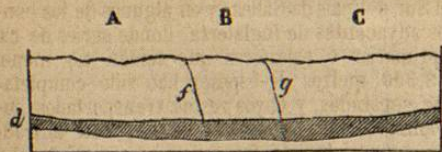


que encuentra á cada paso nuevas capas, mientras que solo hay una repetición de los mismos lechos causada por hundimientos ó fallos verticales. Admitamos que en el origen la masa A B C D haya sido una continuación de capas inclinadas y que las diferentes masas E F, F G, y G D, se hayan unido sucesivamente dejando vacíos los sitios marcados con líneas de puntos, y llenando los que están indicados por las líneas continuas, pero poco señaladas. Admitamos despues que se haya verificado una desnudación á lo largo de la línea A H, de tal manera que hayan desaparecido las masas representadas por las líneas poco marcadas; un minero que no haya observado los fallos, podrá creer al encontrar la masa *a* (que supondremos ser un lecho de carbon repetido cuatro veces), que ha encontrado cuatro lechos explotables, hasta una profundidad indefinida; pero así que llegue al fallo G, se encontrará repentinamente detenido en su trabajo; no hallará mas que las capas de gres *c*; al llegar á la línea de fallo F, se colocará en parte sobre el esquisto *b* y en parte sobre el gres *c*; en fin, al llegar á E, será todavía detenido por el muro de la roca *d*.

Las diferencias de nivel que presentan las partes separadas de las capas en los lados de un fallo, son verdaderamente extraordinarias algunas veces. Uno de los casos mas célebres en Inglaterra es sin contradicción el que se ha denominado *ninety fathom dyke* en el distrito ullifero de Newcastle. Se le ha dado este nombre, porque los lechos correspondientes están 90 brazas (164 metros) mas bajos al Norte que al Sur. El intervalo de la hendidura ha sido lleno por una masa de arena, que habiendo pasado al estado de gres ha recibido el nombre de *dyke*; este *dyke* generalmente muy estrecho, tiene sin embargo en ciertos puntos mas de 20 metros de anchura. Las paredes del fallo están surcadas de ranuras, tales como las que hubieran podido producir fragmentos de roca muy frotados á lo largo de los planos de la hendidura.

En los fallos de Tynedale y de Crawen, al Norte de Inglaterra, la disposición vertical ha sido mas considerable; la fractura se ha propagado horizontalmente hasta una distancia de 45 kilómetros ó mas. Algunos geólogos han imaginado, que el movimiento hácia arriba ó hácia abajo se efectuaria de un solo golpe y no por una serie de golpes repentinos é interrumpidos. Esta idea parece deducida, de que las ranuras siguen una sola dirección. Pero este hecho dista tanto de ser constante en los fallos, que se ha objetado frecuentemente á la teoría adoptada para estas superficies pulimentadas llamadas *superficies de deslizamiento*, el que las estrias eran muchas veces curvas é irregulares. Además, se ha notado, que no solamente las paredes, sino tambien el contenido de los fallos presentaba las mismas superficies pulimentadas y estriadas. Ahora bien; estas circunstancias parecen indicar cambios parciales en la dirección del movimiento y en los deslizamientos que han ocurrido despues de llenas las hendiduras. Supongamos la masa de roca ABC, que cubre el espacio vacío *d e* formado á la



profundidad de algunos kilómetros ya por la contracción gradual de una materia fundida, liquidada en su paso al estado sólido ó cristalino, ya por la contracción de capas arcillosas cocidas bajo la influencia

de un calor moderado, ya en fin, por una sustracción de materia, resultado de una acción volcánica ó de cualquier otra causa. Si sobrevienen temblores de tierra que vengan despues á agitar estas regiones, las hendiduras *f, g*, podrán separar de A y de C la masa B que libre en sus movimientos empezará inmediatamente á descender en el espacio vacío *d e*. Hay ciertamente derecho de admitir, que una fractura sea bastante completa para que la masa B pueda penetrar de una vez hasta el fondo de la cavidad subterránea; pero es mucho mas probable que no se hunda sino poco á poco y por efecto de temblores de tierra sucesivos; la masa continuará resbalando en la misma dirección á lo largo de las paredes de las hendiduras *f, g*, y sus bordes se romperán y triturarán mas y mas á cada nueva convulsión. Si como es muy posible las circunstancias que han ocasionado la caída del apoyo de la roca, continúan su acción, podrá muy bien suceder que una vez llena la cavidad por la masa B, sus cimientos se hundan de nuevo bajo su peso y continúe descendiendo en la misma dirección. Pero si esta dirección cambiara, el hecho no podría demostrarse por los deslizamientos, en razón á que el último rozamiento habria borrado las señales del anterior. En la ignorancia que existe actualmente acerca de las causas de muchos hundimientos, una hipótesis que apoyándose en los principios rigurosos de la mecánica pueda explicar por medio de una sucesión de movimientos los grandes cambios de posición observados en algunos fallos, es muy preferible á la que presenta cada fallo como resultado de una sola sacudida ó de un hundimiento repentino de algunos millares de metros.

Sabemos además, que en nuestros dias se verifican á grandes profundidades en el interior del globo, acciones en virtud de las cuales, ciertas extensiones de tierra se elevan sobre su primer nivel; que estos fenómenos se realizan unos lenta é insensiblemente, y otros de repente y por sacudidas en algunos centímetros ó algunos metros cada vez; no hay pues razón alguna para pensar que en los 3,000 años que nos han precedido, tales regiones se hayan elevado ó hundido en una sola vez algunos centenares, y mucho menos aun algunos millares de metros.

Cuando lleguemos á la descripción de las formaciones marinas antiguas, el exámen de su estructura y de los cuerpos orgánicos que contienen, nos hará reconocer, que en la época de su origen, el lecho del Océano descendía lentamente. Este movimiento de descenso ha sido enteramente gradual, y en el Gales así como en las partes de Inglaterra contiguas á este último país, se ha formado un espesor de mas de 9 kilómetros de rocas carboníferas devonianas y silurianas, mientras que el lecho del mar se hundía tranquilamente de una manera continua.

Cualquiera que sea la naturaleza de los cambios que el suelo ha sufrido y que estos cambios hayan sido acompañados de fusión, de solidificación, de cristalización ó de desecación de las materias minerales subyacentes, es incontestable que el fondo del mar cuyas aguas han estado constantemente bajas, no ha bajado nunca centenares de metros de una sola vez.

Teniendo en cuenta las repetidas variaciones de nivel que separadamente consideradas han sido en corta cantidad, pero que multiplicadas por el tiempo han podido adquirir importancia en su conjunto, llegaremos á comprender los fenómenos de desnudación que serán objeto del capítulo siguiente. A consecuencia de estos movimientos, cada porción de la superficie de la tierra que ha formado á su vez una línea de costas, se ha encontrado expuesta á la acción de las olas y de las mareas. Una región sometida á esta especie de oscilaciones, jamás puede llegar á un estado perfecto de equilibrio, porque la acción que ejercen

los ríos y los torrentes para remover y excavar el suelo y las masas de rocas, es incesante en su energía.

CAPITULO VI.

DESNUDACION.

LA desnudación de que se ha tratado accidentalmente en los capítulos anteriores, consiste en una traslación de la materia sólida por el agua en movimiento, quedando por consiguiente desnudas ciertas rocas subyacentes. Los geólogos han tenido quizá muy poco en cuenta esta acción, cuya influencia sobre la estructura de la corteza terrestre no ha sido menos importante ni menos universal que la sedimentación misma; porque la desnudación contribuye invariablemente á la producción de todas las nuevas capas de origen mecánico. La formación de cada nuevo depósito por el transporte de sedimento y de cantos rodados, prueba necesariamente que se ha verificado en tal ó cual punto una desagregación de la roca en fragmentos redondeados, arena ó limo igual en cantidad á las capas nuevas. Todo depósito pues, salvo el caso en que se deba su formación á una lluvia de cenizas volcánicas, indica una desagregación superficial en un punto cualquiera, y en otra parte un crecimiento correspondiente. Lo que aparece ganado en un lado, equivale á la pérdida experimentada en otro. Aquí han bajado las aguas de un lago, allá se ha abierto un barranco profundo; en tal punto se ha elevado el lecho del mar por la acumulación de nuevas materias; en tal otro, ha aumentado su profundidad por efecto de sustracciones igualmente considerables.

Un edificio despierta naturalmente en nosotros la idea de la cantera de donde se han sacado las piedras; pues bien, las hiladas de aquel edificio pueden compararse á las capas sucesivas, y la cantera á una quebrada ó á un valle desnudo; si las capas sedimentarias han sido como los lechos de piedras depositadas gradualmente unas sobre otras, del mismo modo la excavación del valle y la de la cantera se han verificado tambien gradualmente. Para llevar aun mas lejos la comparación, asimilaremos los montecitos de limo, de arena y de guijo, llamados habitualmente aluviones, á los fragmentos de las canteras arrojados como inútiles por los obreros, ó que habiendo caído en el camino desde la cantera á la construcción, yacen dispersos por el suelo.

Si pues la masa de los depósitos estratíficos en la

costra terrestre puede servir á la vez de monumento y de medida de la desnudación que se ha producido, en cuán inmensa escala no deben presentarse las señales de este transporte de materias así removidas en los tiempos mas antiguos.

Diferentes clases de fenómenos demuestran de la manera mas palpable la extensión de las superficies desnudas por la fuerza erosiva del agua. Citaremos en primer lugar, los valles sobre cuyas dos vertientes se siguen unas mismas capas en el mismo orden, con la misma composición mineralógica, y los mismos fósiles. La presente figura nos ofrece un ejemplo de varias formaciones, como son: 1.º conglomerato; 2.º arcilla; 3.º gres; 4.º caliza: las cuales se reproducen en una serie de columnas separadas por valles de profundidad variable.



Cuando se examinan las partes subordinadas de estas cuatro formaciones, se reconoce en cada una de ellas lechos distintos que por su composición y por su orden se corresponden en los costados opuestos de los valles. Sin duda alguna, estas capas han sido primitivamente continuas, y alguna causa ha separado las porciones que unian en otro tiempo la serie. Un torrente que se precipita sobre la vertiente de una montaña, produce semejantes soluciones de continuidad, y cuando se practican terraplenes para nivelar los caminos, se ponen al descubierto lechos que se corresponden tambien á cada lado de las zanjas. La única diferencia es que en naturaleza estos fenómenos se producen en el seno de montañas que tienen millares de metros de elevación, y que están separadas unas de otras por espacio de algunos kilómetros de extensión.

El doctor Mac Culloch ha descrito un magnífico ejemplo que existe en la costa de Ross-shire en Escocia. La roca fundamental de esta comarca es un gneis en capas dislocadas sobre las cuales reposan en estratificación discordante lechos casi horizontales, de gres rojo. Estos lechos son comunmente muy delgados, y forman verdaderas tablas de superficie distintamente onduladas. Terminan de una manera re-



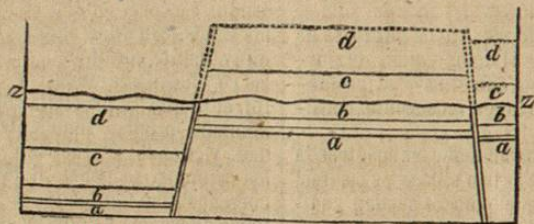
pentina en los costados de varias montañas aisladas, que se elevan hasta 600 metros sobre el gneis de la llanura inmediata, y hasta 900 metros sobre el mar, altura á la cual llegan casi todos los picos. En cuanto á la elevación de la base del gneiss, varía bastante para que las porciones inferiores del gres ocupen diferentes niveles. El espesor de la masa es tambien variable y excede á veces de 900 metros.

Es imposible ver estas partes esparcidas y separadas, sin suponer que toda la comarca ha estado en otro tiempo cubierta de una inmensa capa de gres, y que han desaparecido masas del espesor de 300 á 900 metros. En el *Survey of Great Britain*, el profesor Ramsay ha demostrado que los lechos arrebatados de

las colinas de Mendip, han debido tener cerca de 1,500 metros de espesor. Ha señalado espacios considerables en el Sur del país de Gales, y en algunos de los condados adyacentes de Inglaterra, donde series de capas primarias ó paleozóicas que tenían no menos que 3,350 metros de espesor han sido completamente separadas, y cuyos restos transportados sucesivamente hácia nuevas regiones, han entrado en la composición de formaciones mas modernas. Por otra parte, se halla demostrado en la misma obra que las capas paleozóicas tienen de 6,000 á 9,000 metros de espesor. Indudablemente tales rocas formadas de limo y de arena, y hoy solidificadas en gran parte, son los monumentos de acciones desnu-

dantes que se han producido en grande escala en una época muy remota de la historia de la tierra. Ahora bien, todo lo que se halla esparcido sobre una superficie, no ha podido ser tomado sino de otra superficie; esta es una verdad evidente, y que conviene no olvidar, aunque se admita en ciertos sistemas geológicos, que la costra exterior de la tierra ha aumentado siempre de espesor por la acumulación sucesiva de la materia sedimentaria, como si las nuevas capas no hubieran sido siempre producidas á expensas de rocas preexistentes, estratificadas ó no.

Reflexionando detenidamente sobre el hecho de que todo depósito de origen mecánico implica el transporte de una cantidad de materia sólida, procedente de alguna otra región, se concibe cómo la porción pétreo exterior de nuestro planeta ha debido en todo tiempo adelgazarse en unos puntos y aumentar de espesor en otros. Es verdad que el vacío formado por las rocas que han desaparecido á consecuencia de una gran desnudación, no impresiona tanto como un gran espesor de conglomerato ó de arena, ó bien la presencia de una cordillera de montañas con todas sus capas inclinadas y encorvadas: pero estas superficies desnudas hablan á nuestra razón un lenguaje que tienen también su claridad y su elocuencia; y así como los hechos repetidos de numenitas, de corales, ó de conchas fósiles, así como los abundantes lechos



Fallos y capas hullíferas desnudas en Ashby de la Zouch.

todos los lechos de hulla *a, b, c, d*, se elevan á la altura de 150 metros sobre los lechos que les corresponden en el otro lado. Podría deducirse que las capas que ocupan el nivel superior, forman una eminencia de 150 metros sobre la superficie general del país; pero no hay nada de esto, y la línea *z-z* que la expresa, prueba por el contrario que se halla uniformemente ondulada y sin rotura alguna; en cuanto á la masa que indica la línea de puntos, ha debido ser aracanda. Ejemplos análogos se encuentran en algunas comarcas llanas donde han sido arrebatadas masas gruesas de capas en extensiones de algunos kilómetros cuadrados. En el distrito hullífero de Newcastle, se han descubierto fallos en que el movimiento de elevación y depresión no ha sido menor de 250 metros; estos fallos si hubiesen afectado proporcionalmente la configuración general de la superficie, habrían producido montañas con pendientes escarpadas de mas de 300 metros de elevación ó abismos de igual profundidad, mientras que el nivel actual de la comarca ha permanecido enteramente uniforme y no presenta indicio alguno de movimientos subterráneos.

El suelo de donde han sido arrancadas estas materias, presenta generalmente en su superficie montecillos de arena y de guijo formados de fragmentos de rocas que han desaparecido. En los distritos arriba mencionados, estos montecillos están compuestos de fragmentos angulosos ó redondeados de gres duro, de caliza, de mineral de hierro; de esquistos quebradizos en corta cantidad, y aun de pedazos de hulla.

Ya hemos tratado de la dislocación y de la discordancia de las capas carboníferas de Coalbrook Dale. El minero no puede avanzar en ellas tres ó cuatro me-

de hulla que reposan sobre su base de arcilla llena de raíces de árboles aun en su posición natural, asimismo los fenómenos de la desnudación demuestran lo infinito del tiempo empleado en producirlos.

Nadie duda que los fósiles sepultados en todas estas clases de rocas, pertenecen á varias generaciones sucesivas de plantas y de animales. Cada depósito sedimentario demuestra pues, igualmente, una acción lenta y gradual y las capas sirven no solo para calcular la cantidad de desnudación efectuada en el mismo tiempo sobre otro punto, sino también para indicar con exactitud la extensión de las superficies desnudas.

Quizá las superficies desnudas de los distritos donde se observan anchos fallos, son las que dan testimonios mas manifiestos de desnudación en grande escala. Hemos manifestado anteriormente cómo se han podido reconocer masas angulares de rocas en las superficies colocadas anteriormente sobre grandes fallos; aunque en realidad el hecho se presenta raras veces, se puede sin embargo observarle fácilmente en ciertas localidades donde la hulla ha sido explotada en una gran extensión, pudiendo allí determinarse con gran exactitud las relaciones primitivas de capas que han cambiado de posición. Puede citarse como ejemplo la cuenca hullífera de Ashby de la Zouch, en el Leicestershire: en ella se ve un fallo en uno de cuyos cos-

tos sin encontrar deslizamientos, y de tiempo en tiempo, fallos que han cambiado la posición de las rocas en algunos centenares de metros de altura ó de profundidad; sin embargo, no se distinguen las desigualdades superficiales á que primitivamente deben haber dado origen estas masas dislocadas, y el estado relativo de nivelación de la superficie, no puede hoy explicarse como lo observa Preswich, sino suponiendo que las aguas han arrebatado las partes fracturadas. Es claro, asimismo, que las capas de gres rojo de un espesor de mas de 330 metros, que en el mismo país cubrían en otro tiempo la hulla, han sido arrebatadas en grandes superficies. No puede dudarse que el agua haya sido el agente de este fenómeno, porque las rocas han cedido en proporción á su diferente grado de dureza; el trapp duro de Wrekin y de otras colinas, por ejemplo, ha resistido mas que los esquistos ó los gres blandos, y subsiste aun hoy con su relieve primitivo.

ORIGEN DE LOS VALLES. Algunos geólogos antiguos y entre ellos el doctor Hutton, han sido de opinión de que los ríos en general habían abierto sus propios valles. Esto es cierto sin duda alguna, tratándose de arroyos y de torrentes que alimentan grandes corrientes de agua, que bajando por pendientes rápidas están sujetos á crecidas y disminuciones temporales. También puede admitirse que la cantidad de limo, de arena y de piedra que constituye un gran número de deltas modernos, es bastante considerable para demostrar que una gran porción de las desigualdades que hoy día existen en la superficie de la tierra, se deben á la acción de los ríos; pero los valles principales en casi todas las grandes cuencas hidrográficas del mundo, indican por su forma y su extensión que no

han podido ser producidas por la sola fuerza de excavación de los ríos.

Algunos geólogos se han imaginado que un diluvio ó una sucesión de diluvios podía haber sido el principal agente de esta desnudación; han admitido una serie de cataclismos ocasionados por alzamientos instantáneos de continentes ó de cordilleras de montañas. Pero aun concediendo que se hayan verificado tales alzamientos repentinos del fondo del Océano, y suponiendo que la consecuencia de cada convulsión, hayan sido grandes cataclismos, no es fácil explicar por medio de una hipótesis tan gratuita todos los fenómenos que sorprenden nuestra vista.

Una acción de orden muy diferente parece por otra parte haber sido capaz de producir efectos tan considerables. Hemos establecido anteriormente que el alzamiento ó depresión de porciones extensas de la costra terrestre, entran en el curso actual de las cosas, de cualquier manera que estos fenómenos hayan sucedido; que hayan sido insensibles ó producidos por sacudidas instantáneas y repetidas, nos es pues, fácil comprender, cómo la tierra ha sido, durante estos movimientos, abierta por las olas del mar. Lo mismo que las masas de montañas, que durante el transcurso de los años pueden haber sido formadas capa á capa y por sedimentación, otras masas no menos voluminosas, han podido, en el mismo tiempo, ser arrebatadas milímetro por milímetro. Tal sería el caso, por ejemplo, en que lechos de materias inherentes se hubieran elevado lentamente en un mar abierto y expuesto á fuertes corrientes. Se sabe que ciertas corrientes del Océano, tienen hasta 300 kilómetros y mas de anchura, á veces una longitud de algunos millares de kilómetros, y que conservan una rapidez considerable, aun á la profundidad de algunos centenares de metros. En tales condiciones, las aguas corrientes pueden haber desgastado, arrastrado capas de materias incoherentes, á medida que se elevaban y se aproximaban á la superficie donde las olas obraban con mayor fuerza; depósitos voluminosos pudieron ser también totalmente arrastrados, de tal manera, que en ausencia del fallo, no existe hoy prueba alguna de desnudación. Es, pues, lícito, afirmar que el trabajo de destrucción ha dejado tantas menos huellas, cuanto mas completo ha sido, porque el aniquilamiento de ciertas masas ha debido ser tal, que no se encuentran ni aun las ruinas de las rocas que las constituían en otro tiempo.

Aun cuando la desnudación haya dado por resultado nivelar cortas regiones compuestas de capas dislocadas y rotas, mas ordinariamente ha producido desigualdades de superficie, especialmente en las comarcas donde la estratificación es horizontal. La configuración general de estas comarcas es la de plataformas unidas, interrumpidas por valles frecuentemente de una profundidad considerable y que se ramifican en varias direcciones. Estas fragosidades han debido formar en otro tiempo bahías y canales entre islas, y lo mas escarpado de las laderas de cada valle, ha debido ser un precipicio que las aguas han minado en el transcurso de los siglos, al mismo tiempo que la tierra se elevaba gradualmente del fondo del Océano. Se puede suponer que el sitio y dirección de cada depresión, han sido primitivamente determinadas por la diferencia de dureza de las rocas, y por las henduras y juntas que se encuentran de ordinario, aun en las capas horizontales. En las cadenas de montañas tales como el Jura, se puede admitir que los valles principales no han sido abiertos por las aguas, sino que son debidos á movimientos mecánicos que han doblado las rocas en la forma que presentan actualmente; sin embargo, se ven algunos fondos que indudablemente han sido abiertos por el agua. Se puede pues establecer, que la desigualdad de la superficie de las tierras, debe en general atribuirse á la acción

combinada de los movimientos subterráneos, y de la desnudación.

Recapitemos ahora algunas de las deducciones que pueden hacerse de lo expuesto; en primer lugar, todas las capas de formación mecánica, se han producido por una acumulación gradual, y la desnudación que las ha acompañado ha sido igualmente gradual; en segundo lugar, la tierra firme de hoy día se compone en gran parte, de capas formadas primitivamente en el fondo del mar, y que después de haberse elevado han adquirido su altura actual por efecto de una fuerza que actúa debajo; en tercer lugar para dar cuenta de las desnudaciones extensas y graduales, no se podría imaginar ninguna combinación de causas tan eficaz como la acción de las olas y de las corrientes del Océano, sobre una tierra que se eleva lentamente de sus abismos.

Si adoptamos estas conclusiones, naturalmente vendremos á buscar, alrededor nuestro, indicios de la antigua permanencia del mar sobre la tierra, especialmente cerca de las costas donde se ha operado la última retirada de las aguas, y no faltaran estos indicios á nuestras observaciones.

Ya tendremos ocasión de hablar de los antiguos precipicios, hoy día apartados de la mar, al Sudeste de la Inglaterra, cuando se trate de la desnudación de las rocas de creta en el Surry, el Kent y el Sussex. Líneas de riberas marinas de épocas mas modernas, y que dominan de 6 á 30 metros el nivel del mar actual, se observan también en espacios muy extensos á lo largo de la costa del Este y Oeste de la Escocia, como también en el Devonshire y en otros condados de Inglaterra. Las antiguas líneas de costa forman con frecuencia promontorios de arena y de guijo que contienen conchas litorales, algunas de las cuales están rotas, otras enteras y que corresponden á especies que viven todavía hoy en las costas vecinas. Pero no debe esperarse encontrar en todas partes señales de antiguas orillas; ningún geólogo ignora con qué prontitud se alteran y aun se borran enteramente las señales de esta especie en todas aquellas partes en que las modificaciones en las corrientes y en las mareas han determinado la retirada del mar desde hace algunos siglos. Hoy vemos escarpados compuestos de arcilla ó de arena desmoronarse en pocos años y reducirse á una pendiente insensible. Si existen conchas, se descomponen, sus elementos son arrastrados por las aguas y al poco tiempo los restos y la arena no tienen nada que les distinga de cualquier otro aluvión del interior de las tierras.

Las señales de orillas antiguas desaparecen algunas veces ocultas por árboles ó matorrales, ó bien por arena que trae el viento. Un buen ejemplo se observa á algunos kilómetros al Oeste de Dax cerca de Burdeos. A unos 49 kilómetros hácia el interior del país, se puede seguir una orilla escarpada en la dirección del Nordeste al Sur-Oeste, poco mas ó menos ó paralelamente á la costa contigua. El escarpado de unos 15 metros de altura, conduce desde la plataforma superior de las landas á una llanura mas baja que se extiende hasta el mar.

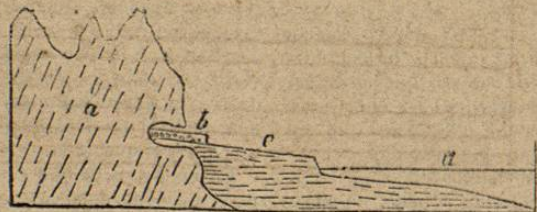
En el número de las causas diversas que en el curso de las edades pueden borrar los caracteres de una antigua orilla, no deben olvidarse los terremotos. Durante las violentas sacudidas que estos producen, los escarpados muy verticales y minados por el pié se desploman y forman montones de ruinas. Algunas veces movimientos desiguales de subida y bajada destruyen enteramente esa horizontalidad de las líneas de base que constituye el carácter dominante de una antigua quebrada.

En los países en que abundan las rocas calizas, es principalmente donde los escarpados interiores de las tierras conservan mejor la fisonomía que tenían cuando constituían límites entre la tierra y el mar. En

Morea, por ejemplo, se observan hasta tres y aun cuatro de estas líneas que denotan la antigua existencia de orillas marítimas. Han sido descritas por Boblaye y Virlet; se les ve elevarse unas sobre otras á diferente distancias de la orilla actual; la mas alta que es al mismo tiempo la mas antigua, llega algunas veces á mas de 300 metros. En la base de cada una de las líneas existe habitualmente un terraplen de algunos metros de anchura en ciertos puntos y de mas de 300 en otros; de tal manera, que desde las partes mas elevadas del interior de las tierras se va á parar al mar por una sucesion de escalones. Estas quebradas interiores estan muy bien cortadas y se parecen exactamente á las que baten hoy las olas del Mediterráneo, en los parajes donde estan formadas de roca caliza y especialmente hácia aquellos en que la roca es un mármol cristalino de cierta dureza. Los puntos de correspondencia observados entre las antiguas líneas de costas y las orillas del mar actual, son: 1.º, una línea de precipicios verticales con un terraplen en su base; 2.º, una superficie de roca desnuda corroida por las aguas, tal como las olas del mar las producen en nuestros dias; 3.º una línea de cavernas litorales al pié de los escarpados; 4.º, una brecha consolidada algunas veces con conchas marinas en la base de los mismos escarpados ó en las cavernas, perforaciones producidas por los animales litófagos.

Respecto al primer punto sería supérfluo insistir en la manifestacion del poder destructor de las olas y de las corrientes que nos presentan los precipicios verticales. Las excavaciones litorales son igualmente bien conocidas de los geólogos que han tenido ocasion de observar como abren cabernas las olas del mar. En cuanto á la brecha está formada de fragmentos calizos y pedazos rodados de conchas sólidas, gruesas, tales como el *strombus* y el *spondylus* unidos por un cimienta calizo cristalino. Agregaciones semejantes se forman diariamente en Grecia en las orillas del mar y en las cavernas á lo largo de las costas; no se les podría distinguir de las de formacion mas antigua sino contuvieran algunos fragmentos de vasijas de barro. En cuanto á las perforaciones producidas por los litófagos, es sabido que ciertos moluscos tienen la facultad singular de abrir en las calizas mas duras cavidades cuyo diámetro aumenta á medida que crece la concha de aquellos. Para que el animal pueda vivir es preciso que las conchas esten siempre cubiertas de las aguas saladas; pues bien, á diferentes alturas en los escarpados citados anteriormente se encuentran cavidades de este género en forma de peras y que contienen restos de conchas. Se han observado cerca de Mondon y de Navarino en el interior de las tierras, en quebradas situadas á una altura de 38 metros sobre el Mediterráneo.

Independientemente de la alteracion bien conocida que las rocas calizas experimentan al contacto del agua salada y que constituye una descomposicion química, los principios se alteran aun mas profundamente hácia su base donde reciben el choque directo de las olas. Bajo esta accion la superficie de la roca corroida y surcada se vuelve exteriormente escabrosa y ramificada como si estuviera cubierta de corales.



a Monte Grifone. b Caverna de san Ciro. c Llanura de Palermo en la cual estan las capas de Plioceno nuevo, caliza y arena. d Bahía de Palermo.

Estos efectos se observan no solo en las orillas actuales, sino tambien en la base de las antiguas quebradas en el interior de las tierras.

Restáanos hablar de los terraplenes que se extienden en una pendiente muy suave hácia el mar desde la base de casi todo escarpado interior. Estrechadas en su mayor parte cuando la roca es dura, pero de medio quilómetro ó mas cuando la roca es blanda, son un efecto de la entrada del mar antiguo sobre la orilla á los niveles en que la tierra ha permanecido por mucho tiempo estacionaria. No cabe duda acerca de esto cuando se examinan las formas de una orilla actual, donde la mar se adelanta sobre la tierra arrastrando pequeñas porciones de la roca que destruye por sus cimientos. Esta accion da origen á una plataforma submarina sobre la cual en la baja marea se puede penetrar en el agua con un aumento de profundidad gradual hasta que se llega á un punto en que el fondo baja de repente. Esta plataforma aumenta mas ó menos rápidamente en anchura segun el grado de dureza de las rocas, y cuando llega á salir fuera del agua constituye un banco de tierra firme.

Pero las cuatro principales líneas de quebradas observadas en Morea, no revelan como algunos autores han podido imaginar cuatro grandes épocas de alzamiento repentino; indican simplemente la intermitencia de la fuerza que produce el alzamiento. Si el alzamiento de la tierra hubiera continuado de una manera no interrumpida, no se hubiera producido línea saliente de escarpado porque cada porcion de la superficie hubiera sido á su vez y durante un periodo igual de tiempo una playa marina que hubiera presentado poco mas ó menos el mismo aspecto; pero cuando ha habido interrupciones durante el alzamiento, las olas y las corrientes tienen tiempo de minar, arrastrar, y hacer desaparecer masas considerables de rocas y por consecuencia dar sucesivamente origen á varias líneas de escarpados, cada una de las cuales tiene un nivel distinto y reposa sobre un ancho terraplen.

Existen sin embargo en Morea cortas superficies niveladas tanto antiguas como modernas, que no son el resultado de una desnudacion aun cuando se parecen por su aspecto á los terraplenes que hemos descrito. Se las puede llamar terraplenes de depósito porque resultan de la entrada de la tierra en el mar en los puntos en que los rios y los torrentes han producido deltas. Cuando la materia sedimentaria ha llenado una bahía ó un golfo rodeado de montañas escarpadas, se forma una llanura unida que guarnece los principios hácia la tierra; y cuando estos depósitos llegan á elevarse, dan á la localidad una fisonomía enteramente semejante á la de las superficies de desnudacion.

En Sicilia existen escarpados semejantes á los de Morea; cerca de Palermo, por ejemplo, existe un precipicio tallado en la caliza y en cuya base se ven numerosas cavernas, una de ellas llamada San-Ciro, á tres quilómetros de Palermo; tiene unos seis metros de alta por tres de ancha y domina unos sesenta metros sobre el nivel del mar. En el interior se ve una antigua playa b formada de fragmentos rodados de

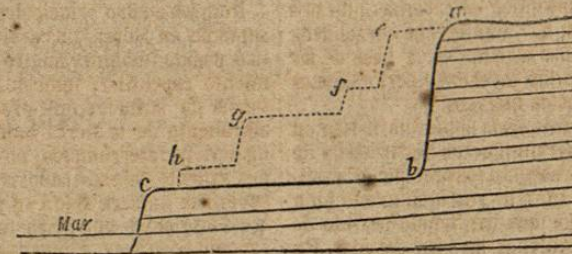
diferentes rocas, muchos de los cuales han debido ser llevados de grandes distancias.

A estas piedras se han mezclado fragmentos de corales y de conchas en particular de ostras y de *pecten*. Inmediatamente encima del nivel de esta playa, se observan *serpulas* que se adhieren aun á la superficie de la roca y la caliza está perforada por *litodomas* (litófagos). En el interior de la gruta, existen al mismo nivel perforaciones semejantes y los agujeros son tan numerosos, que la roca ha sido comparada por Hoffmann á un blanco todo atravesado de balas. Pero para poner á descubierto estas señales ha sido necesario primero quitar una masa de brechas que consisten en fragmentos numerosos de rocas con una inmensa cantidad de huesos de manimut, de hipopótamos y otros cuadrúpedos sepultados en una marga caliza de color pardo oscuro. Algunas de estas osamentas estaban desgastadas como si hubiesen sufrido la accion de las olas. Debajo de la brecha, de unos seis metros de espesor, se ha encontrado un lecho de arena lleno de conchas marinas de especies recientes, y

de nuevo, debajo de la arena la caliza secundaria del monte-Grifon. La caliza que en la caverna está sobre el nivel de la arena del mar, presenta otro aspecto muy diferente de la que se halla debajo. Por encima la roca está dentada y desigual, como se ve de ordinario en la bóveda y en las paredes de las cavernas calizas: debajo, la superficie está unida y pulimentada, como la hubiera producido el roce continuo de las olas.

La plataforma indicada en c es un depósito terciario que contiene conchas marinas, casi todas de especies vivas; presenta un ejemplo de terraplen por depósito, es decir, que pertenece al segundo género de que acabamos de hablar.

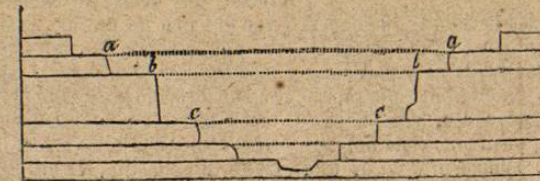
Se observan aun en Sicilia otros numerosos ejemplos de terraplenes de desnudacion. Uno de ellos se manifiesta en la costa oriental al Norte de Siracusa, y vuelve á aparecer al Sur, mas allá de la villa de Noto; en este punto forma un precipicio elevado y continuo, a b que mira hácia el mar, y termina de pronto una formacion caliza cuyas capas horizontales se ex-



tienden muy lejos en el interior del país. La altura de este precipicio varia de 150 á 215 metros; entre su base y la mar existe una plataforma inferior c b constituida por una caliza blanca semejante á la anterior. Todas las capas se sumergen en el mar, pero no estan ordinariamente sino muy poco inclinadas; se las ve prolongarse sin interrupcion desde el pié del escarpado todo á lo largo de la plataforma manifestando distintamente que la quebrada elevada no ha podido ser producida por un fallo ó por una rotura vertical de las capas, pero sí por la sumersion de una masa considerable de la roca. Se puede deducir de esto, que el mar que mina hoy día la base de los derrumbaderos sicilianos, llegaba en otro tiempo al pié del precipicio a b, y que en esta época, la superficie del terraplen c b debia estar cubierta por el mediterráneo. Hubo un tiempo de parada, sin embargo, en el movimiento de la ascension, tiempo durante el cual, las olas han podido disponer la plataforma c b, pero hubo ademas otros varios periodos estacionarios de menor duracion. Supongamos que una serie de escarpados e, f, g, h, haya existido en otro tiempo, y que el mar exento durante un largo intervalo de todo movimiento subterráneo, haya avanzado á lo largo de la línea c b, todos los precipicios anteriores habrán debido ser arrastrados uno despues de otro y reducidos á un solo precipicio a b.

Es muy probable que en cierta época, una serie de pequeñas quebradas, tales como las representadas en e, f, g, h, existiesen realmente á alturas intermedias en lugar del único precipicio a b; y parece que lo prueba el que, en ciertas bahías y en los valles interiores cuya abertura mira la costa oriental de la Sicilia, y aun no lejos del punto que representa la figura, la caliza sólida manifiesta una numerosa sucesion de escalones separados unos de otros por pequeños escarpados verticales. Estos escalones sobrepuestos se suceden algunas veces en tan gran número, que dan á las cuavaturas formadas á la extremidad de un valle, una analogía verdaderamente singular con un anfiteatro romano. Se puede observar un buen ejemplo de esta especie de configuracion cerca de la villa de Melilli, (fig. 61. Al Sur de la isla, cerca de Spaccaforno, Scidi y Modica, rocas escarpadas de caliza blanca, de una altura de 150 metros, estan figuradas de la misma manera.

Ya sea que se encuentren escalones de mármol asi dispuestos en figura circular en el fondo de un valle, ó ya que una doble serie de escarpados descienda desde el vértice hasta la base, sobre los dos lados opuestos de una garganta de montañas, estas diferentes disposiciones se explican suponiendo que el mar habria ocupado sucesivamente varios niveles diferentes, tales como aa, bb, cc; en cuanto á las cau-



sas de la contraccion gradual del valle desde la altura hasta la base, se pueden apreciar de diversa

maneras; una contracción ha podido resultar de la mayor fuerza ejercida por las aguas, cuando la tierra saliendo por la primera vez, presentaba en un mar abierto una masa menos considerable y mucho más expuesta á la desnudación, mientras que la destrucción de la roca ha debido disminuir á medida que la acción desnudante se aminoraba en las bahías y canales cerrados por dos ó tres lados. O bien los movimientos separados de elevación han podido suceder más rápidamente á medida que la tierra ha continuado elevándose, de tal manera que la duración de cada uno de los tiempos de detención durante los cuales se ha efectuado el máximo de desnudación, á ciertos niveles ha ido siempre disminuyendo. Es preciso notar que se encuentran rara vez en las laderas opuestas de los valles sicilianos, escarpados terraplenes, cuyas alturas correspondan tan exactamente una á otra como en la figura. Cualquiera que sea de las dos hipótesis la que se adopte, se podía esperar así, porque siguiendo la dirección dominante de los vientos ó de las corrientes, las olas deben batir con una fuerza desigual las diferentes partes de la ribera; ahora bien, ningún choque se hará quizá sentir sobre uno de los lados de una bahía, en tanto que sobre el otro, el mar avanzará tan lejos que concluya por reunir algunos pequeños precipicios en uno solo.

Antes de terminar el asunto de las *quebradas* antiguas abierlas en la caliza, mencionaremos rocas escarpadas que pertenecen al mármol blanco del período oolítico que se ven cerca de la puerta Norte de Saint-Mihiel en Francia. Estas rocas están situadas sobre la ribera derecha del Mosa, á una distancia de 320 kilómetros del mar la más próxima, y presentan sobre el lado escarpado que unia al mar, tres ó cuatro surcos horizontalmente sobrepuestos que imitan muy exactamente á las que produce la corrosión de las olas. Algunas de estas rocas son masas desprendidas de la colina inmediata; los surcos las rodean y miran hácia todos los puntos del horizonte; como si los pedruscos surcados hubiesen formado en otro tiempo islotos de rocas cerca de la ribera.

El capitán Bayfield en su exploración al golfo de San Lorenzo, ha descubierto en algunos puntos, pero en particular en las islas Mingan una contraposición de las rocas interiores de Saint-Mihiel y ha trazado una serie de líneas ó cordones de piedras colocadas una sobre otra que concuerdan en cuanto á su nivel con algunos de los principales surcos abiertos al través de los pilares calizos. Estas líneas están compuestas de piedras calizas con conchas de especies recientes; la más distante de la ribera está á 20 metros sobre el nivel de las más altas mareas. Además de los dibujos llamados *tiestos de flores* que dicho capitán ha publicado, se han trazado otras vistas de rocas de la misma costa debidas al lápiz del teniente Bowen de la marina real.

En los ribazos de la América del Norte se han hallado fragmentos redondeados de caliza perforados por los litódomos; otros semejantes practicados por los mismos moluscos, se han descubierto en las rocas columnarias ó *tiestos de flores*; este hecho demuestra que la superficie ha sufrido poca alteración por los agentes atmosféricos, porque de otro modo las cavidades de que acabamos de hablar habrían desaparecido.

Se ha observado en las islas Bermudas, la manera con que las olas del Atlántico han abierto y abren todavía cavidades profundas muy lisas en torno de masas salientes de caliza dura. En el dibujo que representa la fig. 63, las escavaciones *c, c, c*, han sido producidas por las aguas en una piedra de fecha muy reciente; esta piedra aunque sumamente dura, está llena de corales y de conchas modernas, algunas de las cuales han conservado hasta su color.

Cuando los geólogos estudian con detención las

formas de estos surcos horizontales cuya superficie es algunas veces lisa y casi pulimentada y cuyo borde superior forma frecuentemente una eminencia de dos metros ó más, encuentran el testimonio menos equivoco de la acción ejercida en otro tiempo por las olas sobre innumerables puntos situados á lo lejos en el interior de los continentes. Pero es preciso aprender á distinguir los efectos debidos á la acción original de las aguas, de los que ha producido posteriormente la descomposición química de las rocas calizas bajo la influencia de los agentes atmosféricos.

Terminaremos aconsejando á los principiantes no se sorprendan si encuentran algún indicio evidente de la permanencia anterior del mar sobre tierras cuya sumersión en épocas relativamente recientes, no efrece para nosotros objeto alguno de duda. A pesar de la naturaleza duradera de las huellas, que ha dejado la acción litoral sobre las rocas calizas, no se podrían descubrir por todas partes antiguas playas marinas y precipicios interiores, ni aun en Sicilia ni en Morea. Esta especie de huellas se hallan frecuentemente interrumpidas, y faltan muchas veces en los distritos compuestos de formaciones arcillosas y arenosas aunque estas hayan debido elevarse al mismo tiempo y por los mismos movimientos intermitentes que las rocas calizas inmediatas.

CAPITULO VII.

ALUVION.

ENTRE la cubierta superficial de tierra vegetal y la roca subyacente, existe generalmente un depósito de guijo movable, de arena y de limo á que se le da el nombre de *aluvion*. Este nombre ha sido tomado de *alluvio* (inundación) ó de *alluo* (yo lavo), por la circunstancia de que las piedras y la arena se parecen comunmente á los del lecho de un río, y á los depósitos de limo y de guijo que dejan las inundaciones en las tierras bajas.

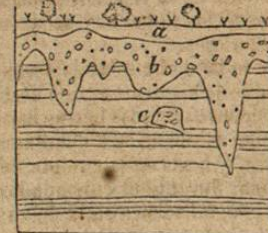
Una cubierta parcial de aluvion así compuesta, se encuentra en todos los climas desde las regiones ecuatoriales hasta las regiones polares; pero en las más altas latitudes de Europa y del Norte de América, este depósito toma un carácter particular; muy frecuentemente no está estratificado, y contiene enormes fragmentos de rocas, unos angulosos, otros redondeados que han sido transportados á grandes distancias del punto de su origen. Cuando el depósito presenta esta forma, se le da el nombre de *diluvion*, de *drift*, de *formación de transporte*; trataremos más particularmente de su relación probable con los productos de los hielos flotantes y de las neveras en los capítulos posteriores.

Según lo que se ha dicho sobre la desnudación, el lector sabe ya que se encuentra guijo desmenuzable y arena, no solamente sobre las tierras bajas que costean los ríos, sino también, y á diferentes alturas, contra las laderas, y hasta en la cumbre de las montañas. Ahora bien, durante el curso de los cambios ocurridos en la geografía física en la época en que el fondo del mar elevándose gradualmente pasaba al estado de tierra firme, cada sitio ha podido ser un arrecife, una bahía, un estuario, una playa marina, y aun el lecho de un río. Además, la distribución de las aguas sobre los continentes, ha podido hallarse modificada repetidas veces por los temblores de tierra; se han formado lagos temporales por los deslizamientos de terreno, y la destrucción de las barreras naturales opuestas á estos lagos, ha causado diluvios parciales. Finalmente, las últimas acciones del agua han tenido por efecto natural turbar y confundir todos los aluviones formados anteriormente. En presencia de tanta variedad de causas y orígenes, sería erróneo

esperar nunca conocer todos los fenómenos aluviales de cada comarca en particular. Sería también muy arriesgado considerar como la obra de una sola época y el efecto de una causa única, lo que fue en realidad resultado de acciones distintas durante una larga sucesión de períodos geológicos. Se puede sin embargo sacar una instrucción útil del examen de una comarca como la Auvernia donde los guijos superficiales de diferentes épocas han sido conservados por corrientes de lava que han salido sucesivamente en épocas en que la desnudación y probablemente la ascensión de las rocas estaban en progreso. Esta acción había adquirido en parte su configuración actual antes de que ningún volcán se hallara en ella en actividad, y que ninguna materia ígnea se hubiera esparcido en sus formaciones graníticas ó fosilíferas, igualmente las piedras formadas en los pedregales más antiguos, son allí exclusivamente de granito y de otras rocas primordiales; cuando los respiraderos volcánicos se abrieron, estos aluviones fueron cubiertos por corrientes de lava que los preservaron de la mezcla con el guijo de las épocas subsiguientes. En la continuación de los tiempos, se formó un nuevo sistema de valles, y los ríos corrieron á niveles inferiores á los de los primeros aluviones y de las antiguas corrientes de lava. Cuando más tarde, otras erupciones dieron origen á nuevas lavas, la materia fundida se esparció en un suelo más bajo, y el guijo de estas llanuras se distinguió del que formaba el aluvion de las tierras altas de que contuvo fragmentos redondeados de diferentes rocas volcánicas, y muchas veces huesos pertenecientes á grupos distintos de animales terrestres que habían vivido en la nueva comarca.

El aluvion se compone casi siempre en su parte superior de materia de transporte, pero muchas veces en su base se convierte en una masa de fragmentos rotos, angulosos, arrancados de las rocas subyacentes, y cuya formación se puede atribuir á la influencia de los agentes atmosféricos, á la desagregación de la roca en el sitio que ocupa, á los efectos del aire y del agua, del sol y del frío, ó bien á la descomposición química.

La superficie interior de los depósitos aluvianos es comunmente muy irregular, porque se amolda á todas las desigualdades de las rocas que les sirven de base. Algunas veces se observan pequeñas masas como en *c* que podrían creerse desprendidas de su posición original é incrustadas por decirlo así, en la formación subyacente. Estas masas aisladas son ordinariamente



a Suelo vegetal. b Aluvion. c Masa del mismo aluvion aparentemente separada.

una especie de agujeros torcidos y llenos de aluvion que se puede suponer han servido de conductos á manantiales ó á torrentes subterráneos que han ensanchado las hendiduras naturales corriendo al través de la masa de la roca; cuando se encuentran en pequeña escala ó en capas poco duras, pueden indicar el sitio ocupado en otro tiempo por las raíces de grandes árboles, y que el guijo así como la arena han ocupado después de la destrucción de dichas raíces.

No es tan fácil como parece á primera vista trazar una línea perfecta de demarcación entre las rocas fi-

jas ó capas regulares del aluvion. Cuando el lecho de un torrente ó de un río queda en seco, llamamos aluvion al guijo, arena y limo que quedan en este lecho, ó cualesquiera sustancias que durante las inundaciones han podido esparcirse sobre las llanuras inmediatas. Cuando las mismas materias transportadas á un lago y sometidas en el seno del agua á una especie de escogimiento ó apartado, se disponen en lechos más distintos, toman el nombre de capas irregulares, especialmente si contienen restos de plantas, de conchas y de otros fósiles.

Algunas veces la arena, el guijo y los restos de conchas extendidos en la dirección de una corriente marina rápida, pueden compararse á un depósito formado al mismo tiempo por la precipitación anual de materias semejantes sobre cualquier punto del mar más profundo y más tranquilo. En este caso, cuando se descubren en las capas conchas marinas ó otros restos orgánicos que permiten determinar su edad y su origen, se les considera como formando parte de una serie regular de formaciones fosilíferas, mientras que si los fósiles faltan, no se tiene frecuentemente ningún medio de separar estas capas de la masa general de aluvion superficial.

La rareza habitual de los restos orgánicos en los lechos de guijo desmenuzable, debe ser atribuida ya al frote que ha reducido las rocas á cantos y á arena, y los restos orgánicos á fragmentos pequeños, ya á la naturaleza porosa del aluvion en el momento de su inmersión; el agua de lluvia, penetrando libremente la masa, ha provocado la descomposición y la disolución de los restos orgánicos.

Todo el mundo sabe que un gran número de ríos abren hoy día su lecho al través de los depósitos de aluvion más profundos y más extensos que ninguno de los que pueden formar las corrientes de agua actuales. Algunas veces se ha deducido ligeramente de esto, que los ríos en los tiempos modernos se habían quedado menos caudalosos y menos sujetos á los desbordamientos de lo que eran en los tiempos antiguos. Pero sería mucho más natural ver aquí simplemente el resultado de las oscilaciones ocurridas en el nivel de la tierra desde el origen de los actuales valles.

Supongamos que una porción de continente comprendiendo en su extensión una ancha cuenca hidrográfica tal como la del Missisipi, llega á bajar algunos centímetros ó decímetros en el curso de un siglo como ha sucedido durante tres ó cuatrocientos años entre las latitudes 60° y 69° al Norte, en la costa occidental de Groenlandia que se extiende de Norte á Sur cerca de 900 kilómetros; la cantidad de descenso no será siempre la misma, y en muchos casos, el interior de las tierras sufrirá una depresión superior á la de la región que costea el mar. Siempre que así suceda, la pendiente de las aguas que desciendan de las tierras superiores disminuirá, los arroyos tributarios perderán su fuerza de llevar la arena y los sedimentos al río principal, y este á su vez tendrá también menos fuerza para arrastrar las mismas materias al mar. Todos los ríos desde entonces empezarán á llenar en parte su antiguo lecho, y en sus inundaciones que serán más frecuentes, elevarán por medio de nuevos depósitos, las llanuras aluviales de sus orillas. Si entonces la misma superficie de tierra viene á elevarse á su primer nivel, la pendiente, y por consecuencia la velocidad de todos los ríos, empezarán á aumentar las aguas, estarán menos expuestas á inundar las llanuras vecinas, continuarán acarreado las materias terrosas hácia el mar, y limpiarán y profundizarán sus lechos hasta que después de algunos miles de años cada uno de ellos se haya abierto un nuevo canal ó valle al través de una formación fluvial de fecha comparativamente moderna. Las llanuras de ríos que existían durante el período de mayor depresión, formarán entonces en las dos laderas del valle una es-