

Como la condicion para la permanencia de las nieves es que la temperatura media no exceda de 0, resulta que se encuentran á grandes alturas ó en altas latitudes; razon por la cual las estudiaremos primero en las regiones alpinas y luego en las polares.

**Nieves alpinas.**—Aunque fundados en el estudio detenido y minucioso de las nieves, los autores y particularmente Agassiz admiten tres grandes regiones en las que hermean los Alpes, llamadas de arriba á abajo *campos de nieve, nevaras y glaciares*, distinguiéndolas por medio de caracteres que las deslindan perfectamente; nosotros solo admitiremos dos, superior la una, inferior la otra, á la region de las lluvias, y la razon en que nos fundamos para ello consiste en que en todos conceptos el contraste es claro y manifiesto. Con efecto, en la region superior á la de las lluvias la nieve se presenta poco compacta ó incoherente, como consecuencia de la rareza del aire y de la fuerte evaporacion que allí sufre la masa de agua: por el contrario, en la region inferior la nieve es dura, compacta y tenaz, pudiendo compararla á una roca formada de granos de agua sólida cementados por ella misma. Debe la nieve dicha estructura y otros caracteres notables que la distinguen, á la penetracion del agua de lluvia ó al derretimiento de la superficie, la cual vuelve á tomar el estado sólido en el momento en que la temperatura baja á 0.

De este hecho, tan sencillo en apariencia, resulta en gran parte toda la dinámica, si se permite decirlo así, de este agente tan importante en la física actual terrestre; pues el aumento considerable de volumen que adquiere el agua al congelarse en su interior, determina la dilatacion en las grandes masas de nieve de los glaciares, las cuales se mueven á impulsos de esta causa, rechazando, por decirlo así, á la superficie los objetos que por cualquiera causa penetraron en su interior, cosa que no sucede en la region alta, donde las piedras y demás materiales se hunden para no aparecer mas. No siendo, sin embargo, satisfactoria para todos esta explicacion, debida á los Sres. Charpentier, Agassiz y otros geólogos suizos, ni la inventada por Saussure que atribuia el movimiento de los glaciares al propio peso de la masa de nieve, se ha pensado por algunos, como Forbes, en que debiera esto atribuirse á una especie de plasticidad y viscosidad de la nieve, parecida á la del mortero, miel ó pez semilíquida. El eminente físico Tyndall, fundado en los experimentos de física que se practican hoy en todos los gabinetes y laboratorios, en los cuales se ve que dos pedazos de hielo, cuando empieza á derretirse, si se comprimen con un aparato cualquiera, se sueldan hasta el punto de formar una sola masa, y que sometida una cantidad de hielo ó nieve á la accion de una prensa hidráulica toma todas las formas del molde en que se le coloca, aplicando á los glaciares esta propiedad del hielo y de la nieve, que se llama *recongelacion*, y que demuestra lo ya indicado por Forbes, se comprende que, empujado por las nieves de la region superior, obedeciendo á la pendiente que le sirve de base, debe deslizarse dentro de los límites que forman las montañas, amoldándose en cierto modo á las rocas que lo rodean, y venciendo los obstáculos que se oponen al paso, toda vez que bajo la influencia de la enorme presion que experimenta la nieve del glaciar, conserva siempre la propiedad de aglutinar ó reunir en una sola masa todos los fragmentos ó pedazos á que suele reducirse la nieve. Tyndall cree que sin la recongelacion los glaciares se reducirían á polvo; en lo cual no deja de haber, en mi concepto, algo de exageracion ú olvido por lo menos de los efectos que determina el agua al congelarse en la masa de la nieve. A todas estas causas del movimiento de la nieve en los glaciares, opina Moseley que hay que agregar la dilatacion determinada por los rayos solares; y sin la cual, en su

sentir, todos los agentes de progresion de los glaciares indicados por Tyndall, solo producirían resultados insignificantes.

En mi humilde opinion, ninguna de estas teorías se opone á la de Agassiz y demás geólogos suizos, pues la congelacion del agua en la masa del glaciar es la que determina su plasticidad, y esa propiedad mecánica á que se refieren los autores citados.

**Caractères de las dos regiones.**—Los que distinguen á las regiones ó zonas que admitimos en las nieves perpetuas son: 1.º La posicion superior ó inferior al nivel de las lluvias. 2.º La estructura de la nieve, incoherente en la alta, compacta en la baja. 3.º La desaparicion en aquella de los objetos que penetran en su seno, y la reparacion de los mismos á la superficie, y en puntos mas bajos en esta. El estado que ofrece la nieve en la zona superior es tal, que el viento suele levantar torbellinos de agua en polvo, como las arenas en el desierto; razon por la cual los alemanes llaman á dicha region *firm*, por ser este el ruido particular que en tal caso se produce. Este estado es el mas comun, no solo en las regiones superiores á la lluvia en las zonas templadas, sino tambien en todo el limite de las nieves perpetuas, en la mayor parte de los puntos intertropicales; razon por la cual son escasos ó nulos los efectos de las nieves perpetuas en dichas comarcas y se dificulta sobremanera la subida á los altos.

Por el contrario, en las regiones templadas, y aun cálidas, y con mucho mas motivo en las frias y polares, con la sola diferencia del nivel que ocupan, se encuentran nieves perpetuas con todas las condiciones de verdaderos glaciares, y como es consiguiente se notan en ellas los efectos de tan eficaz agente en la época actual, y profundas huellas de lo que en mayor escala determinó en períodos anteriores.

La penetracion del agua líquida en el interior de la nieve en las regiones inferiores á la lluvia es tan importante y decisiva, que no solo explica el movimiento del glaciar y los notables efectos de su dinámica, sino que hasta su existencia depende en gran parte de este hecho. Con efecto, se comprende, y así lo admiten las personas mas entendidas en la materia, que dadas ciertas condiciones topográficas, como valles mas ó menos profundos, de forma circular ó en anfiteatro, de fondo uniforme, resguardados de las grandes ventiscas y una temperatura media que no exceda mucho de 0, si suponemos depositada una cantidad regular de nieve para que esta pueda convertirse en verdadero glaciar, bastará para ello que reciba con frecuencia el agua de la atmósfera, ó la que resulte del propio derretimiento de su masa. Tal es ciertamente el verdadero origen de los glaciares; sin negar por esto que cuando las masas superiores penetran en la region de las lluvias, pueden adquirir tambien este carácter.

**Ablacion del glaciar.**—Aplicase esta expresion á la pérdida que experimentan á la superficie las masas de nieve bajo la accion solar; llegando algunos años hasta varios metros la capa de nieve que se desprende, no siempre proporcionada con la que recibe el glaciar durante el invierno; resultando de estas tres operaciones, á saber: ablacion, cantidad de nieve que cae de la atmósfera, y la lluvia que recibe el glaciar, el movimiento mas ó menos enérgico de avance ó de retroceso.

**Estructura de la nieve.**—La nieve perpetua ofrece en su estructura todos los términos imaginables, desde el cristalino, que es el que afecta al caer de la atmósfera pasando por el arenoso, pulverulento y granoso, hasta el de nieve y hielo compacto, debido este último, segun Agassiz, á una segunda cristalizacion que el agua experimenta al penetrar en la masa de la nieve.

**Grietas capilares.**—Toda la masa de la nieve en la region

inferior aparece surcada en diferentes sentidos por una red de grietas sumamente finas y capilares, que no solo sirven para dar acceso al agua líquida antes de congelarse, sino que en sentir de personas muy doctas en la materia, á la interposicion del aire en estas grietas se debe esa singular coloracion entre azul y verdosa que ofrece la nieve del glaciar, tanto mas intensa cuanto mas inferior es el punto en que se observa. Agassiz atribuye la existencia de las grietas á la propia presion de la nieve, y á los cambios bruscos de temperatura.

**Hendiduras del glaciar.**—La superficie del glaciar ofrece una estructura mas porosa que el fondo, efecto de las burbujas de aire que se escapan á su través, y grandes grietas generalmente transversales á la direccion de aquel, que alcanzan á veces un metro y mas de anchura, y una profundidad variable, segun la masa que atraviesan, lo cual comunica al glaciar un aspecto curioso, hasta cierto punto comparable, por las ondulaciones que ofrecen los bordes desiguales de las hendiduras, al mar cuando está algo embravecido.

Estas enormes cavidades, constante peligro para el viajero de las regiones alpinas, son resultado natural, entre otras causas, de la diferente escala en que se verifica la dilatacion en los distintos puntos del glaciar, sobre todo cuando el fondo sobre que descansa no es muy uniforme, en cuyo caso, los bordes de las grietas suelen afectar formas cónicas agudas, imitando agujas, pirámides, picos, etc., que dan un aspecto extraño y pintoresco á las nieves alpinas.

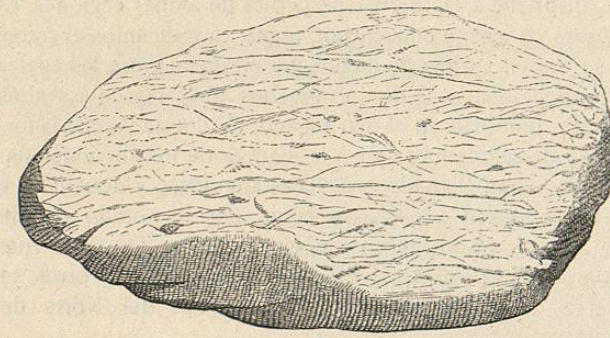


Fig. 20. — Canto estriado

Muchas otras particularidades ofrece la superficie y el interior del glaciar, pero prescindo de ellas en obsequio á la brevedad.

**Coloracion de la nieve.**—Cualquiera que sea el color que afecta la nieve, lo que puede asegurarse es un hecho muy notable, sobre todo en la region de los glaciares, á saber: su gran pureza, resultado natural de la reparacion al exterior de todo lo que en su masa penetra.

En cuanto al color, en tésis general, puede decirse que la nieve es tanto mas blanca, cuanto mas alta es la region en que se examina, y por el contrario, tanto mas azulada, cuanto mas baja. Tambien hace notar el Sr. Martins, que al contacto de dos capas de nieve, esta se hace mas compacta é intensa su coloracion, lo cual justifica en parte lo que algunos autores llaman estratificacion de la nieve.

**Nieve roja.**—Ocurre á veces que la superficie de esta, así en las regiones alpinas como en las polares, se cubre de una tinta roja mas ó menos intensa, que Saussure fué el primero en indicar en los Alpes; estando reservado al Sr. Schuttlworthy de Berna el determinar la verdadera causa de dicha coloracion, la misma que ocasionando las famosas lluvias de sangre, tantas lágrimas ha costado á la humanidad. Dicha causa es la caida de un número prodigioso de animales infusorios que flotan en el aire, pertenecientes á los géneros

Astasia, Gyges, Monas, Pandorina, etc., y de algas ó esporos microscópicos, especialmente del *Protococcus nivalis* y *subulosus*, del *Hematococcus sanguineus* y otros. En las regiones polares, tambien es frecuente esta coloracion de la nieve.

**Division de los glaciares.**—Los glaciares, segun el punto que ocupan y condiciones que ofrecen, reciben nombres diferentes; Agassiz los llama de primero y segundo orden, siendo aquellos los que se encuentran en altos valles, de

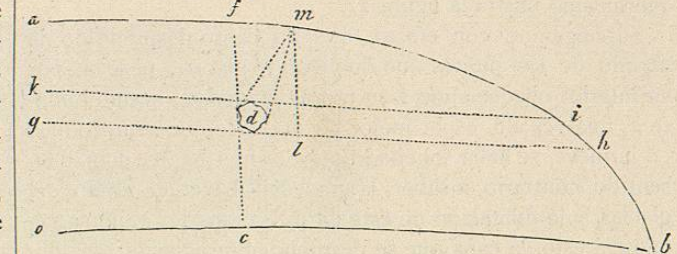


Fig. 21. — Reparacion de los cantos

fondo uniforme, cuya pendiente no excede de 10 grados, y estos los situados en las faldas de altos montes, cuya inclinacion no baja de 14 grados, y suele llegar hasta cincuenta.

**Simple y compuestos.**—Semejantes los glaciares á los valles, se dicen principales ó compuestos, aquellos que en su curso reciben alguno ó algunos laterales, los cuales se llaman simples, sencillos ó afluentes.

**Dinámica de los glaciares.**—En unos y otros, guardando siempre proporcion con la masa de nieve y las condiciones del valle en que se halla encerrada, la accion de los glaciares se reduce á pulimentar, estriar y redondear las rocas que les sirven de asiento y á las que penetran en su interior, y á trasportar á distancias considerables á veces, aunque sin alterar su forma, materiales de todos tamaños.

La presion enorme que al dilatarse ejerce la masa de la nieve sobre los materiales terrestres que encuentra á su paso, ó que caen bajo su accion, poderosamente auxiliada de la grava, arena y cantitos angulosos, que se interponen entre estos y aquella, haciendo las veces de una especie de esmeril, explican de un modo plausible el pulimento, estriamiento y redondeamiento, que ofrecen las superficies de contacto con los glaciares, y á veces tambien los cantos que trasportan, habiendo observado este hecho en muchos puntos de los Alpes, y en casi toda la Escandinavia. El aspecto que sue-

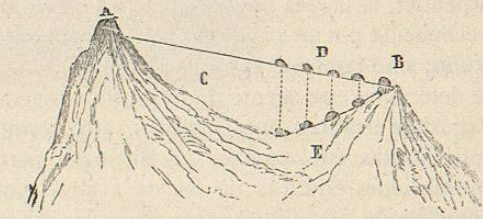


Fig. 22. — Teoría del transporte por la nieve

len ofrecer los cantos estriados, es con frecuencia el que demuestra la figura 20.

**Trasportes de los cantos erráticos.**—Respecto al transporte por los glaciares, verificase de dos modos, á saber: deslizándose los materiales que existen á la superficie del glaciar, como sobre un plano inclinado, ó bien empujados por la masa de la nieve, que en el movimiento de avance empieza con una fuerza irresistible. Los materiales así trasportados, ora se presentan en masas aisladas, angulosas, estriadas en muchos puntos de su superficie, y de tamaños muy diversos



en cuyo caso se llaman cantos ó peñascos errantes y erráticos, ó bien forman, mezclados con arena, grava, cieno, etc., grandes amontonamientos de formas y dimensiones muy variadas, constituyendo lo que en buen castellano se llama Canchal; que recibe los nombres de superficial, cuando se forma sobre el glaciar mismo, y lateral, y terminal, los que existen á los dos lados y en la extremidad inferior de la masa de nieve. Los canchales terminales son resultado del movimiento de avance del glaciar y de la singular reaparición de todo lo que cae en el interior de su masa, cuyo singular mecanismo ilustra la figura 21.

Supongamos, con efecto, que un canto desprendido de alguno de los puntos que dominan el glaciar, penetra por su interior obedeciendo á su propia gravedad, hasta el punto *d*; una vez allí, ó por mejor decir, desde que se introduce en la nieve, se halla solicitado por dos fuerzas que actúan en sentido contrario, á saber; la gravedad hácia el fondo del glaciar, y la dilatación de este en dirección del valle: agréguese á esto, la capa que se desprende por ablación, de donde resulta, que obrando las dos fuerzas en ángulo recto, este sigue en su marcha la diagonal *d, m*, á donde reaparece con el tiempo, ó en un punto mas bajo, si se tiene en cuenta lo que el glaciar ha perdido por evaporación.

Penetrando de nuevo el canto en el glaciar, impelido por su propio peso, vuelve á presentarse en un punto mas bajo, hasta que, por último, llega á la extremidad inferior, donde mezclándose con la tierra, arena, grava y demás materiales que trasporta el glaciar, da origen al canchal, peñascal ó pedregal que se adapta á la forma y accidentes que ofrece la nieve, formando con frecuencia diques semicirculares solo interrumpidos por el curso de las aguas líquidas que salen del interior del glaciar, ora por efecto del derretimiento de la nieve, ó de los manantiales que en su fondo existen. La figura 22 esclarecerá mas esta cuestión. A representa la cima de los Alpes, B la cordillera del Jura, y A B C el glaciar que en la época cuaternaria ocupaba el espacio intermedio.

Los materiales graníticos, que caían del punto A sobre el glaciar, fueron transportados por el procedimiento que acaba de indicarse, hasta los puntos mas altos donde he tenido ocasión de verlos; y cuando mas tarde, las condiciones climatológicas mejoraron, fueron retirándose las nieves, dejando como vestigios de su antigua existencia los cantos y canchales D E, etc., como lo acredita la existencia en toda la llanura suiza de tan singulares depósitos.

La reaparición á la superficie de los materiales que caen en el interior del glaciar, no solo explica, según los Sres. Vernetz y Charpentier, la pureza proverbial de las nieves de los Alpes, ya reconocida por los pastores y demás habitantes de aquellas alturas, sino tambien, la curiosa separación de materiales que determina este agente de transporte, observándose en los depósitos erráticos, aquí pórfidos, allá graníticos, en otro punto dioritas, etc., carácter que distingue perfectamente las formaciones erráticas de las de acarreo por las aguas líquidas, donde si hay alguna separación, no es por naturaleza de rocas, sino por tamaños y peso específico. Sin embargo, cuando los materiales erráticos que entran en el dominio de las aguas corrientes que salen del glaciar y dan origen á los grandes ríos, son arrastrados por aquellas, pueden formar aluviones y hasta sedimentos que tienen carácter mixto, si en su trayecto encuentran algun lago donde se depositan, razón por la cual se llaman aluviones y sedimentos glaciales.

La importancia de todos estos datos, referentes á la acción del agua sólida en las regiones alpinas, y muchas otras, que por brevedad omito, se comprenderá mejor al tratar de los sucesos extraordinarios que caracterizan el terreno cuaternario.

Los glaciares de los Alpes han llamado en todos tiempos y aun hoy excitan la atención de los geólogos y meteorologistas mas eminentes de Europa, contribuyendo su estudio á esclarecer los mas importantes problemas de la Física terrestre. En confirmación de lo cual debo mencionar una interesante discusión ocurrida en la Sociedad Geológica de Francia en 6 de diciembre de 1875 acerca de las oscilaciones seculares de los glaciares y las variaciones que indican ó acusan en los elementos meteorológicos del globo, promovida por M. Er. Mallard, cuyas atinadas observaciones lo han conducido á establecer que la modificación incesante que experimentan las condiciones meteorológicas de la cordillera alpina se manifiestan por años mas y mas cálidos y nevosos. El Sr. Gruner, no menos competente en la materia, atribuye la tendencia que manifiestan los glaciares suizos á retirarse al temperamento seco de los últimos años, según se desprende de las observaciones hechas por el eminente ginebrino Plantamour, lo cual confirma lo que dicen los montañeses, á saber: que el Foen devora la nieve. Fundado Tyndall en la notable tendencia á retroceder que se observa en los glaciares, dice que puede sospecharse el momento en que las magníficas nieves de los Alpes solo constituyan un lejano recuerdo: creemos algo aventurada esta profecía.

**Hielos y nieves polares.**—En las regiones circumpolares, si bien en la del Sur en una extensión mucho mas considerable, se presentan las nieves perpetuas con el mismo carácter, condiciones y modo de obrar que lo que acabamos de exponer en las regiones templadas; la única circunstancia que distingue á las nieves perpetuas de ambas regiones, es la altura en que se encuentran, según ya indicamos al tratar de su límite, y otras de menor importancia, entre las cuales debe mencionarse la de que muchos glaciares en las altas latitudes terminan en el mar mismo, de donde resulta la formación de sedimentos, que á la manera de los aluviones glaciares, se componen de materiales angulosos y desiguales y no redondeados ó elípticos, como por lo comun sucede con los arrastrados por las aguas líquidas. Tal es lo que según los Sres. Martins, Bravais, Nordenskjöld y otros, se observa en el Spitzberg y otras regiones del Norte de Europa.

**Hielos marítimos y terrestres.**—Pero además de las nieves se encuentran en muchas regiones los hielos perpetuos, que pueden distinguirse en marítimos y terrestres; aquellos ejercen una acción enérgica sobre las costas por la propia dilatación de la masa de los mares, de los cuales en la época del deshielo se desprenden enormes masas, que unas veces arrastradas por las corrientes constituyen las bancas de hielo, y otras permaneciendo algo mas fijas dan origen á lo que se llama *islas de hielo*, bancas, islas y montañas que constituyen un peligro inminente para el atrevido viajero que penetra en aquellas regiones. El tamaño de estas masas de hielo suele ser á veces enorme, habiéndose medido algunas que tenían cuarenta y cincuenta metros sobre las aguas, lo cual supone de doscientos á ochocientos metros por debajo de dicho nivel.

Estas enormes masas de hielo, de las que la figura 23 puede dar una idea, afectan las formas mas caprichosas, siendo frecuente que reproduzcan la de hongos ó setas, mesas, etc., resultado natural del desgaste que en su masa se efectúa así por la acción que ejerce el agua líquida como por la mayor fusión ocasionada por los rayos solares.

Tambien del campo de hielo se separan en la estación del calor enormes témpanos, como indica la figura 24.

En cuanto á los hielos terrestres forman á poca profundidad de la superficie una capa considerable entre los materiales de la tierra vegetal y el subsuelo, comunicándoles una con-

sistencia y condiciones especiales, que solo cambian algun tanto durante la estación cálida y constituye lo que se llama el *diluvium* congelado de Siberia, que se extiende tambien á todas las costas del Norte de América, cuyo estudio es por demás importante.

**Marismas y Pantanos congelados.**—En aquellos puntos en que por la estructura y condiciones topográficas del suelo se forman pantanos ó grandes marismas, como se observa en la bahía de Eschscholz y en la desembocadura de los ríos

lenisey, Lena y Alazeia, en Siberia, las aguas se hallan casi siempre congeladas y mezcladas con arena, arcilla y cieno, formando depósitos singulares, tanto mas interesantes cuanto que en ellos se encuentra un número considerable de huesos fósiles de elefante primitivo, de rinoceronte, hipopótamo y otros grandes mamíferos cuaternarios, que de tiempo inmemorial se explotan con objeto de beneficiar sus productos, y en especial el marfil.

El Sr. Schmit encontró, á principios del siglo, un mam-

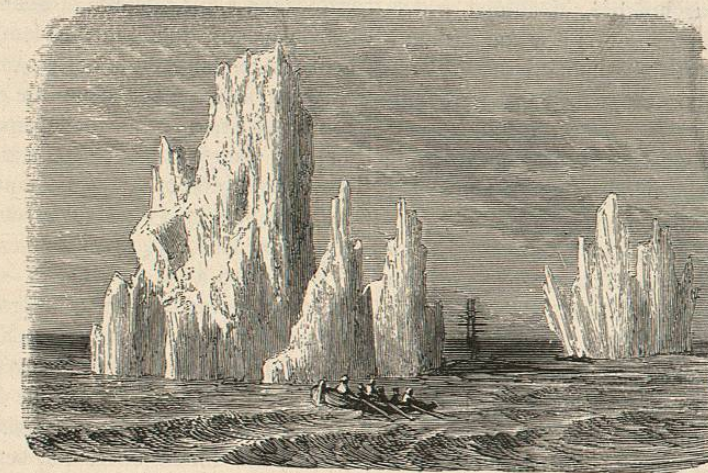


Fig. 23.—Montaña de hielo

mut ó elefante primitivo entero, cubierta la piel de una espesa capa de pelo largo, envuelto en una inmensa masa de hielo, en la desembocadura del río Lena; el eminente viajero Pallas,

en 1777 descubrió tambien un rinoceronte entero, en idénticas condiciones.

Aquí puede decirse termina el estudio importantísimo de

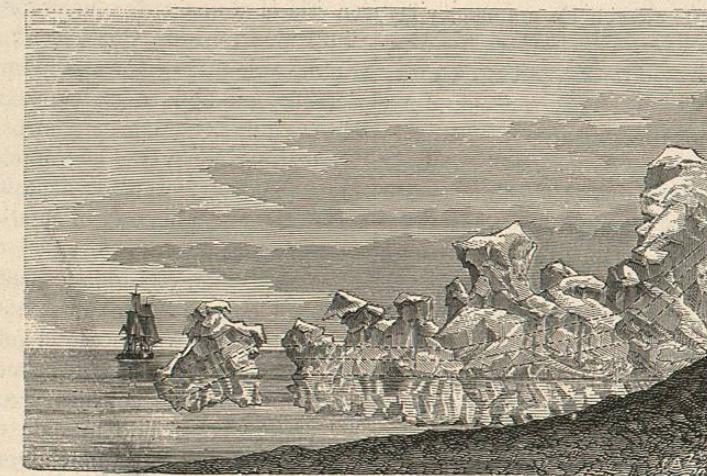


Fig. 24.—Origen de los hielos flotantes acumulados por la progresión de los glaciares polares

los efectos producidos por las causas actuales internas y externas; pues aun cuando el magnetismo y la electricidad son agentes poderosos, hasta el presente se conoce demasiado poco su acción sobre la costra sólida del globo, para que en una obra de esta índole merezca llamar la atención. Solo el rayo en las deshechas tormentas suele producir efectos notables y desastrosos; esta acción es mecánica cuando al precipitarse, con la velocidad extraordinaria que le es propia, sobre las altas cimas de las montañas, que con preferencia ataca, hiende, destroza y lanza á veces á grandes distancias los peñascos mas extraordinarios por su dureza y tamaño (1). En otras ocasiones, obrando en virtud de su elevada tempe-

(1) El Sr. Lyell, en su obra titulada «Principes de Geologie,» cita el caso ocurrido á mediados del siglo último en la isla Fetlar, una de las

ratura, suele vitrificar y hasta destruir las sustancias que encuentra á su paso. Por último, cuando el rayo da sobre una materia blanda, ó deleznable y suelta como la arena, se abre paso y vitrifica las paredes del conducto que recorre, resultando esos tubos llamados *fulguritos* que forman el adorno de muchos museos de Mineralogía y Geología.

El diámetro de estos tubos varia desde el del cañon de una pluma hasta el de cinco y seis centímetros.

Los puntos mas notables para encontrar estos efectos de la electricidad atmosférica en Europa son los alrededores de Halle, de Munster y de Koenisberg en Alemania.

Shetland (Escocia), de una masa de pizarra micéica de 32 metros de largo, 3,04 de ancho y 1,21 de grueso, arrancada de su sitio y dividida en una porción de fragmentos por la acción de un rayo.