

Nociones de antropogeografía

Juan de la C. POSADA

GRUPO B.—Climas secos (1)

Las comarcas terrestres en que la evaporación supera a la precipitación, están afectadas por lo que se denomina un **clima seco**, y se encuentran, por consiguiente, desprovistas de fuentes de aguas corrientes superficiales que se originen dentro de su mismo territorio. Puede haber, sin embargo, aguas subterráneas, más o menos profundas, provenientes generalmente de zonas adyacentes con mayor precipitación o menor evaporación, las cuales viajan por entre estratos permeables protegidos por otros impermeables.

No es posible definir numéricamente la cantidad de lluvia anual que corresponda a un clima seco, porque la evaporación, que es el factor controlador para el caso, depende de muchas variables: mayor o menor temperatura del ambiente, coincidencia de las lluvias con los meses cálidos o fríos, régimen de los vientos, naturaleza y relieve del suelo etc. Puede suceder, y en realidad así ocurre, que determinada precipitación en un lugar dado, origine un clima húmedo, y en otro, un clima seco. Además, las escasas lluvias características de este clima, no obedecen a regímenes definidos; ocurren ocasionalmente, cuando menos se espera, con lo cual su utilización para la agricultura es prácticamente imposible. La humedad relativa es siempre muy baja —de 5 a 30 %—, pero la absoluta no es pequeña, aunque muy distanciada del punto de saturación, debido a la alta temperatura del aire.

Por cuanto los climas secos se encuentran en medias y en bajas latitudes terrestres, nada concreto se puede establecer con respecto al grado de temperatura que les corresponda. Se observa sí, que en general el calor es más intenso que en las zonas

(1) Véanse los números 3, 5, 6 y 7 de esta revista.

húmedas adyacentes latitudinalmente y que las oscilaciones termométricas diarias, estacionales y anuales son mucho más fuertes.

La falta o escasez de vegetación y la sequedad del aire, provocan la fijación en el suelo, durante el día, de una grandísima parte de la radiación calórica del sol, e igualmente una intensa radiación de la misma —ya fijada en el suelo— hacia el espacio, al llegar la noche, todo lo cual se traduce en violentas oscilaciones de la temperatura. El cuerpo humano, en esas condiciones, sufre desequilibrios extremos que afectan hondamente la armonía fisiológica de su organismo, su modo de vivir, su personalidad.

La luminosidad en los desiertos llega al máximum: la vista se fatiga en deslumbradores horizontes, insoportables.

En esas comarcas dominan las corrientes atmosféricas, como en los mares, especialmente durante el día, a causa del rápido y fuerte intercambio conveccional entre las partes bajas y altas de la atmósfera, muy desigualmente calentadas por las radiaciones solares. El viento, en los desiertos, que levanta el polvo en remolinos terribles, es enemigo temible, incontrastable, que el hombre no puede afrontar sin exponerse a perecer.

Koppen divide los climas secos en dos categorías o tipos: los de **bajas latitudes**, que corresponden a regiones situadas en la zona tropical, y los de **latitudes medias**, situados en comarcas al norte y al sur de dicha zona.

TIPO 3.—Climas secos de bajas latitudes

Los **climas secos de las bajas latitudes** son la resultante, principalmente, de los alisios —vientos secos que nacen en las zonas sub-tropicales de altas presiones— los cuales al ir avanzando hacia el círculo ecuatorial, se calientan más y más, rebajándose, por consiguiente, su humedad relativa. Las lluvias en estas condiciones no son posibles sino en las costas de levante, especialmente cuando están protegidas por barreras cordilleras que sirvan para deflectar los vientos verticalmente. En cambio, en las partes centrales y en las costas occidentales de los continentes, la saturación del ambiente se conserva muy baja, impidiendo la precipitación. Así surgen las zonas desérticas, las cuales están localizadas, en su mayor parte, entre los para-

lelos 20° y 25°, al norte y al sur de la línea equinoccial, con variaciones hasta de 5° más, a cada lado.

Cuando la lluvia es demasiado escasa, se caracterizan los desiertos típicos, hostiles en sumo grado para la existencia de la vida orgánica en general y mortíferos para el hombre casi siempre. La persistencia de los alisios del oriente en estas bajas latitudes, vecinas a la zona de las calmas ecuatoriales, y el estado de sequedad en que llegan hasta las costas occidentales —después de haber dejado en las orientales gran parte de la humedad que acopian en los mares— explica los desiertos no sólo en tierra sino la carencia de lluvias en los mares situados al poniente de los continentes.

Entre los **desiertos** propiamente y las regiones adyacentes, por un lado a las zonas lluviosas de las calmas ecuatoriales y por el otro al anillo subtropical de altas presiones —también húmedo— se presentan comarcas de transición, marginales, denominadas **estepas**, con doble precipitación de la que ocurre en los desiertos, y por lo tanto, con vida vegetal y animal de alguna significación. Las lluvias, sin embargo, además de escasas son irregulares, esporádicas, y se presentan generalmente en las estaciones invernales, esto es, cuando el sol está más alejado de las posiciones cenitales correspondientes a esos lugares. En estas condiciones la evaporación es menos activa y el suelo adquiere, cuando su composición es adecuada, la virtud de soportar alguna vegetación transitoria, que luego muere, al recibir nuevamente las radiaciones calóricas y verticales, durante el verano.

Cuando es posible la irrigación de suelos fértiles de suyo, se cultivan pastos en las estepas para la industria del pastoreo, con buen provecho. Lo mismo podría ocurrir con los desiertos, pero el alejamiento de las corrientes de agua, en este caso, mucho mayor que en las zonas de las estepas, como es obvio, impide la utilización de estas tierras en tal sentido. Solamente en los **Oasis** —porciones aisladas en los desiertos, generalmente de poca extensión— en donde manan fuentes de agua que mantienen la humedad del suelo, es posible la vida vigorosa de los seres organizados.

Quedó anotado ya que la cantidad de lluvia anual en los **desiertos** es escasa, variable y local. En general oscila entre 25 y 30 mlm. En los grandes desiertos africanos, australianos y americanos, tomados en toda su extensión, la precipitación no

llega a 15 mlm. En el Cairo caen 30 mlm.; en Lima, 50; en Yuma (Arizona), 80 y en porciones de la parte chilena del desierto de Atacama se pasan 5 y más años sin llover, lo que no impide para que en un solo aguacero hayan caído en Iquique más de 60 mlm. Se comprende, desde luego, que precipitaciones súbitas de esta naturaleza sobre terrenos desnudos de vegetación y disgregados, provoquen enormes avalanchas de lodo, las cuales al precipitarse por las cañadas, destruyen puentes, caminos, ferrovías etc.

En cuanto a la temperatura, es muy variable; la oscilación anual llega hasta 15°, y la diaria, en casos excepcionales, sube a 40°, bajándose la mínima a 1° bajo cero. Todo depende de la localidad y de la posición cenital del sol. Lo más agobiador para el hombre es la persistencia de las olas de calor. En algunas partes de los desiertos australianos, por ejemplo, se sostienen temperaturas de 38° y 36°, durante dos y cinco meses, respectivamente. Naturalmente, las olas más fuertes de calor coinciden con los **veranos** y las menos ardientes con los **inviernos**. Las corrientes marinas frías refrescan el ambiente, como sucede en las costas suramericanas del desierto de Atacama, y en las africanas a linde con la corriente de Benguela. Con la baja en la temperatura, la poca humedad del aire se condensa en nieblas y en rocío. Se verifica así el fenómeno de un desierto sin lluvias, pero con densas neblinas que ocultan las montañas y hacen peligrosa la navegación de los mares vecinos. En las estepas, o zonas de transición entre los desiertos y las comarcas húmedas que las limitan, las variaciones en la temperatura son menores y, por consiguiente, se soporta con menor fatiga el calor del ambiente.

La insolación llega al máximum: el sol se contempla esplendorosamente brillante, con cielo completamente despejado, en más de 80% del tiempo en que es posible verlo. En semejantes condiciones, la tierra, desnuda de todo abrigo vegetal, se calienta intensamente, provocando corrientes de convección, generadoras de espantosos movimientos atmosféricos que levantan el polvo y las arenas en torbellinos que son el terror y el mayor enemigo de las caravanas que se aventuran a viajar por esas soledades.

La evaporación, en ambientes fuertemente caldeados y de muy escasa humedad relativa, es enorme: En Yuma, por ejem-

plo, la evaporación llega a 1400 mlm., al paso que la precipitación no alcanza a 25, durante los meses más ardientes del año.

Pierde la humanidad —y también los demás seres organizados— en estos desiertos y estepas, una área considerable que podría dar cabida holgada a centenares de millones de habitantes, en condiciones climatéricas propicias, y aunque hoy mismo la pérdida no es total y el ingenio del hombre sabrá dominar, en parte, en lo futuro, y con más eficacia a medida que la necesidad se imponga, el medio natural hostil para la vida en estas comarcas, puede darse por segura la inutilidad de centenares de miles de kilómetros cuadrados, sobre todo al agotarse las riquezas del suelo y del subsuelo. Adelante se verá a qué razas pertenecen y cómo viven los escasos moradores de estas ardientes y desoladas regiones terrestres.

Encuéntrense los principales desiertos y estepas de las bajas latitudes localizados como se expresa en seguida.

América del Norte. Un pequeño desierto en California, rodeado por la correspondiente estepa, en la cuenca del río S. Joaquín. El gran desierto de Arizona, que se extiende a porciones de Nuevo Méjico y se prolonga, por una parte, al noroeste de Méjico principalmente por Sonora y la Baja California, y por la otra, al centro norte de aquella república hasta las vecindades de Torreón. Este desierto está rodeado por extensa faja ondulada de estepas que atraviesa el continente desde el Pacífico, al sur del golfo de California, hasta el golfo de Méjico, con centro en Tampico. Los dos extremos salientes de la ondulación están comprendidos entre los paralelos 20° y 30° N. Por último, las pequeñas estepas del norte de Yucatán.

América del Sur. Una faja estrecha entre la costa y las cimas de los Andes, desde los límites entre el Ecuador y Perú, hasta cerca a Coquimbo, en Chile. Además, pequeñas estepas al norte del Chaco argentino; en la parte baja del río brasilero de S. Francisco, y en la Guajira, en Colombia.

Africa. El gran desierto del Sahara, con 5.000 kms. de este a oeste y 1.500 de norte a sur. Atraviesa el continente aproximadamente entre los paralelos 15° y 32° N., y comprende una área de más de 6.500.000 kms. cuadrados, esto es, superior a cinco veces la de Colombia. Está rodeado por una estrecha zona de estepas al norte y otra más ancha al sur, la cual al llegar al mar

Rojo, corre por la costa hasta abarcar considerable extensión de Somalilandia. Además, en el suroeste del continente, extensa faja costanera desértica, ancha al sur y más estrecha al norte, hasta desaparecer en Loanda, rodeada toda, al oriente, por otra de estepas, semejante en forma y extensión.

Asia. Casi toda la península arábiga, y porciones alternadas con estepas en las países inmediatamente vecinos al norte, hasta el paralelo 30° N., y hacia el oriente hasta llegar al Beluchistán Indico. Comprende una área doble de la de Colombia. Por último, al oriente de Bombay, una pequeña estepa.

Oceanía. Por lo menos dos millones de kilómetros cuadrados en el **desierto australiano**, que ocupa el centro y el oeste de la Isla Continente, el cual está rodeado, al oriente, al norte y al suroeste, por extensas estepas. Además, en la Nueva Guinea y otras islas del Grande Océano, hay algunas zonas desérticas y en estepas.

TIPO 4.—Climas secos de latitudes medias

Al sur y muy principalmente al norte de los anillos terrestres en que se presentan los desiertos y las estepas de las bajas latitudes, se encuentran climas secos que determinan, también, desiertos y estepas, pero con características distintas, menos ofensivas para el hombre, aunque siempre agresivas. Los climas en consideración prevalecen, por lo general, en las partes centrales de los continentes, alejadas de los océanos, en donde la fuerza centrífuga de la revolución terrestre defleca los vientos considerablemente, impidiéndoles el libre acceso, tierra adentro, con lo cual quedan privadas esas comarcas de la humedad que aquéllos acarrearán, acopiada al pasar sobre los mares.

Por consiguiente, los climas secos de las latitudes medias se localizan entre los paralelos 30° y 50° N o S., esto es, en las zonas en que dominan hacia el levante los ciclones (Norte América) y los monzones (Asia) que dan abundante precipitación costanera y muy escasa en el interior de los macizos continentales. En Suramérica, la Patagonia argentina es caso excepcional, con clima seco hasta las playas del Atlántico, debido a la estrechez de ese territorio y al hecho de estar abrigado **bajo la sombra protectora** de la alta cadena de los Andes, situada a corta

distancia al oeste y en cuyos flancos se condensa y cae en lluvia y nieve la humedad que llevan las corrientes aéreas.

La temperatura en estos climas oscila enormemente, de acuerdo con la latitud, de una estación del año a otra, porque los desiertos y estepas se encuentran comprendidos dentro de los anillos terrestres de las zonas templadas, en que se marcan completamente las estaciones. Durante el verano el calor es sofocante, y al llegar el invierno el frío es muy intenso. En parajes de Mongolia, por ejemplo, a la altura del paralelo 50° N., la temperatura media en Enero es de 25°, y más, bajo cero, y en Junio alcanza a 28°, al paso que en latitudes más bajas (35° N.) las temperaturas correspondientes son de 1° y 30°.

La precipitación es, quizás, menor que en los desiertos y estepas tropicales, y en los inviernos parte cae en nieve, pero en capa tan delgada, que fácilmente es licuada por las oblicuas radiaciones solares que generan tempranas olas de calor al iniciarse la primavera. En las depresiones, rodeadas por altas montañas, naturalmente se reduce al minimum la precipitación, y en las zonas más mediterráneas las lluvias ocurren generalmente en el verano y escasean en el invierno, por la sencilla razón de concurrir entonces el maximum de humedad absoluta en la atmósfera, la mayor temperatura en el ambiente y la aparición de corrientes monzónicas hacia tierra, las cuales provocan vientos huracanados temibles, especialmente durante las horas del día. En cambio, las lluvias son más abundantes durante el invierno en las zonas vecinas al trópico, situadas en los costados occidentales de los continentes, libres de anticiclones y expuestas, por consiguiente, a las corrientes ciclónicas húmedas.

La mayor parte de los desiertos y de las estepas de las zonas templadas se encuentran en Asia y en Norte América, en extensas cuencas o depresiones, más o menos onduladas y encerradas por cadenas de montañas, por cuyos flancos se prolongan hasta alturas variables. En general son menos áridas estas comarcas que las semejantes tropicales, no tanto porque tengan mayor precipitación sino porque la evaporación es menor, con soles oblicuos. Aisladas así esas porciones de la tierra firme, de la acción benéfica de los vientos húmedos, los rayos solares calientan el suelo y el ambiente insoportablemente durante los largos días de los veranos, y al llegar las prolongadas noches de los inviernos, el frío es penetrante e insufrible.

Las estepas, como en el caso de las tropicales, son sitios de transición, contiguos a zonas húmedas propicias para la vida orgánica. La utilización agrícola de esas tierras es poco menos que imposible, porque las pocas lluvias que las refrescan ocurren sin orden alguno, intempestivamente. En Ogden (Utah), por ejemplo, con precipitación medio de unos 400 mmm., ha habido años en que sólo alcanza a 150 y otros en que pasa de 600.

La superficie ocupada por las zonas desérticas en consideración es por lo menos tan extensa como la que cubren los desiertos y estepas tropicales, privándose así la humanidad de muchos millones de kilómetros cuadrados para su desenvolvimiento y desarrollo, los cuales están colocados en las zonas templadas, que son la morada natural de la especie.

En los Estados Unidos de **Norteamérica**, principian desde la vecindad del meridiano 95° W. (Greenwich) las estepas de las grandes Llanuras del Oeste (**Great Plains**), al pie del sistema de las montañas Rocallosas, por los estados de Tejas, Nuevo Méjico, Kansas, Colorado, Nebraska, Las Dakotas, Wyoming y Montana, las cuales al ascender a las cuencas (**Basins**) entre las montañas dichas y las de la Sierra Nevada, alternan con verdaderos desiertos en Utah, Nevada, Idaho y Oregon.

En **Suramérica**, una pequeña estepa en los alrededores de Coquimbo (Chile) y el gran desierto de la Patagonia argentina, rodeado por estepas al nordeste, norte, occidente y sur. La corriente marina fría que recorre las costas, sostiene en este territorio temperaturas bastante uniformes.

En **Africa** y **Australia**, pequeñas estepas en sus extremos meridionales.

En **Europa**, dos zonas de estepas en las mesas centrales de la península Ibérica.

En **Asia** —el mayor de los Continentes— grandísimas extensiones son estepas y desiertos desolados, famosos a través de la historia. Desde Anatolia, Siria y Mesopotamia, al sur, y Ucrania al norte, se extienden hacia el oriente hasta Manchuria, dilatadas estepas, con las partes centrales convertidas en las pavorosos desiertos de Kasak, Tarim, Gobi (Mongolia), Irán, Afghanistan, etc. El solo desierto de Gobi tiene más de 3.500 kms. de occidente a oriente y en las estepas de Kirghiz merodean unos 2.000.000 de salvajes, sin morada fija, en más de 3.000.000 de kms. cuadrados.

GRUPO C.—Climas húmedos de temperaturas moderadas

Los climas húmedos de temperaturas moderadas corresponden a comarcas situadas en los anillos de las zonas templadas terrestres, esto es, a las mismas alturas latitudinales en que se encuentran los desiertos y estepas que acaban de ser anotados. Precipitaciones más abundantes y regulares dan a los suelos en que dominan estos climas, capacidad para producir y conservar las selvas, y para que en ellos se establezca la industria de la agricultura, en forma sistemática y provechosa. Siguiendo el ritmo de las cuatro estaciones del año, en la primavera y el verano crecen y fructifican las plantas, en ambientes que van entibiándose progresivamente, a medida que aumenta la altura cenital del sol; en el otoño, con temperaturas irregulares, que tienden a descender, termina la madurez y sazón de los frutos y el perfeccionamiento de las células de las plantas, y en el invierno cae el follaje y se **duerme** la vegetación, suspendiéndose prácticamente su crecimiento y desarrollo. En la vida animal hay, también, fases biológicas, variables según las especies y en todo caso benéficas para normalizar su existencia, que armonizan con las estaciones.

Los climas de esta clase —clasificados por Koppen en tres tipos— se encuentra en los dos hemisferios, contiguos a los ecuatoriales por un lado, y en dirección polar avanzan a altas latitudes por las costas occidentales de los continentes.

TIPO 5.—Climas mediterráneos o sub-tropicales de verano seco

La precipitación es moderada y ocurre en el invierno, con temperaturas suaves y agradables; el verano es seco y cálido; la insolación o brillo libre del sol es casi constante y las tormentas eléctricas poco comunes. En este ambiente climático y con suelos apropiados, el cultivo de los cereales, de los árboles frutales y de la vid, da magníficos rendimientos y el hombre vive en un medio paradisíaco perpetuo que da bienestar y alegría.

La temperatura en los inviernos varía generalmente entre 4° y 10°, de tal manera que las nevadas y aún las heladas son raras. En el verano el termómetro sube a poco más de 30° y no suele bajar de 20°, de modo que la oscilación anual es un poco mayor que en los trópicos, pero dentro de límites que no ponen a prue-

ba el organismo humano. Naturalmente en las costas los veranos son más fríos que a cierta distancia en el interior de las tierras, especialmente si aquellas son batidas por corrientes marinas frescas. Por consiguiente, tierra adentro, la temperatura es más alta —casi tropical— y la oscilación anual llega al máximo. La escasez de humedad en la atmósfera hace soportables estas altas temperaturas —hasta de 40°— que suelen observarse con soles cenitales, brillantes. Por la noche, con intensa radiación, el ambiente se enfría y baja el termómetro a 15° o menos, marcando así oscilaciones diurnas como en las estepas de las latitudes medias, pero sin llegar casi nunca al frío de las heladas.

La cantidad de lluvia anual varía entre 400 y 600 mlm., por término medio, y como ya se vió, cae en los meses del invierno —que son los de menor evaporación— esto es, de Diciembre a Marzo en el hemisferio boreal y de Junio a Septiembre en el austral. A medida que aumenta la latitud, la precipitación va siendo mayor, y lo mismo pasa cuando se avanza del interior de los continentes hacia las costas, especialmente en zonas desprovistas de altas montañas. El origen de estas lluvias es principalmente ciclónico, sobre todo en las llanuras y en la vecindad de las trayectorias de las corrientes atmosféricas que tienen este carácter. Por lo general las precipitaciones son de corta duración, abundantes y poco persistentes o constantes, de un año a otro, lo que no deja de introducir el factor de la incertidumbre en las cosechas, y el sol brilla intensamente después de cada lluvia, con lo cual se logra una gran luminosidad hasta en los meses de invierno.

Los climas mediterráneos son deliciosos, alegres, fascinadores y los buscan ávidamente los turistas, se puede decir, que en todas las épocas del año, pues si bien es verdad que durante el verano el sol brilla con ardor casi todo el día, al llegar la noche se suaviza el ambiente y soplan brisas confortantes, especialmente en las costas. California, Italia, La Costa Azul y tantos otros lugares semejantes son verdaderos paraísos terrestres, moradas de selección especialmente propicias para que el hombre viva, ordenada y dignamente, la vida en toda su plenitud. Los artistas, los poetas, los filósofos y los literatos más renombrados, han sentido su inspiración y la han estampado en sus obras, al contemplar la naturaleza en un ambiente así, perfecto y armonioso, que se refleja en todo su sér.

Desafortunadamente no son muchas ni extensas las comarcas terrestres que gozan de este clima.

En **Norteamérica**, gran parte del Estado de California, especialmente al norte, y la porción meridional del de Oregon.

En **Suramérica**, una estrecha faja en la costa chilena desde Coquimbo hasta las vecindades de Concepción.

En **Africa**, en la Colonia del Cabo y en estrecha faja costanera al norte de las montañas del Atlas, en Marruecos y Argelia.

En **Europa**, gran parte de España y Portugal, al sur de las montañas que bordean el mar Cantábrico; las costas mediterráneas de Francia y casi la totalidad de la península italiana con sus islas adyacentes; las costas de Yugoslavia, casi todo el territorio de Grecia y las costas del mar Negro y las mediterráneas de Anatolia, prolongadas estas últimas a porciones de Siria. Los mares Negro y Mediterráneo quedan, también, cobijados con este clima.

Por último, pequeñas porciones costaneras en los extremos oriental y occidental de la Gran Bahía Australiana.

TIPO 6.—Climas húmedos subtropicales

Los climas húmedos subtropicales están situados entre los paralelos 25° y 40°, en los dos hemisferios, esto es, aproximadamente dentro de los anillos terrestres en que se encuentran los mediterráneos, y se diferencian de éstos en que predominan en las costas orientales de los continentes y en que en ellos las lluvias son más abundantes y mejor distribuidas durante el año. Especialmente en los grandes macizos continentales de Asia y Norteamérica, el régimen correspondiente de los vientos es de carácter monzónico, con las consiguientes precipitaciones en las estaciones caniculares o de verano, las cuales son, también, acrecentadas por las corrientes marinas cálidas que existen en los costados occidentales de los océanos. Además, cada uno de esos dos tipos de clima se caracteriza más, por encontrarse los mediterráneos en contacto con las zonas de estepas y desiertos tropicales, y los húmedos subtropicales con las de sabanas y de selvas lluviosas.

Las temperaturas características del clima en considera-

ción, corren parejas con las de los climas mediterráneos, excepto en cuanto a las costas de levante, las cuales disfrutan de ambientes menos frescos por causa de las corrientes ya anotadas. En verano, la temperatura media no rebaja de 27°, con máximas de 40° y mínimas de 15°, y como el aire se sostiene en un alto grado de saturación —hasta 80 %— el cuerpo humano sufre molestas sensaciones de opresión, las cuales no cesan durante las noches, encapotadas de nieblas y nubes que impiden la radiación del calor al espacio. Naturalmente en los inviernos el calor del ambiente es muy suave, con máximas de 16° y mínimas poco por debajo del punto de congelación. En las regiones en que se desarrollan fuertes movimientos monzónicos hacia los mares vecinos, como sucede en el oriente asiático, los inviernos sí son excepcionalmente fríos y húmedos, propicios para heladas desastrosas, las cuales afortunadamente no son muy numerosas, pero de ocurrencia inesperada, con graves daños para las cosechas.

En cuanto a la precipitación anual, varía bastante de un lugar a otro, pero en términos generales está comprendida entre 750 y 1600 mlm., sin que se presenten frecuentemente verdaderas sequías en los veranos, especialmente si son escasos los vientos monzónicos, como sucede en el hemisferio austral. Las tempestades eléctricas son frecuentes en los veranos, lo mismo que devastadores huracanes y ciclones, especialmente en Asia y Norteamérica. Los tifones y las inundaciones en la cuenca del Yanktze, en el Japón y en el centro sur de los Estados Unidos de Norteamérica, causan, a veces, pérdidas de vidas y de riqueza pública que conmueven la humanidad. Las lluvias en los inviernos son de carácter casi siempre ciclónico, con horizontes encapotados que dan precipitaciones persistentes durante días enteros, sin que falten nevadas, de cuando en cuando. Al llegar la primavera el cielo se despeja, con brillantez y vigorizadores días de sol, que tibian el ambiente.

Las comarcas terrestres en que domina este clima están densamente pobladas, especialmente en las llanuras y colinas de poca altitud, y la agricultura rinde en ellas opimos frutos. Es morada grata para la especie humana. Naturalmente en las montañas altas, la nieve se acumula en grandes masas y se utilizan, más que todo, para el cultivo de los bosques.

Goza de este clima en **Norteamérica**, gran porción de los Es-

tados Unidos en la parte baja de la hoya del Mississippi, desde la latitud de Kansas hacia el sur y el sureste, incluyendo la Florida; en **Suramérica**, las Pampas argentinas, todo el territorio del Uruguay, gran parte del Paraguay y la extensa zona meridional del Brasil; en **Africa**, pequeña porción del extremo sureste del continente; en **Australia**, una estrecha faja al oriente y en **Asia**, gran porción de la China oriental en parte de la hoya del río Amarillo y en casi toda la del Yangtze, hasta Canton, y la parte meridional de las islas Japonesas, incluyendo Formosa.

TIPO 7.—Climas marinos de las costas occidentales

Los climas de esta especie derivan su nombre de las zonas oceánicas en que predominan, situadas al occidente de los continentes y al norte o al sur de los paralelos de 40°, internándose luego en las costas adyacentes o abarcando las islas de poca extensión de este a oeste. Por su posición, las regiones en que reinan quedan en contacto con las de los climas mediterráneos de menor latitud, apartadas, por consiguiente, de las zonas de altas presiones subtropicales y de las de los alisios, esto es, libres de sequías rigurosas durante los veranos. Por lo general estos climas penetran hondo en los continentes desprovistos de cordilleras costaneras, y se limitan a los litorales cuando se levantan desde las playas, altas barreras de montañas.

La temperatura en los veranos es moderada, suave, agradable, pero un tanto baja para la obtención de buenas cosechas de algunos cereales. Por lo general no pasa, en término medio, de 18°, con máximas ocasionales de 35° a 40° y mínimas de 10°.

En los inviernos el ambiente es más tibio —hasta 10° o 12°— que en otras partes situadas a igual latitud al oeste de los océanos, debido al acopio de calorías que llevan del trópico las corrientes marinas del Caribe, a Europa, y de Kuro Siwo, a la Colombia Británica. La temperatura media durante los tres meses del invierno, se aproxima a 5°, con máximas de 15° y mínimas de 12° bajo cero. Las heladas son frecuentes, especialmente de noche, pero rara vez duran más de 24 horas. En general el frío es suficientemente riguroso para paralizar o **dormir** la vegetación, y no faltan años en que los vientos anticiclónicos

del interior de los continentes, generan temibles olas de frío intenso, que duran semanas enteras.

La precipitación, siempre suficiente para las cosechas y para el dominio de las selvas, no escasea en ninguna estación, pero sí varía bastante de una región a otra, según el relieve del terreno, notándose que en las tierras planas es menor que en las montañosas. Así, por ejemplo, en Chile, Noruega, la Colombia Británica etc., suelen caer hasta 3700 mlm. de agua en un año, mientras que en las llanuras de Inglaterra y de Francia, el término medio es de unos 700 mlm., con máximas hasta de 1400. En las costas y en las montañas la precipitación es mayor durante los inviernos, y en estas últimas, casi toda es en forma de nieve, que alcanza hasta 10 m. de espesor. En cambio, en las llanuras los días de nevadas en el año son escasos: en Inglaterra no pasan de 25 y en París de 15, con la circunstancia de que esas delgadas capas de nieve se licúan rápidamente. El origen de la precipitación en estos climas es orográfico o ciclónico, sin muchas tempestades eléctricas, predominando siempre el carácter ciclónico, en lluvias o lloviznas prolongadas durante muchas horas, con cielos tristes y sombríos.

En los climas marinos en consideración, la nubosidad es muy alta: del 60 al 70% de todos los días del año. No se presentan con frecuencia los deliciosos días asoleados del clima mediterráneo, y se pasan semanas enteras sin ver el brillo del sol. La humedad del ambiente es alta y las frecuentes y espesas nieblas borran el horizonte, especialmente en las costas, con lo cual la navegación de los mares vecinos y aun de los ríos, es peligrosa, sobre todo en la estación invernal, caracterizada, también, por grandes tormentas huracanadas, ciclónicas, que agitan los mares violentamente y causan a menudo naufragios. En la primavera, las tormentas casi desaparecen, la luminosidad aumenta, el aire se entibia y el hombre experimenta sumo bienestar. Los meses del otoño son desagradables, con lluvias y vientos intempestivos, que modifican constantemente el estado del tiempo.

Los grandes centros de la civilización europea se han desarrollado en los territorios en que predomina este clima, hasta el punto de encontrarse casi todos **superpoblados**, con grandes masas de humanidad avanzada en el cultivo de la inteligencia, pero escasa de recursos materiales para la subsistencia y el buen

vivir. Sin duda alguna, es esta la causa para las agitadas y violentas conmociones políticas que presencia el mundo actualmente.

Disfrutan de este clima, en **Norteamérica**, en su faz montañosa por excelencia, fajas relativamente estrechas en las costas de Oregon, Washington y Colombia Británica, casi hasta el paralelo 60° N. En **Suramérica**, angosta faja, también montañosa, en la costa chilena desde Concepción hasta la punta de Magallanes. En **Europa**, las Islas Británicas, Francia, Bélgica, Holanda, Dinamarca, la porción occidental de Alemania, la parte meridional de Suecia, el occidente noruego hasta tocar el círculo polar ártico e Islandia. En **Oceanía**, la zona alrededor de Melbourne, Tasmania y Nueva Zelandia. En los continentes africano y asiático no existe este clima. Naturalmente, en las montañas, según su altura y posición latitudinal, a medida que se asciende, la nieve va aumentando hasta llegar a ser perpetua, a niveles muy inferiores a los de otras latitudes más bajas, quedando así extensiones considerables inútiles para la agricultura y para morada del hombre, aunque a veces aprovechadas o aprovechables para otros fines.

GRUPO D.—Climas húmedos de bajas temperaturas

En los climas de esta especie, el frío, durante la estación invernal es riguroso, las heladas y las nevadas abundantes y frecuentes y la oscilación anual de la temperatura es fuerte, todo lo cual se debe a que las comarcas que los soportan se encuentran en latitudes hacia el levante e interior de los continentes, y por consiguiente son esencialmente climas continentales.

La temperatura, naturalmente, varía con la latitud, acentuándose más el frío del invierno que el calor del verano, y sin que se observe siquiera mediana regularidad en las oscilaciones extremas, de un año a otro.

La precipitación ocurre en todas las estaciones, pero es más abundante en los veranos, con ambientes constantemente húmedos, sujetos a movimientos conveccionales y a la formación de corrientes ciclónicas, menos frecuentes que en los inviernos, pero de mayor penetración en el interior de los continentes. Durante el invierno casi toda la precipitación se efectúa en forma

de nieve que cubre los campos sin licuarse, antes bien congelándose, con lo cual se rebaja considerablemente la temperatura del suelo, pues las radiaciones solares calóricas cuando se despeja el cielo, son reflejadas al espacio, casi totalmente, por los campos nevados. En una palabra, se marcan completamente las cuatro estaciones del año, con bastante rigor.

Divídase este grupo en dos tipos: Climas húmedos continentales y Climas Sub-árticos.

TIPO 8.—Climas húmedo-continentales

Por la escasez de tierras en el hemisferio austral, desde el paralelo 35° S. hacia el polo, no se presentan los climas húmedos continentales de baja temperatura, en Suramérica, Africa y Oceanía. En Norteamérica se encuentran comprendidos entre los paralelos 35° y 55° N., y en Asia avanzan hasta el paralelo 60° N., en grandes extensiones valiosas para la agricultura en ambos continentes.

Las estaciones se marcan con extrema severidad, desde los tórridos veranos hasta los helados inviernos, lo que se traduce en grandísimas oscilaciones en la temperatura. La tendencia monzónica de los vientos reinantes, en dirección norte en los veranos y hacia el sur en los inviernos, acentúa más las diferencias estacionales en el grado de calor, las cuales van creciendo, por consiguiente, de sur a norte y de las costas al interior de las tierras.

La considerable humedad en el ambiente costanero hace que se sienta allí el calor de los veranos, bochornoso, opresor y angustioso, y el frío de los inviernos penetrante y crudo, con la circunstancia de que la gradiente térmica sobre los territorios en que domina este clima, es muy apretada en los inviernos y ampliamente dilatada en los veranos, en la dirección norte-sur.

La precipitación va en aumento del interior de las tierras hacia las costas y de las latitudes elevadas hacia las más bajas y ocurre sobre todo en los veranos, sin que por esto las demás estaciones sean secas. Por lo común, al finalizar la primavera y al entrar el verano, llueve más, con gran beneficio para las cosechas.

Divide Koppen este tipo de clima en dos sub-tipos: de **largos** y de **cortos** veranos.

El primero, que domina en los Estados Unidos y Europa en el territorio llamado "la zona del maíz", por ser la cosecha de este cereal, la predominante, queda al sur de la región que comprende todo el grupo, y se caracteriza por sus prolongados veranos y por el menor contraste de una estación a otra. La temperatura media, en los veranos, alcanza a 26° y la máxima sube a 40°, y como la humedad del aire es alta casi siempre, el hombre experimenta desazón y molestias corporales, a veces fatales, como en la zona tórrida. En el invierno la temperatura media baja poco de 5° bajo cero, y la mínima no llega a 10°, también bajo cero. En la primavera y el otoño se marcan grandes irregularidades, con olas de calor o de frío, intempestivas.

En cuanto a la precipitación, que generalmente no pasa de 700 m/m. en el año, puede decirse que es más bien escasa que abundante, presentándose frecuentemente sequías destructoras de las cosechas. Las lluvias, casi siempre de origen conveccional, son más abundantes en los veranos y se presentan acompañadas de tempestades eléctricas, casi siempre de corta duración, después de las cuales brilla el sol en el cielo despejado, todo lo cual es benéfico para los cultivos. En las regiones monzónicas, como en el Asia oriental, los inviernos son casi secos, y los vientos levantan nubes de polvo que forman los valiosos suelos llamados loess, tan abundantes en China. En forma de nieve, la precipitación no pasa de una tercera parte del total. En la zona norteamericana, los días de nevadas no alcanzan a 30 en el año, con un espesor total de cerca de un metro.

Las regiones terrestres pertenecientes a este valioso clima son: en los Estados Unidos de **Norteamérica**, una gran faja que comprende la parte oriental de los Estados de Nebraska y Kansas, hasta la costa atlántica, por los Estados de Iowa, Missouri, Illinois, la parte sur de Wisconsin y Michigan, Indiana, Ohio, Pensylvania y el sur de New York, por Nueva Inglaterra hasta las vecindades de Boston. En **Europa**, la parte central austral de ese continente, especialmente en las cuencas del Danubio y del Po y en los países balcánicos. Por último, en **Asia**, el norte de la China, el sur de Manchuria, casi toda la Korea y el norte del Japón.

El segundo sub-tipo, o de cortos veranos, que es mucho más severo en sus estaciones, reina en territorios situados al norte

de los anteriores. Es la zona del "trigo de primavera". La temperatura en los inviernos es bastante más baja que en el caso anterior —entre 5° y 15°— al paso que en los veranos es apenas de 2° a 5° menor, por lo general. Por consiguiente el intenso frío y su persistencia durante largo período de tiempo, es lo que en realidad determina este clima. Los veranos son cálidos, pero cortos, anotándose temperaturas medias de 18° a 20°, máximas hasta de 38° y mínimas de 5°. En invierno la temperatura media es muy variable y anómala, debido a la presentación de vientos ciclónicos y anticiclónicos, pero generalmente es vecina al punto de congelación, con máximas de 5°, y mínimas de 30° y más bajo cero.

La precipitación varía bastante, según la región, entre 400 y 1000 mlm. Es escasa en el interior de los Estados Unidos, en Siberia y en Manchuria, con inviernos casi secos y los cortos veranos más abundantes en lluvias, generalmente de carácter conveccional. Es relativamente abundante en el oriente del Canadá y de la Nueva Inglaterra, y en el occidente europeo, con lluvias en ambas estaciones. En los crudos inviernos que caracterizan este clima, la precipitación se efectúa en nevadas que cubren el terreno con capas hasta de dos metros de espesor, durante tres o cuatro meses continuos. Las precipitaciones invernales son de origen ciclónico, casi siempre, con cielos grises y tristes.

Reina este sub-tipo de clima, en **Norteamérica**, desde Minnesota y el norte de Wisconsin, por la zona de los Grandes Lagos, hasta Maine y el oriente del Canadá. En **Eurasia**, la mayor parte de Polonia, el oriente de Alemania, los pequeños países del Báltico y gran porción de las llanuras de Rusia y de Siberia, entre los paralelos 50° y 60° N., hasta las vecindades del meridiano 90° E. (Greenwich). Por último, en la Manchuria Central, en Manchukuo y en el sureste de Siberia.

TIPO 9.—Climas sub-árticos

Este tipo de clima, llamado por los rusos **taiga**, no se encuentra sino en Norteamérica y Eurasia, aproximadamente entre los paralelos 50° y 65° N., esto es, hasta tocar en dirección polar, con la zona ártica de las **tundras**, en la isoterma de 10° en pleno verano, más allá de la cual no existen verdaderos bosques. En uno y otro continente, esos helados y casi desiertos territorios so-

portan amplísimas oscilaciones térmicas anuales, y están poblados por extensas selvas de coníferas.

Los veranos son muy cortos; la primavera y el otoño, breves, y el invierno largo y crudo. La temperatura en Julio —el mes más cálido— alcanza hasta 35°, y más, ocasionalmente, y en Enero —el más frío de los meses— baja a 40° bajo cero y a veces más. La media anual varía con la latitud, la topografía, los vientos etc. y generalmente está vecina al grado de congelación del agua. El corto verano queda compensado, en parte, con los largos días, que llegan a tener hacia los 60° de latitud, casi 19 horas de sol posible. La luminosidad, en mucha parte de luz difusa, no es pequeña, pues casi hasta la media noche es posible leer con la luz del crepúsculo, persistente hasta llegar el sol a 18° bajo el horizonte.

La transición del verano al invierno es rápida. Desde Agosto principian las heladas y en Octubre se congelan los lagos y ríos; el frío se intensifica a su máximo en Enero y hasta Mayo no puede pensarse en cultivar la tierra, durante dos o tres meses, pero siempre expuesto el agricultor a heladas intempestivas en la estación veranosa, como consecuencia de ráfagas de viento hacia el polo. En gran parte de estos territorios se hiela el suelo hasta profundidades de más de 50 m.

El invierno de Siberia lo pinta como sigue un observador: “No es posible describir el frío terrible que el hombre tiene que soportar; se necesita experimentarlo para saber apreciarlo. El mercurio se congela en un sólido que puede cortarse como plomo; el hierro se vuelve quebradizo y las hachuelas se rompen como vidrio; la madera, según la humedad que contenga, llega a endurecerse más que el hierro, y resiste al hacha, a menos que esté completamente seca; las pisadas sobre la nieve seca se oyen a grandes distancias y la ruptura de los cascarones de hielo y de tierra helada, se siente como un lejano cañoneo”.

La precipitación anual —que ocurre casi toda en los veranos y es de carácter conveccional y ciclónico— varía entre 350 y 500 mlm., o poco más, pero como la evaporación es muy baja y el piso se conserva helado, la humedad es suficiente para conservar las selvas típicas de esas regiones. La humedad absoluta del aire es muy reducida a causa del frío riguroso, y como los vientos reinantes en el invierno son anticiclónicos, no es posible

que exista una abundante precipitación, especialmente en las partes centrales de los continentes, sobre todo en Siberia, en donde se encuentra el "polo del frío" terrestre, cerca al poblado de Verkohyansk. En estas condiciones, la atmósfera se presenta tan despejada y libre de nieblas como en Italia. El mismo observador citado atrás, dice: "El aire en estas elevadas latitudes es notoriamente claro; el cielo se ve de color azul violeta, semejante al de la Madonna Sistina, el sonido va tan lejos que se puede percibir el ladrido de un perro a 20 kms. de distancia".

La precipitación en el invierno es casi toda en forma de nieve, y de origen ciclónico, y se acumula en capas de 600 a 800 mlm., que permanecen hasta siete meses sin fundirse, protegidas por las selvas y por el frío.

Podrá el hombre conquistar para su morada habitual y confortable, estas desoladas regiones? Estará su organismo acondicionado para vivir la plenitud de la vida en un medio tan impropicio? El hecho es que los millones de kms. cuadrados en que reinan los climas sub-árticos, están casi desiertos, no obstante la angustiosa superpoblación de otras comarcas.

En **Norteamérica** domina este clima, desde el noroeste de Alaska, en ancha faja, con rumbo sureste, hasta Terranova, que comprende casi todo el territorio de Alaska y el de las provincias canadenses del Yukón, Alberta, Mackenzie, Askatchewm, Kewatin, Manitoba, Ontario, Quebec y Labrador. En Alaska pasa al norte del círculo polar y en Ontario al sur del paralelo 50° S.

En **Eurasia**, desde Suecia y Finlandia, por las llanuras de Rusia y de Siberia hasta los mares de Okhotzk y Behring, en ancha zona al oriente comprendida entre los paralelos 50° y 70° N., la cual se estrecha al occidente entre los paralelos 60° y 70° N.

Caudalosos ríos, helados casi todo el año y que corren de sur a norte, riegan estas despobladas y tristes comarcas, como son el Mackenzie en Norteamérica, y el Dvina, el Obi, el Enisei, el Kathanga y el Lena, en Eurasia. En el colosal monte McKinley, en Alaska, el más alto de Norteamérica, con sus 6100 m. de altura sobre el nivel del mar, se observó una temperatura mínima, durante un período de varios años, y a la mitad de su pendiente, de 77° bajo cero, quizás la más baja registrada sobre la tierra firme.

GRUPO E.—Climas polares

La diferencia climática característica entre el trópico y las regiones polares estriba en que en aquél falta la estación fría y en éstas la del calor. El hecho de que ocasionalmente se presenten días fríos en la zona ecuatorial o días cálidos en las regiones polares, nada significa: son anomalías pasajeras que no determinan un medio ambiente para la vida.

Aunque algunos autores incluyen en las áreas de los climas polares los elevados páramos del trópico y de las zonas templadas, situados sobre las altas montañas, hay diferencias esenciales que los hacen inconfundibles. No es igual para los fenómenos vitales un ambiente como el de las latitudes extremas, en que el sol se sostiene por encima o por debajo del horizonte durante 24 horas, como sucede en los círculos polares, o por seis meses, como pasa en los polos, al que reina en un páramo en que se suceden, con más o menos igualdad, el día y la noche, cada 24 horas. Además, en los páramos se llega al frío por elevación, lo que significa enrarecimiento de la atmósfera, con sus consiguientes efectos fisiológicos para el individuo. Por último, el régimen de las lluvias, de los vientos etc., no son iguales.

Los climas polares principian donde se terminan las selvas, para ser reemplazadas por las **tundras**, o por la falta casi total de vegetación, esto es, desde la isoterma de 10° en pleno verano. En las bajas latitudes, la temperatura crítica para la existencia de plantas y animales, es la mínima en cuyo ambiente les sea posible existir; en las altas latitudes, al contrario, el calor máximo que reciben del sol es el factor dominante, hasta el punto de que llegado a un límite de escasez de radiaciones caloríficas durante unos cuantos días seguidos en el año, la vida natural es prácticamente imposible.

Existe una marcada diferencia entre los climas árticos y antárticos. En el polo norte, encerrado en el centro de un extenso mar helado, limitado a corta distancia por la convergencia—casi hasta tocarse— de los grandes macizos continentales de Eurasia y Norteamérica y la extensa isla de Groenlandia, se provocan frecuentes, desordenadas y grandiosas revueltas en la atmósfera, y, por consiguiente, las temperaturas y las presiones cambian a cada instante. Los huracanes, los ciclones y los tor-

bellinos, con su séquito de nieblas, nubes, nevadas y lloviznas, le imprimen al ambiente el sello de la mudanza. En cambio, en el polo sur, localizado sobre una alta y extensa meseta cubierta de hielo, separada de los continentes australes por amplios mares unidos entre sí, el ritmo de las variaciones estacionales en temperatura, presiones, vientos y precipitación, es bastante uniforme.

La precipitación anual rara vez pasa de 250 mlm., como consecuencia de la escasa evaporación por falta de calor, por lo cual el ambiente se conserva con muy baja humedad absoluta. La lentitud en la evaporación hace posible la existencia de potentísimas capas de hielo y nieve permanentes, como las que cobijan los territorios de Groenlandia y del Continente Antártico, de donde manan las fuentes de las corrientes de agua que se originan en los ventisqueros que ruedan lentamente por las laderas.

Koppen divide este grupo en dos tipos: Climas de las tundras y climas de los glaciares permanentes.

TIPO 10.—Climas de las Tundras

Las isotermas de 10° y de 0°, en el mes más cálido del año, limitan las zonas en que reina el clima inclemente y riguroso de las **tundras**. En otras palabras, es el último ambiente terrestre, hacia los polos, en que es posible la vida vegetal, pero no de cualquiera clase, sino de la en que están comprendidos los organismos más simples y menos exigentes: los musgos y los líquenes. **Tundra**, en el idioma finlandés, significa tierra abierta, desnuda de toda vegetación arbórea.

Solamente durante los dos o tres meses del verano se tienen temperaturas medias superiores a 0°, con máximas de 26°. En la vecindad de las costas las nieblas son frecuentes y persistentes. Bajo la influencia del calor, desde mediados de Junio, con sus largos días, se funden las costras de hielo que cubren los lagos, y en tierra se forman charcas de agua con despojos orgánicos que alimentan millones de mosquitos y de moscas negras, que molestan al hombre y a los animales, sobremanera. La oscilación diaria de la temperatura es de poca significación.

El invierno es más riguroso en Eurasia que en Norteamérica. En Siberia, la temperatura media en Enero y Febrero pasa de

40°, y los vientos de la región sub-ártica, barren la región. En América, dicha temperatura llega apenas a unos 35°.

La precipitación anual generalmente no pasa de 250 a 300 mlm., en la zona de las tundras y tiene lugar casi toda durante el verano y el otoño, en forma de lluvia y de nieve húmeda, de origen ciclónico, especialmente en las costas, en las cuales suele ocurrir, también, en los inviernos. La escasa precipitación invernal se verifica en forma de nieve seca, como arena, que sirve a los esquimales para fabricar sus chozas. La sequedad del aire sobre los campos cubiertos de hielo compacto, provoca una rápida evaporación del cuerpo humano, con el efecto consiguiente de una sed devoradora.

Las zonas de las tundras se encuentran casi exclusivamente en el hemisferio norte. Unas cuantas islas situadas entre los continentes australes y el polar, y las márgenes boreales de éste último, pueden considerarse incluidas en este clima. En cambio, en el norte domina la tundra en las márgenes del mar glacial asiático y norteamericano, en el archipiélago polar de los dominios del Canadá, en las islas al norte de Eurasia y en porciones de la costa de Groenlandia.

TIPO 11.—Climas de los glaciares permanentes

No pocos de los escasos exploradores de los glaciares polares han perdido la vida en tan arriesgadas aventuras y, por consiguiente, casi se desconoce el régimen climatérico en los extremos terrestres. Existen dos grandes masas de tierra enjuta cubiertas de hielo glacial: Groenlandia, al norte, y el elevado y extenso continente antártico.

La temperatura en esas regiones no es tan riguroso como pudiera presumirse. En el interior de Groenlandia se calcula que la media anual está alrededor de 30°; en el polo sur, puede ser de unos 32°, y en el polo norte apenas llega a unos 22°. En pleno verano se han registrado temperaturas extremas en el interior de Antártica, de 50°. Está fuera de duda que esta gran masa de tierra, que tiene una altitud de cerca de 2000 m., es una porción del planeta casi tan fría, en sus depresiones al abrigo de los vientos, como el **polo del frío** en Siberia.

La precipitación anual no ha podido ser estimada, pero es, seguramente, muy escasa, como podría presumirse de antema-

no, ya que la evaporación es casi nula, y toda cae en nieves secas y pulverulentas que son arrastradas por los vientos anticiclónicos de los polos y por los ciclónicos y huracanados de las costas. En el interior de esas soledades reina calma relativa. La pérdida de humedad por evaporación y por licuación de los graциeres en las costas, se estima que es menor que la precipitación, sobre todo en Antártica, con lo cual, poco a poco, las aguas de los océanos se van petrificando, para iniciarse quizás otro **período glacial**, esta vez en el hemisferio austral, que traería grandes trastornos en la climatología y en la vida orgánica terrestre.

En las páginas que preceden, seguramente de pesada lectura, y en que abundan las repeticiones, expresamente estampadas para destacar enfáticamente ciertos principios fundamentales que se deben tener siempre presentes, se han bosquejado los que podrían llamarse **factores astronómicos y físicos** que desempeñan papeles de importancia para determinar **un clima terrestre dado**.

Sin un mediano conocimiento de la Ciencia Meteorológica en cuanto concierne a los fenómenos físicos que se verifican en la atmósfera, y que afectan más o menos hondamente la personalidad de los seres organizados que en ella existen y se sustentan, es imposible dar cuenta y razón de las mudanzas en el modo de ser de los pueblos, de su grado de civilización y cultura, de su desarrollo progresivo o de su decadencia.

Por esta razón, en el plan que me he propuesto seguir y que en mi concepto se ajusta a los principios de la lógica —plan poco conforme, por cierto, con los que siguen otros autores en la materia para presentar un tratado elemental de Geografía Humana— he principiado por describir el MEDIO en que es posible la existencia de la especie, sometida a la variedad casi infinita de ambientes climatéricos derivados de la posición que ocupa el planeta en el sistema solar, de las relaciones de sus movimientos astrales con respecto al sol y de los interesantísimos efectos que las diversas radiaciones de la masa de ese centro motor, producen en la atmósfera y en la corteza líquido-sólida de la tierra.

Sin embargo, no está completo el programa con lo tratado en los capítulos que preceden. Hay otros factores de orden terrestre principalmente, que se reflejan sobre la especie humana para imprimirle determinado carácter u orientación. El panorama del relieve terrestre y las riquezas del suelo y del subsuelo, son igualmente **medios climatéricos**, de orden económico, que deciden, en armonía con los astronómicos y físicos, de la suerte de un conglomerado humano, sin que esto signifique un rígido determinismo geográfico —que no existe— ya que la voluntad y la ciencia dan medios adecuados para oponerlos a las fuerzas de la naturaleza, dentro de ciertos límites.

El hombre puede soportar temporalmente, al amparo de precauciones especiales y provisto de los medios defensivos que va dando la ciencia, todos los ambientes de clima hasta aquí descritos, pero no podrá nunca dominarlos completamente para establecerse natural y cómodamente, en todas partes. Lo mismo pasa con las demás especies animales y con las vegetales. Ninguna puede desarrollarse en toda la plenitud y vigor de que son capaces, sino en **el clima** que les corresponda.

En los capítulos que siguen se tratará de los medios climatéricos de carácter económico, que afectan el desenvolvimiento de la especie humana.

CAPITULO IV.

LOS FACTORES CLIMATICOS ECONOMICOS

De la misma manera como al tratar de los factores astronómicos y físicos que afectan o concurren a determinar **EL CLIMA**, se hizo un estudio sintético de los fenómenos correspondientes, con el fin de que el lector se dé cuenta, con mejor conocimiento de causa, de los resultados, en el tema que se va a esbozar se seguirá el mismo derrotero. En este caso, la Ciencia Geológica, que interpreta las mudanzas de la tierra, en el espacio y en el tiempo, las cuales se van concretando en ambientes de panoramas, de suelos y de subsuelos, más o menos propicios para que se agrupen los hombres en determinadas comarcas, servirá de guía y dará la clave para las deducciones consiguientes.

1 — Aspecto geológico del planeta

Para nadie es un secreto que el relieve de los continentes y de las islas se presenta caprichosa e infinitamente variado en sus detalles, sin que coincidan exactamente los aspectos topográficos de dos porciones cualesquiera, de mediana extensión. Además, la **mudanza perenne** del panorama terrestre, desde el origen del planeta —hace cosa de dos mil millones de años— es el sello que caracteriza la constante evolución a que está sujeto, cumpliéndose leyes que actúan callada o catastróficamente.

Los geólogos han separado en cinco grandes eras la historia de esta estupenda evolución, a saber: (a). La era **Criptozoica**, que duró aproximadamente unos 1500 millones de años, durante los cuales fue apareciendo la vida en sus más simples manifestaciones: los protozoarios y las algas. Por esta razón se le suele dar el nombre de “la era de la aurora de la vida”. (b) La era **Paleozoica**, o de la vida antigua, con un período de 340 millones de años, durante el cual fueron apareciendo los invertebrados, los peces y las plantas acrógenas y coníferas. (c) La era **Mezozoica**, o de la vida media, que duró aproximadamente 140 millones de años, lapso de tiempo en que se desarrollaron los reptiles y las aves y aparecieron las plantas cicádeas. (d) La era **Cenozoica**, que abarca unos 60 millones de años, que sirvieron para avanzar la vida hasta incluir los mamíferos y aparecer las plantas dicotiledóneas y las palmeras. (e) La era **Pzi-cozoica** o actual, en que apareció el hombre, posiblemente desde hace más de 50.000 años, rodeado de la variadísima fauna y flora modernas.

Del estudio detenido y circunstanciado de cada una de las fases históricas anotadas, se desprenden, entre otros, los siguientes hechos fundamentales: Ni los mares ni los continentes e islas, han ocupado siempre unos mismos lugares: la relación en área y en volumen entre la hidrosfera y la tierra firme, no ha sido constante; la posición y la magnitud de las planicies y de las cordilleras, ha cambiado constantemente; el volumen y la composición de la atmósfera, han sufrido trascendentales transformaciones; las radiaciones solares y la manera como ellas afectan la tierra, han experimentado mudanzas de gran significación; el calórico propio del planeta y su volumen, vienen decreciendo, a la vez que la densidad aumentando; las rocas

que con el correr de los tiempos han venido a integrar la masa sólida planetaria, y muy especialmente las que constituyen la parte externa o **corteza terrestre**, han experimentado cambios morfológicos y químicos de gran significación, y por último, la vida orgánica ha evolucionado permanentemente, adaptándose al medio ambiente, según leyes que el hombre apenas principia a vislumbrar. Y así continuará en lo futuro, con tendencia a la decadencia y muerte final.

Por consiguiente, la fisiografía terrestre no es una ciencia abstracta, de carácter estático; se refiere a los estados que va presentando nuestro pequeño mundo, hasta el momento actual. Y no es, por cierto, de una lentitud asombrosa, como pudiera pensarse a primera vista, la metamorfosis terrestre: en unos cuantos milenios que abarca la historia humana, han ocurrido cambios sustanciales en muchas partes de la superficie, ya por obra de la naturaleza, o bien por la mano del hombre.

Las causas o sean las **fuerzas** que concurren en su acción, mediante **procesos** o maneras de obrar, para dotar la tierra con la sorprendente **vitalidad** de que está animada, son muchas y de diversa índole, pero todas quedan comprendidas en dos grandes agrupaciones: las **fuerzas internas**, que actúan dentro del planeta mismo, y las **externas**, que ejercen su acción desde fuera. Bajo otro punto de vista, pueden considerarse de carácter geológico, climático y biológico.

La energía que genera las **fuerzas internas**, denominadas también **tectónicas**, proviene principalmente de las variaciones en el calor central, y el efecto de su acción por los procesos denominados **diastróficos y volcánicos** se traduce en expansiones y contracciones de la masa total de la tierra o de parte de ella, según la mayor o menor universalidad del fenómeno, y en desplazamientos de masas sólidas, plásticas o líquidas en el interior hasta surgir algunas veces a la superficie, en donde se enfrían y se solidifican, formando todas la gran familia de las **rocas ígneas**. La fuerza gravitativa coopera en estas funciones decisivamente.

Sin entrar a considerar las hipótesis que se refieren al origen de la tierra, se puede aceptar sin lugar a duda, que el calor propio del planeta fue intensísimo en un principio, hasta el punto de que la materia de que está constituida su masa, pasó

por el estado gaseoso incandescente, para luego llegar al líquido, y por último al sólido en que se encuentra hace millones de años. Naturalmente el volumen correspondiente debió disminuir, al ritmo del enfriamiento, y la densidad aumentar proporcionalmente.

El geólogo austriaco, Leopoldo Kober, ha hecho los siguientes cálculos en que se relacionan la densidad de la tierra y el radio del geoide correspondiente.

Densidad	Radio
1.....	11.244 kms.
2.....	8.924 "
3.....	7.792 "
4.....	7.075 "
5.....	6.576 "
5,5 (actual)....	6.373 " (actual)

Desde que alcanzó la densidad de 3, o poco antes, debió principiar a formar **costra sólida**, pues las rocas de la superficie apenas llegan aproximadamente a 2.75.

Entre los radios correspondientes a las densidades de 3 y de 5,5, hay 1419 kms. de diferencia, o sea una disminución de 23,3%, que representa la **contracción total** durante el enorme lapso de tiempo en que estuvo enfriándose para reducir su volumen en concordancia con la nueva densidad.

Por consiguiente, es absolutamente imposible que tamaña contracción hay podido tener lugar sin grandes y continuadas alteraciones en el relieve de la superficie esférica, por rupturas, fallas, corrimientos, arrugas, flexiones, plegamientos y distorsiones de la corteza, borrándose así la figura geométrica externa del geoide, con la aparición de **bajos relieves** ocupados por las aguas, y de **altos relieves** correspondientes a las cordilleras, montes, colinas etc.

Registan los geólogos seis grandes movimientos **orogénicos** —generadores de montañas— desde que fueron posibles: tres en la era Criptozóica y otros tres en las posteriores, sin que esté terminado todavía ese **proceso diastrófico de las fuerzas tectónicas**, determinado por la contracción de la materia al enfriarse, combinado con la acción gravitativa. Por lo tanto, mientras la

tierra siga perdiendo calórico, y por consiguiente contrayéndose, este factor formativo de las montañas seguirá funcionando.

En cuanto a los **procesos volcánicos** —activísimos en un principio y cada día más moderados— sus efectos se manifiestan en desplazamientos de masas de rocas flúidas o semiflúidas —denominadas **magmas**— de proporciones a veces enormes, que tienen lugar subterráneamente, levantando, arqueando, penetrando o dislocando las rocas superyacentes hasta constituir protuberancias en la superficie, o surgiendo al exterior por entre grietas en derrames de material fundido —**lavas**— o por conductos más o menos circulares —**cráteres volcánicos**— en forma también de lava líquida o en fragmentos sólidos con tamaños desde las cenizas impalpables hasta bloques de toneladas, todo ello acompañado de enormes volúmenes de vapor de agua y otros gases, que suelen producir tremendas explosiones. Los movimientos y vibraciones que resultan de todos estos fenómenos suelen traducirse en terremotos y temblores de tierra, frecuentemente calamitosos.

Aparte de los trastornos que el ejercicio de las fuerzas internas que acaban de ser anotados, producen en el relieve de la superficie terrestre, hay otros efectos interesantísimos: la formación de depósitos minerales o concentración de rocas de valor económico. Las magmas, al compactarse en sólidos, generan rocas ígneas diferentes en cuanto a su composición química, a su constitución mineralógica o a su estructura o trama interna. Pues bien, al enfriarse estas magmas, más o menos lentamente, se **segregan** dentro de su masa, por diferenciación selectiva atómica, porciones o zonas ricas en determinados minerales, que llegan muchas veces a ser económicamente explotables por el hombre. Además, el calor de las masas invasoras se transmite a las invadidas, y como unas y otras contienen agua —las primeras, **aguas juveniles** generalmente y las segundas, **aguas meteóricas**— el poder solvente o actividad química de élla se aumenta con la elevación de la temperatura y de la presión y llega a adquirir capacidad para disolver muchas sustancias, entre ellas el oro, la plata, el cobre etc., sustancias que van dejando precipitadas en su estado nativo o en combinación con otras, en formas **filonianas** en las grietas y cavidades de toda especie, por donde circulan, hasta enfriarse.

La somera explicación que precede sirve para tener idea si-

quiera de la maravillosa evolución que ha estado, está y continuará verificándose por millones de años todavía, en la masa de nuestro planeta, en virtud de las **fuerzas internas**, que actúan cumpliendo leyes que apenas van conjeturando los hombres. Los lechos de los océanos, las depresiones terrestres, las planicies y las montañas, en su estupenda e infinita variedad de formas; las distintas rocas ígneas que han ido surgiendo a la superficie para ser utilizadas por el hombre, directamente o en sus múltiples derivaciones y productos; los depósitos minerales, hijos de las rocas como acaba de verse, y que son la fuente principal de abastecimiento de las sustancias minerales que se utilizan en la industria, todo ello no es sino la resultante de la acción lenta, o violenta en ocasiones, pero siempre constante, de las fuerzas tectónicas o volcánicas que actúan en el grandioso laboratorio interno del planeta. En otros términos: ni las rocas, ni los suelos, ni los depósitos minerales de origen ígneo fueron formados desde un principio: son manifestaciones de la actividad vital, evolutiva del planeta.

Seguramente, no existe porción alguna de la corteza terrestre que no haya experimentado, en mayor o menor grado, los efectos de esta potente actividad vital, pero nunca a un mismo tiempo en todas partes. La faz de la tierra ha ido cambiando, en armonía con la intensidad del diastrofismo, localizado en sus máximas manifestaciones, ya en una parte, ya en otra, con el resultado de la desaparición bajo las aguas de masas continentales e isleñas, o el surgimiento de nuevas tierras.

Actualmente, las zonas en que actúan vigorosamente las fuerzas internas, dejando las demás en un estado de equilibrio estable relativo, se encuentran en un anillo estrecho que bordea el Océano Pacífico a lo largo de las cadenas de montañas andinas, centro y norteamericanas, pasando luego por las islas Aleutianas al Japón, para ir a terminar en el archipiélago de las Filipinas. Además, otra faja también de poca amplitud, pero de gran longitud que arranca de Polinesia y continúa por las Indias Orientales, hasta pasar por el sur de Asia y de Europa. Por último, una área pequeña en el archipiélago de las Antillas. En esas tierras y en las profundas fosas marinas de la vecindad, los movimientos sísmicos —a veces catastróficos— son frecuentes, los volcanes en actividad son numerosos y el relieve del terreno se contempla en imponentes alturas y en enmarañado laberinto de montañas de fuertes taludes.

Pasando ahora a las **fuerzas externas** que actúan para cambiar o transformar el panorama de la superficie terrestre, se puede aceptar que tienen por causa, casi en su totalidad, la energía solar, la afinidad química, la actividad biológica y la gravitación universal. Adaptando a nuestro idioma voces inglesas, el conjunto de estos factores puede recibir el nombre de fuerzas de **gradación**, esto es, que tienden a rebajar las partes altas y a rellenar las bajas, lo que da por resultado la nivelación paulatina de la superficie, mediante su acción por el intermedio de **agentes** varios que se anotarán más adelante.

Por lo visto, los progresos propios de las fuerzas de gradación, obran en dos sentidos opuestos, a saber: el de **degradación** que tiende a desgastar o rebanar los altos relieves hasta que adquieran pendientes o taludes finales de reposo, y el de **agradación** que obra con el fin de rellenar las depresiones terrestres y las ocupadas por las aguas estancadas o por las corrientes de insuficiente declive, hasta levantar su nivel a planos de reposo. El primero de dichos procesos comprende tres funciones: acondicionamiento, para el caso, de las rocas que han de ser removidas; funcionamiento del agente especial que ha de desplazar los materiales así preparados, y transporte de ellos a otros lugares. El segundo se refiere únicamente al acto de depositar en su sitio los despojos acarreados.

El proceso de **gradación** se cumple principalmente en dos **etapas** sucesivas: la primera, o sea aquella en que funcionan fuerzas **estáticas**, que dejan los productos de la alteración de las rocas, **in situ**, esto es, en el lugar mismo en que se forman; la segunda, o de movimiento, en que actúan fuerzas **dinámicas**, que dan por resultado la traslación a otra parte de dichos productos, para ser depositados.

Para mejor inteligencia de lo ya expuesto, se detallan en seguida, concisamente, los efectos de las **fuerzas externas** que alteran el relieve y hasta la naturaleza misma de la morada del hombre, en el orden de sucesión ya expresado.

PRIMERA ETAPA. Alteración de las rocas (weathering). Las rocas de la corteza terrestre en contacto con la atmósfera sufren **alteraciones** mecánicas o químicas, más o menos profundas, con lo cual quedan a merced de los agentes de gradación para ser transportadas a distancia.

Los principales **agentes mecánicos**, para el caso, son: a)—El calor solar, variable en intensidad en el espacio y en el tiempo, tritura las rocas hasta cierta profundidad, por dilataciones y contracciones, sobre todo cuando son brascas. b)—El calor de los incendios en los bosques, produce efectos semejantes a los anteriores, pero de mayor cuantía en un tiempo dado. c)—Los movimientos en la corteza terrestre generados por los procesos diastróficos anotados atrás, dan por resultado la ruptura o resquebrajadura, en mayor o menor escala, de las rocas, a veces hasta profundidades considerables. d)—La fuerza expansiva del agua, cuando se congela en las grietas o cavidades, rompe las rocas a la manera como lo hacen los explosivos. e)—El crecimiento de las raíces de las plantas por entre las fisuras de las rocas, amplía o multiplica dichas fisuras. f)—El aumento de volumen que ocurre en muchos cambios químicos, especialmente los de hidratación, tienden también a la desintegración. g)—Las cuevas o guaridas que algunos animales hacen en el suelo y las excavaciones humanas, al menos en parte, producen el mismo resultado.

La alteración de las rocas por **procesos químicos**, la efectúan principalmente los gases de la atmósfera —que suelen penetrar hondo en la tierra— y el agua meteórica superficial o subterránea y la juvenil o magmática. No todos los gases atmosféricos son igualmente activos. El **ázo**e, bastante inerte, procura sin embargo en el suelo, valiosas reacciones para la agricultura, mediante la acción de ciertas plantas y de varios tipos de bacterias. El **oxígeno**, elemento químico muy activo, y el **agua**, son indudablemente los agentes más vigorosos para la alteración de las rocas. Los diversos minerales de que están constituidas todas ellas, tienen afinidades distintas por el oxígeno, pero casi todos son atacados por él, originándose los **óxidos**, ya de color rojizo como los provenientes de minerales ferruginosos, ya de colores claros, hijos de minerales alcalinos etc. La unión del oxígeno con los diversos elementos va acompañada o seguida de la combinación con el agua, formando nuevas especies minerales, los **hidratos**. Enormes cantidades de oxígeno y también de agua, van quedando **fijadas** así a la corteza terrestre. El **bióxido de carbono** es igualmente activo al combinarse con el agua y formar el ácido carbónico. Los productos de la **carbonación** son solubles en el agua, como lo son también algunos de la oxidación, y una vez formados son llevados por las aguas corrientes,

dejando **vacíos** en donde antes se encontraban. Como es bien sabido, el aumento de la temperatura acelera las reacciones y, por consiguiente, los factores climáticos atmosféricos de esta especie y la humedad, tienen gran significación en la alteración de las rocas de la superficie, por acción química.

SEGUNDA ETAPA. Erosión. Los productos de la alteración de las rocas, hasta quedar en fragmentos de diversos tamaños, permanecen generalmente, por más o menos tiempo, en los lugares mismos en que se forman, pero al fin llega el momento en que son removidos total o parcialmente, por los **procesos de la erosión**, con lo cual se cumple el fenómeno de la degradación de las partes altas, con tendencia a nivelar en taludes de reposo final, las arrugas de la superficie terrestre.

La fuerza de la gravedad hace el trabajo de la erosión por mediación de diversos agentes transportadores, entre los cuales los principales son: el agua corriente, superficial o subterránea; el hielo y la nieve en movimiento; el oleaje de las aguas; el viento; las plantas; los animales y el hombre.

El acarreo se efectúa en solución, en suspensión, por simple deslizamiento gravitativo o al impulso de la fuerza viva de los agentes ya mencionados a lo largo de las pendientes. La rapidez del fenómeno de la erosión, evidentemente va relacionada, en razón directa, con el ángulo de la pendiente y con la magnitud de la fuerza viva del agente transportador. A medida que estos dos factores se debilitan, los materiales transportados —pulidos y arredondados por la fricción— van quedando rezagados en el camino, según la resistencia pasiva de cada cual al movimiento, formando de esta manera nuevos depósitos —**las rocas sedimentarias o clásticas**— cumpliéndose así el fenómeno de la agradación de las partes bajas.

En suma, la mudanza del relieve de nuestro pequeño planeta, por la acción de las **fuerzas externas**, se efectúa sencillamente por el trabajo perenne de la alteración, el transporte y la posación de fragmentos de rocas generadas antes, y ya en posición de equilibrio. Esa labor de desgaste de las partes salientes y de relleno de las bajas, se resuelve lentamente en un nuevo desequilibrio general de la corteza terrestre, que se traduce en un menor peso gravitativo hacia el centro de la tierra, de las partes desgastadas o erodadas, y en otro mayor, de las

porciones rellenas o sedimentadas. Pero como la masa total de la tierra, por debajo de la delgada capa rígida de la corteza, aunque se comporta como un cuerpo tan sólido como el acero, tiene cierto grado de plasticidad que le permite desplazarse, el equilibrio —llamado **isostático**— se va restableciendo, hundándose lo más pesado y levantándose lo más leve, esto es, arrugándose nuevamente la superficie, con altos y bajos relieves, tan bellos y complicados como los originados por las **fuerzas internas**, de que se trató atrás. Naturalmente, en este segundo proceso formativo de las montañas, participan también las fuerzas internas, al actuar las magmas que van siendo desalojadas por el peso de los sedimentos, en el sentido de embalsar —compenetrándolas muchas veces— las rocas sobresalientes que van siendo erodadas en sus afloramientos.

Estaría fuera de lugar entrar más a fondo en el análisis de estos interesantísimos temas. Basta con lo expuesto para tener una somera idea de la maravillosa actividad de las fuerzas terrestres, tanto internas como externas, siempre en acción, hasta que llegue el día de la cesación de su funcionamiento por falta de la energía solar. Y no se piense que es demasiado lento el trabajo de gradación. En los Estados Unidos de Norteamérica, por ejemplo, se estima que actualmente la erosión rebaja las montañas a la rata de 30 centímetros por cada 8.000 años.

En cuanto a la manera como los agentes de la erosión obran, en su constante trabajo, no está por demás presentar un corto resumen.

Aguas corrientes superficiales. Las redes estupendas de las aguas corrientes, que vivifican la superficie de la tierra, dotándola de capacidad para que en ella surja y prospere la vida orgánica, tienen todas, en último análisis, por origen común, las precipitaciones atmosféricas. Por consiguiente, serán más numerosas y de mayor volumen, en las regiones lluviosas, y más escasas y reducidas en las desérticas.

Al caer la lluvia, el granizo o la nieve, golpean el suelo, y al impulso de los impactos correspondientes, arrancan partículas de las rocas, según el grado de resistencia que presenten. Esta agua se divide en tres partes: una, que se evapora inmediatamente para formar nuevas nubes, sin producir más efecto que el mecánico ya anotado; otra, que penetra en el suelo por grietas

y poros para iniciar la complicada e interesante circulación subterránea, y por último, el resto se encharca en la superficie o corre por ella, según el relieve y la naturaleza del terreno. La que se estanca, poco a poco se evapora, penetra en el lecho o corre a alimentar canales más bajos, al bajar el alto nivel de las crecientes. La que cae en lugares altos y rueda por el suelo es el factor principal de la erosión. Al principio se mueve en capitas, buscando la mayor pendiente, hasta encontrar un **cauce** o **lecho** que las recoja en **hilos** o **manantiales** que se van uniendo para formar **arroyos**, los cuales, a su vez se van juntando para constituir las **quebradas**, que son alimento de los **ríos** menores, y éstos, de los mayores que van a los mares o a los lagos mediterráneos.

En su orden, cada una de estas corrientes de agua contribuyen a darle, como si se dijera, forma escultural al relieve terrestre. Los manantiales van cavando delicados surcos en las laderas, los cuales se convierten en cañadas, cañones y valles a medida que el volumen de las aguas aumente o que se aparten, más y más, los taludes laterales que las encajan. En su curso, las corrientes que nacen en los altos cordones cordilleranos, tienden a adquirir un perfil longitudinal parabólico, con asíntotas que se desvanecen en las alturas y en las planicies. En las partes elevadas de sus cauces, corren precipitadas, tormentosas, formando rápidos, saltos y cascadas que invitan al hombre para que utilice la fuerza viva desencadenada que las anima. Al llegar a posiciones medias, se vuelven rumorosas y volubles, para luego enmudecer, apacibles, serpenteando en graciosos meandros por las llanuras que las conducen a su punto final de reposo.

La función escultural de las aguas, así en movimiento, es, naturalmente, variadísima y de gran trascendencia. Arrancan, con su poder abrasivo acrecentado por la carga que llevan, los materiales de la corteza ya preparados por las fuerzas de la alteración, y luego los difunden en su masa —arrastrados, suspendidos o en solución— para llevarlos lejos de su origen y posarlos en forma de estratos o sedimentos, al funcionar la inercia.

Los geólogos han demostrado que la erosión obra en función de tres factores principales: En primer lugar, el tamaño de los fragmentos de rocas de una misma densidad que puede transportar una corriente, varía proporcionalmente al cuadrado de la velocidad de que esté animada el agua. En segundo lugar, el

poder abrasivo del agua en movimiento, varía entre el cuadrado y la sexta potencia de la velocidad que tenga, según la carga de materiales que lleve incorporada en su masa. Por último, la erosión se efectúa en razón inversa de la dureza o estabilidad de las rocas.

Para los habitantes de las montañas, en las zonas lluviosas, que viven acostumbrados a ver súbitas y formidables crecientes y borrascas, no son extraños los aterradores cataclismos que suceden, muchas veces con pérdidas de vidas y de riqueza pública, como el que ocurrió en las vegas del pequeño río Laguni-lla, en el Tolima, a mediado del año de 1849. Debido a un estancamiento de las aguas del río, en las faldas de la montaña volcánica del Ruiz, durante una semana, sobrevino una avalancha de lodo, al romperse el dique transitorio que las contenía, que cubrió con una capa de despojos, de varios metros de espesor, cerca de 300 kilómetros cuadrados de sus vegas, llevando la muerte a centenares de labriegos. Y es natural esperar ocurrencias de esta naturaleza, especialmente cuando se destruyen las selvas que protegen con las raíces de los árboles y con el capote de monte, los terrenos desintegrados, sobre todo a medida que los arroyos, las quebradas y los ríos van profundizando sus cauces, con el consiguiente trastorno en el equilibrio de las rocas en las laderas.

Desde luego, es evidente que el trabajo de la erosión no anda a igual paso, sobre toda la extensión de la tierra firme. Cuando concurren los máximos de diastrofismo, de vulcanismo, de calor, de lluvias, de vientos y de altos relieves en la superficie, los efectos son mayores, especialmente si el estado y la naturaleza de las rocas que la soportan son adecuados para el efecto.

Para tener una idea de esta labor en la era presente —pues no ha sido igual en el pasado ni lo será en lo futuro— basta saber que el Amazonas, al tributar al mar cerca de 100 millones de metros cúbicos de agua por segundo, lleva anualmente en solución 160 millones de toneladas de sales, y en suspensión por lo menos 3 millones de metros cúbicos de lodos, en 24 horas. Nuestro pequeño Magdalena, que no arroja al Caribe arriba de 8,000 metros cúbicos de agua por segundo, arrastra unos 33 millones de lodos anualmente, que van a dar en gran parte al

mar. En solución puede contener una tonelada por cada 6.000 metros cúbicos de agua.

Aguas subterráneas. Por las entrañas de la tierra, hasta profundidades variables, según la naturaleza de las rocas, pero que en ningún caso parece que excedan de cuatro a cinco mil metros, circulan enormes cantidades de agua que tienen diversos orígenes: aguas **juveniles o magmáticas**, aprisionadas en las magmas desde un principio, sin que jamás hayan salido a la superficie; aguas **congénitas**, embebidas en los poros y demás cavidades de las rocas sedimentarias, al tiempo mismo de su formación, y aguas **meteóricas**, que penetran por la superficie del suelo, filtrándose por los intersticios de toda clase de rocas, hasta que son detenidas por el calor central o por la compactación total del medio. Estas dos últimas provienen de la precipitación atmosférica.

La circulación de todas ellas obedece, en último análisis, a la fuerza gravitativa, ya libre y directamente por entre amplios caminos, ya en cooperación con la acción capilar. La diferencia en la densidad del agua, proveniente de cambios en la temperatura o en el contenido de sustancias en solución, como también del estado físico en que se encuentre, afecta la circulación, provocando movimientos de convección o su solidificación en masa.

El volumen del agua que empapa las rocas hasta saturarlas, es proporcional a la porosidad que estas tengan. La arena suelta puede contener hasta 30% de su volumen; las areniscas, hasta 15 o 20%; las arcillas compactas, 4 o 5%, y las rocas ígneas alrededor de 1%.

Las aguas atmosféricas que penetran por el suelo se dividen en dos: una parte, denominada **vadosa**, variable siempre en cuanto a la cuantía según las estaciones, circula por entre la superficie y un nivel, más o menos profundo, también cambiante, desde donde principia a moverse saturando las rocas, en la llamada circulación **sub-vadosa**. Las primeras, **lavan** de sus sales solubles, el medio que empapan, y surgen, en parte, a la superficie, a niveles bajos en forma de manantiales que alimentan la red de arroyos, quebradas, ríos etc., y en parte, directamente los mares y lagos. El resultado de la sustracción de las materias solubles que se generan en el proceso de la alteración de las ro-

cas, es el empobrecimiento o esterilización de los suelos agrícolas, pues tales materias constituyen el alimento por excelencia de las plantas.

En la complicada circulación sub-vadosa del agua subterránea, prácticamente estancada, entran en juego en mucho mayor escala que en la anterior, la presión que soporta el líquido, con el aumento de profundidad; el calor natural interno de la tierra, y el accidental, cuando ocurren invasiones magmáticas que las afecten. Por consiguiente, su poder solvente aumenta proporcionalmente, hasta llegar a la saturación selectiva que corresponda a las diversas sustancias sustraídas.

Aparte del empobrecimiento del suelo ya anotado, los efectos de la acción del agua subterránea en la circulación vadosa, pueden resumirse así: Los vacíos que van quedando, cuando los materiales son muy solubles, como sucede con los calcáreos, se convierten en cavernas, a veces de gran magnitud, que suelen provocar derrumbamientos internos que se traducen a la superficie, dejando la corteza muy porosa, con lo cual la circulación interna aumenta, a expensas de la externa. Las sales disueltas, o van finalmente a los mares y lagos a aumentar su salinidad, o se precipitan en el camino, formando depósitos como los de estalactitas y de estalacmitas en las cavernas, las travertinas sobre las peñas de la superficie, algunos depósitos de minerales de hierro etc. Cuando surgen los manantiales de regiones volcánicas o en que existe grande actividad química, suelen constituir las llamadas **aguas minerales**, a veces calientes, usadas en terapéutica de diversas maneras. También pueden contribuir a la formación de los minerales metálicos o a la redistribución de la riqueza de los filones entre los afloramientos y las partes profundas de tales formaciones. Por último, con su peso, al empapar y lubricar los suelos en ladera, provocan los deslizamientos del terreno, como lo prueba diariamente la experiencia.

En cuanto a los efectos de la circulación sub-vadosa, afectada intensamente por el calor y la presión, se admite que es la causa eficiente para la formación de los depósitos filonianos —tan ambicionados por los hombres— ya sea por sí sola o en asocio de la circulación de las aguas juveniles, poco entendida todavía.

Hielo y nieve. Ya se vió atrás cuáles son las regiones terres-

tres en que la precipitación atmosférica se resuelve en estado sólido y las causas de ese fenómeno. Pues bien, la nieve que al caer se acumula sobre las cimas o flancos de las montañas o sobre las bajas llanuras en elevadas latitudes, sin dar tiempo para su licuación completa entre dos períodos sucesivos lluviosos o estacionales, se comprime o aprieta sobre sí misma, por su propio peso, y mediante una serie de licuaciones y congelaciones parciales, se convierte en capas de hielo que se expanden, empujando lentamente la masa total en el sentido de la mayor pendiente del terreno, como si fuera un río de materia plástica. Nuevas nevadas y el desplome de bancos de nieve y de rocas de las laderas hacia las cañadas y valles, mantienen el movimiento de lo que entonces se llama un **glaciar**, con velocidades que no pasan de unos cuantos metros por día y que son avivadas, más o menos, según el espesor y la temperatura del hielo y la gradiente del lecho por donde corra. El conjunto de glaciares y sus afluentes, en un macizo cordillerano, constituye los **ventisqueros**.

El poder erosivo de estos ríos semi-flúidos es formidable, si se considera que el peso total de la masa que va raspando y bruñendo el cauce, como lo hiciera un buril, es enorme, y que todo cuanto caiga en ellos, de las laderas, es incorporado sólidamente o marcha embalsado.

Generalmente los glaciares no excavan nuevos cañones o valles en las faldas de las montañas. Al deslizarse por los surcos abiertos antes por las aguas corrientes en forma de V, modelan cauces cóncavos en forma de U, arrancando de los taludes los pequeños contrafuertes o salientes de rocas, con lo cual el alineamiento del curso va buscando la línea recta.

Los materiales que acarrear, arrastrados por el fondo, por los costados, dentro de la masa del hielo o embalsados sobre ella, van quedando amontonados confusamente en los extremos en que mueren, al llegar a niveles inferiores, en donde el aumento en la temperatura causa la licuación, o al hundirse en las aguas de los mares vecinos, que los desbaratan en témpanos flotantes o **icebergs**. Los depósitos de esta clase llevan el nombre de **morrenas**. Cuando baja el nivel de un glaciar, suelen quedarse rezagadas algunas porciones de estos despojos en las márgenes mismas, a veces en sorprendentes y delicadas posiciones de equilibrio.

Al derretirse la masa de los glaciares, lentamente, a medida que avanzan a sitios con temperaturas superiores a 0°, las corrientes de agua que surgen, arrastran lodos, tierras, fragmentos de rocas etc., que se van quedando confusamente clasificados, en depósitos llamados **fluvio-glaciares**, a veces de gran magnitud, o en regueros de rocas sueltas, **erráticas**.

Para que se generen los campos de ventisqueros no se necesitan sino leves cambios en el régimen de la precipitación atmosférica, combinados con variaciones en la temperatura, por encima o por debajo del punto de congelación del agua. Se explica así, sin mucha dificultad, la existencia comprobada de repetidas **épocas de glaciación**, a través de las eras geológicas, glaciaciones que cubrieron generalmente, grandísimas extensiones terrestres.

En la época Glacial o Pleistocénica —última de la era Cenozóica— se cubrieron de hielo, además de las montañas hasta niveles muy inferiores a los en que se encuentran hoy los ventisqueros, enormes extensiones de los continentes norteamericano y eurásico, desde la vecindad del paralelo 35° N. hasta el polo; todo el continente antártico e islas adyacentes, y la Patagonia. Esas capas de hielo tuvieron por lo menos tres avances y retrocesos sucesivos, que fueron dejando en el terreno sus depósitos característicos y en las rocas las marcas o raspaduras sui-géneris.

Actualmente los ventisqueros están reducidos a pequeñas áreas en la cimas de los macizos cordilleranos. Las capas de hielo cubren, fuera de Islandia y otras tierras menores, por lo menos 1.800.000 klms. cuadrados de Groenlandia, con un espesor en el centro no menor de 2.500 m., y el continente Antártico, en una extensión de cerca de 12.500.000 klms. cuadrados.

El oleaje de las aguas y los vientos. Al tratar de la atmósfera y las corrientes marinas, se anotó ya la obra constructiva y destructiva que llevan a cabo sobre las costas, las mareas y demás oleajes de las aguas estancadas en las cuencas oceánicas. Con el constante movimiento del ir y venir de las olas, con impactos a veces violentos, los fragmentos de rocas arrancados de los acantilados o playas, se van desmenuzando y puliendo, para ser transportados lentamente, en orden de tamaños y pesos, mar adentro, pero nunca a grandes distancias, quedándose los ma-

yores cerca a las costas en donde se van mezclando con despojos de plantas y especialmente de animales.

La degradación tiende a ensanchar el área de los mares a expensas de la de las tierras firmes, pero no alcanza a sentirse generalmente, a profundidades mayores de unos 200 ms., y es tanto más activa cuanto más cerca a la superficie se verifique. Por su parte, los procesos de la agradación van ordenando y clasificando por capas o estratos, los cascajos, las arenas y los lodos provenientes de la acción de las olas y los que llevan los ríos, arrastrados desde tierra adentro. Basta considerar el larguísimo perímetro de todos los mares y lagos del mundo, para darse cuenta de la grandiosa obra de transformación que las olas de las aguas van llevando a cabo en la fisonomía terrestre.

En cuanto a los vientos, también contribuyen a la gradación terrestre, cambiando el panorama con nuevas formas de relieve y alterando el medio ambiente para la vida humana. Las corrientes de aire transportan los polvos terrestres que contiene siempre la atmósfera, levantados de la superficie por los vientos o lanzados al espacio con furia, desde el interior de la tierra, durante las erupciones volcánicas. Los polvos extra-terrestres, que caen constantemente y los aerolitos que se desbaratan en fragmentos al penetrar en la atmósfera, entran, también, en el mismo movimiento, y todos ellos son llevados y traídos hasta que se posan en alguna parte. Se llama **deflación** el proceso mecánico de la degradación del suelo por la acción de los vientos, y depósitos **aeólicos** los formados por la correspondiente agradación.

El proceso de la deflación es más activo en las zonas desérticas, en las playas de los ríos y de los mares y en las tierras sueltas, de cultivo, que en los campos cobijados por la vegetación, empapados en humedad o formados por rocas inalteradas. El viento, además de arrancar y transportar los materiales, en tamaños proporcionados a la acción de la fuerza viva de que esté animado, trabaja como agente abrasivo, desgastando y puliendo las superficies de los objetos que se interpongan a su paso, al chocar contra ellas las partículas de polvo impulsadas.

A medida que se relaja la velocidad de las corrientes, las materias en suspensión van cayendo a la tierra ordenadamente, según su volumen y densidad, para formar especie de estratos,

generalmente en forma de arrugas o conos, enrumbados normalmente a la dirección de las corrientes, que llevan el nombre de **dunas**. Naturalmente estos depósitos no son estables, pues van cambiando de puesto según la energía y dirección de los vientos, pero sí desempeñan el papel de núcleos cuando se inician, para formaciones más grandes, ya que ellos sirven de obstáculo para la marcha del aire en movimiento. De las zonas desérticas, en pleno proceso de alteración, se desprenden densas masas de polvo que van lejos a llenar enormes extensiones de terreno, posándose como verdaderos **loess**, casi siempre de gran valor agrícola, como sucede en los valles de los ríos de la China del norte. En zonas de escasa lluvia, como ocurre en la parte norte del valle del Mississippí, los ricos suelos en labor son arrastrados en torbellinos por los vientos, convirtiendo poco a poco esas feraces comarcas en desiertos. Las formaciones de **loess**, a veces de más de cincuenta metros de espesor, son fácilmente destruidas por las aguas corrientes. El gran río Amarillo, de la China, lleva ese nombre por el lodo ferruginoso que arrastra, extraído del **loess** que cubre el rico y extenso valle, regado por esa gran corriente.

Las plantas, los animales y el hombre. Aparte del trabajo mecánico de los vegetales en la desintegración de las rocas, ya mencionado, la acción destructiva, constructiva o protectora de dichos organismos es de vastas y trascendentales consecuencias para la economía humana. Las plantas al crecer, excitadas por la energía lumínica solar y con el concurso de la acción catalítica de la clorofila que contienen, descomponen el bióxido de carbono que encuentran en el aire, fijando en sus tejidos el carbono y poniendo en libertad el oxígeno. El carbono así fijado, se almacena luego, por procesos geológicos en que juegan papel importante la presión y la temperatura, en vetas de hulla, en yacimientos de hidrocarburos etc., de tal suerte que cuando el hombre utiliza estos productos no hace otra cosa que aprovechar energía solar congelada.

Al morir las plantas y entrar en descomposición, el carbono vuelve a oxidarse para ser llevado en solución por las aguas meteóricas, convirtiéndose en ácido carbónico, que altera las rocas, atacándolas químicamente. Cuando la oxidación del carbono no es completa, el residuo carbonoso se convierte en **humus**, sustancia compleja, de composición indefinida, en que

figuran los ácidos carbónico, húmico, etc. Las raíces mismas de los vegetales, excretan bióxido de carbono, y contienen, entre otros, el ácido cítrico, que también actúa como solvente de ciertos minerales contenidos en las rocas.

Es claro, desde luego, que el trabajo de los vegetales a que se viene haciendo referencia, no es de gran magnitud cuantitativa y que está circunscrito a una delgada capa de la corteza terrestre —el **mantillo** de los agrónomos— pero los productos que resultan son invaluable para la vida misma de las plantas y para la economía humana.

Como agentes destructivos o constructivos, los animales contribuyen quizás en no menor escala que las plantas, y los resultados son singularmente significativos. Las hormigas, las lombrices, los topos, los armadillos etc. remueven el suelo, activando la acción de los agentes atmosféricos sobre los despojos que arrancan y sobre las excavaciones que ejecutan. Infinidad de distintos organismos acuáticos y algunos terrestres, fijan en las conchas o envolturas en que viven, enormes cantidades de carbonato de cal, de fosfato de cal, de bióxido de silicio etc., que son la base de futuras formaciones calcáreas, fosfáticas, silíceas etc., las cuales se convierten a veces en mármoles, suministran abonos valiosísimos etc., tal como ha venido ocurriendo a través de toda la vida orgánica animal, desde que apareció sobre la tierra. El hombre mismo, con excavaciones en las minas; con la sustracción de gases y de hidrocarburos; con los movimientos de tierra para abrir canales, para construir caminos, ferrovías etc.; con las labores de cultivo del suelo; con los riegos o inundaciones artificiales; con la despoblación de los bosques, o las plantaciones en zonas antes desérticas; con la destrucción o cría de animales, etc., va cambiando el panorama terrestre más aceleradamente de lo que a primera vista parece.

EL PROCESO DE LA AGRADACION. Para terminar el breve estudio que antecede sobre la incesante actividad de las fuerzas internas y externas, a través de los tiempos, para modificar el aspecto general de la tierra, falta reseñar el proceso de la agradación, que da por resultado las llamadas **rocas sedimentarias**.

Actualmente, no menos de las tres cuartas partes de la tierra enjuta están cubiertas por sedimentos, los cuales vienen de-

positándose, con mayor o menor intensidad, desde que se iniciaron las lluvias en la era Criptozóica. Se estima que el espesor total de las capas, superponiendo las posadas en diferentes comarcas, pasa de 150 kms. y que en algunos de los grandes macizos cordilleranos penetran más allá de 6 kms. verticales, sin contar el aumento por plegamientos y dobleces. Y pensar que toda esa formidable fábrica ha sido levantada, poco a poco, por los agentes que alteran las rocas y por los que mueven los productos de la alteración!

Las rocas sedimentarias proporcionan al hombre, en su morada, variadísimos panoramas de relieve, ingentes riquezas en combustibles, metales preciosos, metales bajos y otros productos minerales, sin contar las rocas mismas que se utilizan de muy diversas maneras, y los riquísimos suelos agrícolas que sustentan el reino vegetal, en mucho mayor proporción que la que corresponde a los suelos derivados de las rocas ígneas.

Se vió ya que los productos de la degradación de las rocas—detritos y sales en solución— son transportados por el agua, por el viento, por los glaciares o simplemente por la acción directa de la gravedad. Los detritos al asentarse en capas superpuestas, clasificados más o menos perfectamente por el agente que los moviliza, según el tamaño o la densidad de los fragmentos, forman los **estratos**. Las sales en solución, una vez llegado el punto de saturación o en presencia de otras que reaccionen químicamente con ellas, forman sedimentos o lechos sui-géneris, en variadas formas.

Los sedimentos que provienen de detritos pueden clasificarse en cuatro categorías, según el tamaño de los fragmentos, a saber: los **conglomerados**, formados por pedrejones y cascajos de más de 2 mlm. de diámetro, sin que falte alguna proporción de arenas menudas; las **areniscas** o **asperones**, en que predominan las arenas, generalmente bastante cuarzosas, de más de un dieciseisavo de mlm. de diámetro; los **shales** o **lodos** compactos, formados por partículas tan pequeñas que se unen por cohesión cuando se humedecen, y, por último, las **arcillas** compactas, en que no entran partículas mayores de 0.004 mlm. de diámetro, casi todas en forma de flecos ultramicroscópicos, lubricados por agua intersticial, y pobres en cuarzo, que les dan el carácter plástico que las distingue.

Los despojos que producen las fuerzas de degradación, van

a posarse en las aguas estancadas de los mares, o se quedan en el camino a lo largo de los cauces de las aguas corrientes, en los lagos y ciénagas mediterráneas o en la trayectoria que siguen los vientos. Los primeros se denominan depósitos marinos o sub-ácueos, y los segundos depósitos continentales o terrestres.

Si el agua está estancada o el aire en quietud, los detritos que contengan se irán asentando gradualmente, clasificados, unos sobre otros, según el orden de densidad y tamaño, hasta quedar los más finos cubriendo el conjunto, y así continúa el proceso indefinidamente, formando estratos variados y prácticamente en posición horizontal. Pero si dichos flúidos están en movimiento, el asentamiento no se efectúa completamente en forma vertical, sino a lo largo de la corriente, retrazándose los materiales de mayor volumen o densidad, y adelantándose los demás, todo en armonía con la velocidad de las corrientes. Repetido el fenómeno constantemente y en variadas condiciones, resultan capas estratificadas, separadas horizontalmente, pero con superposiciones parciales en sus extremos. Se comprende, desde luego, que en realidad este proceso es de una verdadera **concentración**, que va dejando los detritos muy densos, tales como el oro, el platino, las magnetitas, etc., —arrancados de las formaciones originales— en lechos explotables como son los de las llamadas **minas de aluvión**.

De lo expuesto se deduce que los depósitos sedimentarios se encuentran al pié de las laderas de las montañas, en los valles húmedos, en los desiertos, en las desembocaduras de los ríos en los mares y lagos, en los litorales de estas aguas estancadas y en los fondos de éllas a distancia.

Los primeros son formados por los materiales que se desprenden de los flancos de los montes, al ser arrastrados por las corrientes de agua precipitadas que por ellos se deslizan, hasta que la gravedad detiene los despojos clasificándolos, en armonía con las variaciones en las pendientes de los cauces. El resultado de este trabajo de la naturaleza es el relleno de las partes bajas, formando al pié de las montañas las **llanuras aluviales**, a veces de grandes extensiones, como las de las pampas argentinas al oriente de los Andes; las del Ganges, en la India, al sur del Himalaya etc.

Si una planicie con poco declive, drenada por ríos que la

atraviesan y situada al pié de montañas, en zona de grandes lluvias, está sujeta a hundimientos en masa, paulatinos, para conservar el equilibrio isostático de que se trató atrás, ocurrirá que en la época de las grandes crecientes se inundará, formando un laberinto de lagos, ciénagas, pantanos y caños repletos de aguas lodosas que se van decantando, cubriendo con los sedimentos la materia orgánica que muere dentro de ellos para ser más tarde convertida en diversos combustibles fósiles, por procesos complicados en que juegan el calor, la presión, los cambios de nivel etc. En varias épocas del pasado geológico, este fenómeno ocurrió en grande escala, originándose los yacimientos de hulla y de hidrocarburos que mueven la civilización material de nuestros tiempos. Actualmente hay regiones, como una zona considerable de la hoya del río Paraguay, sujeta a esta evolución.

En las depresiones (**basins**) mediterráneas, sin desagüe exterior a los mares, las cuales comprenden alrededor de la cuarta parte del área total de la tierra firme, se forman los **depósitos de los desiertos**, alimentados por los detritos que transportan las aguas corrientes de las vertientes, convergentes a esos centros, durante las escasas épocas de lluvias, o los que mueven las corrientes de aire cuando sobrevienen las estaciones secas. No pocas veces esas depresiones están ocupadas por lagos como el mar Caspio, el mar Muerto, el Lago Salado de Utah etc., los cuales tienden a desaparecer por relleno de sus cuencas con los sedimentos, o por disecación cuando la precipitación es inferior a la evaporación. La concentración de sales en esas cavidades ciegas dan nacimiento a depósitos de sal gema, de yeso, de potasa etc.

La enorme cantidad de detritos que llevan los ríos a los mares y lagos, al posarse en aguas estancadas que no tienen más movimiento que el de las mareas y los de las corrientes frente a sus desembocaduras, constituyen la fuente mayor de las rocas sedimentarias. Si los ríos, al morir, derraman su caudal de aguas lodosas a través de planicies bajas que se inundan con las crecientes, forman **deltas**, o sean nuevas zonas de tierra firme, con sedimentos tanto terrestres como marinos, en intrincado laberinto de islas separadas por caños o brazos, mudables en posición y magnitud, con lo cual se van acrecentando los continentes e islas a expensas de las áreas marinas. La rapidez de la in-

vación acuática por las nuevas tierras es tanto más rápida cuanto mayor sea el volumen de los detritos que llegan y menor la profundidad de las aguas. El oleaje de las mareas y corrientes al chocar contra las aguas frescas de los ríos, provoca la sedimentación de bancos o barras, que suelen impedir la navegación a través de las desembocaduras, sin previas y costosas obras de canalización. Cuando los ríos desembocan en mares profundos, la formación de los deltas puede llegar a ser nula, especialmente si los litorales son deleznable, o si por motivos de isostasia, la costa va hundiéndose o fue sumergida anteriormente. En estas condiciones suelen formarse los **estuarios**.

Reciban o nó las descargas de lodos fluviales, los litorales marinos —con más de 160.000 kms. cuadrados de superficie entre las trazas que marcan las altas y las bajas mareas— están recibiendo los despojos terrestres generados por las fuerzas de la degradación en cantidades representadas por números fantásticos; en solución solamente caen más de 3.000 millones de toneladas anualmente. Esos materiales son batidos por las olas, clasificados según densidad y volumen y posados en su mayor parte sobre el bajo fondo de los pedestales continentales, avanzando los más impalpables, mar adentro, hasta unos 300 kms. de las costas.

Aparte de los detritos terrestres, en los fondos de los mares y lagos se depositan también los restos de la fauna y de la flora acuática, junto con las formas minerales protectoras de sus organismos que muchos de ellos secretan, desde los más diminutos como los diatomas, las radiolarias y las foraminíferas, hasta las grandes conchas de los moluscos y las elaboradas formaciones coralíferas. Esos despojos se mezclan, según las circunstancias, con las lavas piroclásticas de los volcanes, con los polvos de toda índole que llevan los vientos etc.

En cuanto a la **diagénesis**, o sea los procesos que dan por resultado la consolidación en forma **litoidal** de los sedimentos incoherentes y porosos que resultan del asentamiento de los detritos de que se viene tratando, puede resumirse así:

En primer lugar, la **presión** directa de las capas sucesivas unas sobre otras, o indirectamente proveniente de movimientos de otras rocas sub-yacentes o laterales que las empujan, compacta los sedimentos ajustando los fragmentos entre sí y escu-

rriendo parte del agua que los empapa. En las arcillas la reducción de volumen es considerable: el manto inferior de un depósito de esta clase que llegue a alcanzar un espesor de unos 1.200 m., se reduce a 55% de su volumen primitivo. Cosa parecida ocurre con los shales. Las areniscas y conglomerados se consolidan sin mucha variación en el espesor, incrustándose los granos en los vacíos hasta soldarse, prácticamente.

En segundo lugar, los granos sedimentarios pueden consolidarse por **cementación**, o sea por la penetración a los espacios que los separan de sustancias que se endurecen, ya sean calcáreas, silíceas o ferruginosas. La penetración puede efectuarse por filtración de dichos materiales en solución o por cristalización de los hidratos de sílice, alúmina o hierro.

EL METAMORFISMO DE LAS ROCAS. Ni las rocas ígneas ni las sedimentarias, una vez formadas, permanecen siempre todas en el estado en que nacieron; por causas diversas suelen ser **transformadas** o **metamorfoseadas**, más o menos profundamente, en cuanto a su textura y composición mineralógica, pero sin alterar sustancialmente su composición química fundamental. Los procesos del metamorfismo no se limitan a un solo tiempo geológico: pueden ser intermitentes en su acción, aplicándose con frecuencia, a rocas anteriormente transformadas. En ese proceso, la estructura y la composición mineralógica cambian en función del medio físico en que se encuentren, cada vez.

Los principales agentes que provocan la metamorfosis son el **calor** y la **presión**.

Es bien sabido que el aumento en la temperatura aviva las reacciones químicas, y que la movilidad de las moléculas que entran en la constitución de una especie mineral dada, en su nacimiento, no se efectuó sino a temperaturas específicas para cada una de ellas. Pues bien, la tierra almacena en su masa una gran cantidad de calórico, bien sea como restos del original en su formación, o generado por la desintegración de las sustancias radioactivas que se encuentran en su corteza, o nacido de complicadas reacciones químicas que tienen lugar en sus entrañas, o proveniente de la conversión en energía calórica de los esfuerzos mecánicos a que está sujeta, como los de la contracción de su masa, el peso de los sedimentos, los movimientos magmáticos, los corrimientos de bloques terrestres, etc.

Partiendo de la superficie hacia el interior de la tierra, la rata a que aumenta la temperatura no es igual ni constante, y no se ha podido observar sino hasta donde el hombre ha penetrado con sus excavaciones, que no pasa de dos a tres mil metros. Para cada grado centígrado es necesario bajar, desde 20 m. hasta 150 m, según la localidad, y en promedio unos 35 m. Por consiguiente, las superficies **isogeotérmicas** no van paralelas entre sí, y aunque se estima que la gradiente correspondiente va mermando a medida que se avanza hacia el interior —sin conocer todavía la ley que se cumple en esa reducción— es innegable que al fin se alcanzan temperaturas superiores a las que corresponden a la fusión de las rocas, y en esas condiciones la movilidad molecular es posible, y con élla, la transformación o metamorfismo **por calor** de cualquier masa que se encuentre en ese medio. Si el desplazamiento de las isogeotermas es brusco, como sucede cuando las magmas invaden o penetran zonas de rocas contiguas, los efectos sobre las invadidas se manifiestan en metamorfismos ígneos **de contacto**, que se van desvaneciendo a distancia del foco de calor. La relativa plasticidad que adquieren las rocas con el aumento de calor y los líquidos y gases calientes, cargados de soluciones minerales, que circulan por los contactos o por las fisuras en las masas invadidas, o en las invasoras al consolidarse, explican la presencia muy común de depósitos minerales de valor económico, en las zonas de contacto.

En cuanto a la **presión estática**, basta considerar que el enorme peso directo que soportan las formaciones terrestres, a medida que se avanza hacia el centro del planeta, produce una especie de movilidad en los granos o partes de que están constituidas, que se traduce en rupturas, desquebrajamientos o reacomodos de éellos, y en capacidad para desplazarse el conjunto como un cuerpo plástico o viscoso, con todo lo cual se favorece la formación de nuevos minerales ya iniciada por el calor o la alteración de la estructura o trama de toda la masa comprimida. Si la presión es **dinámica**, proveniente de movimientos causados por dislocaciones o plegamientos de las formaciones, la ruptura y deformación de las masas en sus partes componentes o en su conjunto es mucho más notoria y característica.

Resumiendo, se tienen rocas metamórficas por calor, por

contacto, por presión estática y por presión dinámica, sin entrar a analizar otras causas menores.

LAS ROCAS TERRESTRES. Para concluir, conviene tener presente una ligera enumeración de las principales rocas que se encuentran a la vista del hombre, en la parte externa de la delgada corteza terrestre, ya que poco es lo que se puede inducir con respecto a las invisibles, que forman todo el resto del planeta.

Las **rocas ígneas** se pueden dividir en cuatro clases: plutónicas o abisales, intrusivas o hipabisales, efusivas o volcánicas y piroclásticas.

Las primeras están compuestas totalmente de granos de minerales cristalizados, distinguibles generalmente a la simple vista, y fueron consolidadas a grandes profundidades y fuertes presiones, durante un largo período de tiempo, a veces con etapas. Comprenden las siguientes familias principales, determinadas por los minerales esenciales que se enumeran, fuera de otros accidentales o secundarios: los **granitos**, rocas ácidas, con cuarzo, ortoclasa, mica o amfíbol o piroxeno; las **sienitas**, de moderada acidez y porcentaje alto de álcalis, con ortoclasa, augita, hornblenda o biotita; las **dioritas**, menos ácidas que las anteriores, con plagioclasa y hornblenda; los **gabros**, rocas básicas, con plagioclasa y un mineral ferromagnesiano de las clases augita, hiperstena, olivina u hornblenda; las **diabasas**, menos básicas que los gabros, con plagioclasa, olivina y augita, y, por último, las **peridotitas**, las más básicas de las plutónicas, con gran porcentaje de olivina y escasez de plagioclasa.

Las rocas intrusivas provienen generalmente de las mismas magmas que generan las plutónicas, cuando sus extremidades se internan en forma de diques, batolitos etc., dentro de formaciones superyacentes: son especie de filones rocosos, solidificados por etapas, con relativa rapidez, lo que da por resultado la formación de fenocristales aprisionados en una pasta de cristales pequeños, casi siempre distinguibles a la vista. Corresponden a las plutónicas con el afijo pórfiro, así: granito-pórfiro, sienita-pórfiro, diorita-pórfiro etc.

Las efusivas o volcánicas son magmas que han salido a la superficie, enfriándose rápidamente, por etapas, lo que da lugar

a la formación de minerales porfiríticos, enclavados en una pasta de cristales diminutos, o a fasies parcial o totalmente vítreas. Las familias principales son: las **riolitas** que corresponden a los granitos; las **andesitas**, intermediarias entre las riolitas y los basaltos, y los **basaltos** que corresponden a las rocas plutónicas básicas, etc. En cuanto a las piroclásticas, lanzadas al aire por los volcanes en las erupciones, se distinguen los lodos, las cenizas, los polvos, las piedras pómez, los bloques etc.

Las principales rocas sedimentarias ya fueron nombradas atrás, pero se puede agregar la gran familia de los **calcáreos**, incluyendo las **dolomitas**, casi todas de origen marino.

Finalmente, las principales familias de las rocas metamórficas son: los **neises**, con textura granular y apariencia conchoidal; los **esquistos**, con foliación bastante cerrada; las **filitas**, intermediarias entre los esquistos y las pizarras; las **pizarras**, de grano tan fino que tienen la apariencia de una masa homogénea, que se divide en hojas casi perfectas; los **mármoles**, provenientes de la transformación de los calcáreos, y las **cuarcitas**, generalmente originadas por el metamorfismo de los asperones.

(Continuará)