca, la teoría de la deriva de los continentes como factor de orogénesis levantaron algunas objeciones. En parte, en efecto de un continente único el Pangea, constituido durante esta gran Era que fue el Paleozoico, Precisamente en el Paleozoico, se formaron dos importantes plegamientos (el caledoniano y el herciniano) cuya génesis no sabría ser atribuida a un movimiento de deriva. Nosotros sabemos en efecto que el Pangea se habría formado no a continuación del movimiento de acercamiento de bloques siálicos primitivos, pero por el crecimiento de sus bordes.

Sólo los plegamientos mas recientes podrían explicarse por la deriva de los continentes, A este respecto recordemos la hipótesis del geólogo suizo Argand concerniente al origen de los Alpes.

Además, un hecho inquietante es que el sial es mas rígido que el sima: es este último el que debería plegarse. Ahora los Andes y las Montañas Rocosas, presentan al contrario, rocas siálicas, simáticas,

#### FUERZA DE GRAVEDAD,

Diversos sabios y de diferentes maneras han pensado en la gravedad, en la fuerza omnipresente en virtud de la cual todo tiende a "caer ", es decir, dirigirse hacia el centro de la tierra. Entre estos sabios es preciso volver a los que explican la formación de montañas por el deslizamiento de masas suficientemente plásticas, deslizamientos que se relacionan precisamente a la fuerza de gravedad. Si se admite la presencia de un "plano inclinado", la fuerza de gravedad actúa lentamente pero sin interrupción, haciendo deslizar las rocas que darán nacimiento mas lejos, a estratos diversamente montados.

La teoría ofrece la explicación más plausible de la presencia de lechos constituidos de rocas plásticas (arcilla) muy lejos de su curso; ella explica además la presencia en los macizos alpinos de superficies desnudas " ventanas " que se atribuyen a la erosión.

En ese sentido y en esos límites, la teoría de deslizamiento puede ser considerada como aceptada por varios sabios,

Pero que el deslizamiento pueda explicar toda la orogénesis, eso es más que dudoso. Es aún claro que no permita interpretar mas que una parte del fenómeno: resta en efecto explicar el "plano inclinado, el relieve de origen la geotumor como la llama E, Hartmann, sobre cual a podido comenzar el derrumbamiento a continuación de la fuerza de gravedad.

## LAS CORRIENTES DE CONVECCION.

Las teorías mencionadas hasta aquí no parecen pues resolver el problema, sea que ellas suscitan objeciones, sea que ellas no consideran todos los aspectos observados ( distribución de relieve, carácter cíclico de la orogénesis, fenómenos volcánicos en las zonas de orogénesis, estructuras plegadas, núcleos internos de granito o de gneiss ).

Estos hechos entran en la línea de cuenta en las teorías mas modernas, aún en plena elaboración. Ellas se fundan en la presencia de corrientes de convección bajo la corteza, corrientes hoy día admitidas por la mayor parte de los geólogos y a los cuales nosotros habíamos hecho ya alusión. Sobre ésta baso la orogénesis o mejor su primera fase a saber la formación del Geotumor se realizaría en el cuadro general de la isostasia, de la manera siguiente,

Al borde de las masas continentales se forman como nosotros sabemos, esas largas depresiones, paralelas a las costas y que se llaman "geosinclinales" restos acarreados por los cursos de agua y acumulados allí.

Es preciso algunas decenas de millones de años para que un comienzo de geosinclinal pueda formarse: eso explica, porque todos los mares costeros no presentan geosinclinal. La formación de un geosinclinal es sin embargo la condición de todo el proceso.

Durante mucho tiempo se pensó que el principal factor de un geosinclinal era la acumulación de materiales detríticos. Pero, pronto fue demostrado que ese factor no podía ser considerado como suficiente: en efecto se comprobó que la velocidad de hundimiento era superior a la velocidad de acumulación. Se debió pensar en una sucesión de la parte mas profunda de la corteza terrestre y por consecuencia, a la presencia de una lenta corriente de convección, descendente.

¿Cómo se forma esta corriente? Habría según algunos, una notable diferencia de temperatura entre el magma subcontinental ( $600^{\circ}$ ); el primero (el más frío) tendría de este modo, tendencia a emigrar hacia el segundo., creando un vacío que está verdaderamente mas que en la tase de la sucesión. Así, los materiales del geosinclinal descienden en los lechos mas profundos transformándose poco a poco y dando finalmente nacimiento como se sabe al granito, Al mismo tiempo a causa de las deformaciones la corteza sólida se fractura, de ahí las manifestaciones volcánicas profundas a lo largo de la costa

Hasta cierto punto, el hundimiento cesa, por motivos aún mal aclarados pero probablemente muy ligado a las deyecciones volcánicas citadas mas arriba y a el aumento de densidad del magma mas profundo.

Sin embargo, el granito así formado en la zona de la corteza terrestre corresponde al geosinclinal, no permanece inmóvil. El granito se compone, recordemos, de silicatos livianos, he ahí la importancia. En virtud del principio hidrostático, teniendo en cuenta el estado de viscosidad al que el debe encontrarse a causa del calor terrestre, el granito sube lentamente ayudado tal vez por las presiones laterales. Bajo éste aspecto se puede comparar la subida del granito con la de una masa de sal gema entre otras rocas, fenómeno conocido en geología bajo el nombre de diapirismo.

Durante ésta subida puede ser que a las anteriores deformaciones de la corteza se agregan otras. Nuevas fracturas, pues de ahí nuevos volcanes caracterizados por las lavas porfíricas (los pórfidos siendo los correspondientes volcánicos del granito); pero puede ser también que ello no se produzca y que las manifestaciones eruptivas conduzcan a la producción de rocas plutónicas, esas últimas se insinúan entre los sedimentos del fondo marino, los levantan, los arquean, a lo largo de la fosa geosinclinal y formando entre ella y la zona costera las montañas de núcleo granítico. Una actividad volcánica podrá entonces soldar al continente los relieves así constituidos en el mar; de ello se deducirá que el continente se encontrara al término del fenómeno aumentado por el borde.

¿Qué estructuras tendrán los relieves en su origen? Sí ninguna presión lateral ha participado en el empuje hacia arriba, ellos presentaron una morfología en abanico, como lo indica la figura 32. En el caso contrario, serán susceptibles de formas variadas, con los pliegues no simétricos, la fuerza de gravedad y el deslizamiento resulta como consecuencia, podrán desde entonces actuar sobre el conjunto recientemente emergido ( la geotumor) creando esas napas de acarreo mencionadas en la página 115 y bien visible sobre la figura 31.

### LA OROGENESIS EN CURSO.

Sí el origen de una cadena de montañas está determinada por la razón que habíamos dado, y si en particular no hay orogénesis sin geosinclinal y sin fenómenos volcánicos, ¿hay zonas donde se puede observar los aspectos enumerados, más alto pero en curso de transformación? La cuestión es por así decir, el corolario de visiones nuevas sobre la orogénesis. He aquí la respuesta de geólogos y de geofísicos.

Hay en la superficie de la tierra, dos zonas que responden a nuestra inquietud. La primera comprende el conjunto de islas alargadas y delgadas y mares que las separan, alrededor de el arco de las Antillas, al exterior pues del Mar Caribe. La segunda se encuentra en el Archipiélago Indonesio.

Una de las principales características de esas zonas es la presencia de fosas marinas profundas que estando vecinas a los continentes deben ser consideradas como los geosinclinales. Otra de sus características nos es aportada por los valores de la fuerza de gravedad que presentan, entre la fosa marina y el continente, las mas fuertes anomalías negativas conocidas sobre la tierras ahora estas anomalías podrían explicarse por una masa granítica (más liviana que el sima subyacente) en emergencia; cosa comprobada por los sondajes. Estamos pues en presencia de un geosinclinal y de pliegues en vías de emerger. Los festones de las islas no son mas que el embrión de un nuevo plegamiento importante. La presencia de volcanes en plena actividad confirma la hipótesis,

### LA EVOLUCION DE UN RELIEVE.

Un relieve pasa de una fase juvenil a una fase senil pero antes de dejarse vencer rejuvenece algunas veces.

Habíamos visto los factores probables del nacimiento de un relieve y habíamos recordado algunas teorías que tienden a explicar ese fenómeno. Pero nadie ignora que con el tiempo, un relieve tiende a desaparecer.

Los grandes relieves emergidos luego de los plegamientos paleozoicos, quo rejuvenecidos varias veces, han casi desaparecido hoy día. A los plegamientos pre-paleozoicos han sustituido regiones de planicie que no revelan más que a un examen muy detenido un antiguo trabajo orogénico. Conviene preguntarse según qué modalidades puede realizarse el desmoronamiento de todo el conjunto de cadenas.

Habíamos ya abordado esta cuestión varias veces; nuestra tarea se encontrará pues facilitada.

Digamos enseguida que un relieve es nivelado por las acciones concomitantes de esas realidades naturales que los geógrafos llaman " agentes externos".

El primer "golpe de pico" al macizo es dado por el sol, gracias a esos fenómenos junto a la dilatación térmica del cuerpo. La roca está tanto mas o tanto menos expuesta al sol; ella recibe un flujo continuo de calor. A la mas fuerte irradiación debe producirse una dilatación de materiales rocosos. Al contrario, durante la noche, la roca dilatada tiende a contraerse. Se instala así, en el seno de la roca asoleada un movimiento rítmico donde siguen dilataciones y contracciones. Continúa en un cierto momento una fractura (hecha de algunos milímetros) en la superficie de la roca.

Es entonces que entra en acción el segundo agente de erosión. En los intersticios así formados, el agua penetra con facilidad; o puede llegar a agua congelada. Cada uno sabe que el agua solidificada aumenta bruscamente el volumen; el aumento representa el 10% - del volumen inicial. Un viejo ejemplo, a esto respecto, es el de la botella llena de agua abandonada sobre el alféizar de una ventana durante una fría noche de invierno y la encuentra en la mañana en pedazos. El mismo fenómeno se verifica en los intersticios que nos ocupan cuyas paredes sufren una violenta presión. Resulta una prolongación de la fisura, al mismo tiempo que se desprenden otros fragmentos de materia.

Sin embargo esos dos agentes no se suceden siempre de la manera indicada. En realidad el proceso se desarrolla así en las montañas de zonas muy calientes y áridas. En las zonas frías, la acción solar es menos marcada, es evidente; pero la otra acción, de el agua que hiela y aumenta de volumen, no falta: en ese caso, los desprendidos serán de los intersticios accidentales; eso no significa que a la larga esta acción será menos considerable,

Al lado de el calor y del hielo, se agrega un tercer elemento; el viento. Ya la acción dinámica del viento en si mismo es capaz de gastar la roca esculpiendo de manera mas o menos marcada, Pero si el viento transporta los pequeños restos rocosos ( el caso mas común, sobre todo en las zonas desérticas y las estepas) es claro que su acción será mas intensa,

A estas acciones que nosotros podemos llamar capilares, en que ellas son imperceptibles pero constantes, se agregan otras debidas a las aguas. Estas son las acciones que agregan al desgaste el transporte de materiales erosionados, Pero el resultado es siempre el mismo; el relieve se reduce. Las aguas fluviales corren a lo largo de los flancos de las montañas arrancando materiales pedazo por pedazo; las aguas corrientes se canalizan en las gargantas existentes y los ensancha profundizando un valle; las aguas heladas, los glaciares avanzan muy lentamente acumulando los residuos sobre su frente.

Así poco a poco, con el concurso de diversos factores (menores; el calor, el hielo, el viento; mayores; las aguas fluviales, corrientes, los glaciares), la montaña desaparece asumiendo el curso del fenómeno diversos aspectos, íntimamente ligados a la vez a la acción de agentes externos y a su propia estructura geológica y estratigráfica.

Se puede llegar a que la montaña esté formada de rocas friables en ese caso, ella dará nacimiento a las formas de transición redondeadas, O bien que la montaña esté constituida de rocas horizontales muy compactas: se deriva de formas envueltas, como en las dolomitas o en gradas, si las capas horizontales

compactas alternan con las capas blandas. Las rocas pueden ser compactas pero dispuestas en estratos verticales: estaremos entonces en presencia de formas de agujas con profundos desfiladeros en V y crestas dentadas. Se puede llegar a rocas que son compactas pero inclinadas; lo que producirá una morfología asimétrica, con una vertiente presentando el flanco de los estratos y por el otro su cabeza; la primera vertiente tendrá un declive poco acentuado y la otra será abrupta. Puede que la montaña esté formada de calcáreos; en ese caso a las acciones antes mencionadas se agregará una acción química operada por las aguas de lluvia cargadas de anhídrido carbónico; Acción que comporta la disolución del calcáreo y la formación de dolinas de embudo y de fosas; se comprenderá en este último caso que la destrucción del macizo es notablemente acelerada.

¿Cuánto tiempo es necesario a una cadena de montañas para morir, es decir, para pasar de una morfología joven, rica en gargantas, en cimas, en impetuosas aguas corrientes, a una morfología vieja donde las montañas están reducidas al estado de colinas, aún de periplanicies o las aguas corren perezosamente y estancan a menudo? En 100 años, según los geógrafos, la erosión puede quitar a la montaña 3cm. de espesor. A primera vista eso podría parecer una cantidad desdeñable. Pero un simple cálculo permite resaltar que en 1 millón de años la montaña pierde una corteza de 300m, Bastaría entonces 10 millones de años para hacer desaparecer el arco alpino. ¿Y que son 10 millones de años en la historia de la tierra? Un momento. Esas consideraciones nos llevarían a hacer una nota importante.

Vale la pena pensar que el proceso de la erosión se desarrolló sin interrupción. Pues, en algunos millones de años ese proceso habría debido aplanar los relieves nacidos de la orogénesis-alpina haciendo de la superficie terrestre una planicie baja y monótona. Ahora las montañas no faltan de la superficie de la tierra. Ello demuestra, si no ha habido otras pruebas, la existencia de una actividad orogénica continua que implica el rejuvenecimiento de los relieves ya emergidos sobre todo en las zonas de la orogénesis reciente.

Las zonas de orogénesis pueden pues rejuvenecer de manera que una periplanicie puede poco a poco curvarse de nuevo, plegarse y volver a tomar la morfología que caracterizaba , por las cumbres, valles, gargantas, propia de los paisajes montañosos jóvenes.

" LA PLANETE TERRE "

Paolo Tofini.

Traducido por:

Eliana Urcelay.