

# TERRAZAS PLEISTOCENICAS CUBANAS

POR EL  
ING. JOSE ISAAC DEL CORRAL,  
M. S. C. I.

LA HABANA

Imp. Compañía Editora de Libros y Folletos  
O'Reilly Número 304

1944

## INDICE DE MATERIAS

	Pág.
Preámbulo .....	3
Terrazas lacustres .....	7
Terrazas lacustres escandinavas .....	8
Terrazas marinas .....	10
Causas de la emersión de las terrazas .....	12
Aluviones Pleistocenos .....	13
El equilibrio isostático y las terrazas pleistocénicas.....	14
La época pleistocénica en Cuba.....	17
Terrazas cubanas del Pleistoceno .....	19
<b>Terrazas</b> de la provincia de Oriente.....	23
Topografía de la Sierra Maestra de Cuba.....	33
Estructura geológica y formación de la Sierra Maestra....	36
La Sierra Maestra al principio del Terciario.....	39
La Sierra Maestra durante el Mioceno.....	41
El Peniplano Plioceno .....	42
Fallas del Cuaternario en la región de la Sierra Maestra. o costa Sur de la provincia de Oriente.....	47
Fallas de la Península de Cabo Cruz.....	47
Fallas cuaternarias del Distrito de Santiago.....	50
Cordilleras de Turquino y Gran Piedra.....	50
Formación de los Cerros Litorales y de los Valles longitu- dinales.....	52
Formación de la Sierra de Boniato.....	57
Formación de la Loma de Santa María de Loreta.....	58
La cumbre de Puerto Pelado.....	59
Litoral entre Guantánamo y Punta Maisí.....	59
Persistencia de las fallas.....	60
Naturaleza de las fallas.. ..	63
Sumario y conclusiones de Taber.....	66
Lineamientos generales de nuestra Teoría.....	68
Primer Grupo: Gramíneas.....	69
Segundo Grupo: Palmas.....	69
Tercer Grupo: El Najesí.....	70
Las Terrazas de Maisí.....	70
Las Terrazas de Guantánamo según Meinzer.....	75
Origen probable de las terrazas cubanas.....	81

## PREAMBULO

Cuando en Mayo de 1940 tuvimos el honor de presentar ante el "VIII Congreso Científico Americano", que tuvo lugar en Washington, un modesto trabajo titulado "*Diastrofismo Cubano*", hubimos de referirnos incidentalmente a las terrazas marinas que orlan las costas cubanas y que constituyen un rasgo característico de nuestro paisaje geográfico: afirmando, en aquella breve exposición de la geología cubana, que al romperse el bloque *sialino* Cuba-La Española (Haití-Santo Domingo) y dividirse en dos pedazos por las fallas que abrieron el Paso de los Vientos ocurrida al final del Plioceno, se produjo inevitablemente la lenta elevación sobre el *sima* de cada uno de dichos dos pedazos, que tenían entonces menor peso que antes cuando estaban unidos, por lo cual debían flotar mejor aisladamente. Esta consecuencia estaba fundada en nuestra Teoría de como se desprendieron las Antillas Mayores y Menores del borde Norte de Sur América, llegando por *translación* y fraccionamientos sucesivos a los lugares que hoy respectivamente ocupan sobre el globo; pero no tuvimos entonces ocasión de desarrollar con más detalle dicha idea, que explica satisfactoriamente la formación de las bellas terrazas marinas de Cuba, que se despliegan con una brillantez inusitada en la costa Sur, Este y Nordeste de la provincia de Oriente, y que siempre llamaron notablemente la atención de cuantos geólogos eminentes nos han visitado y de todas las personas virtuosas de la Geografía. Nos quedó entonces latente el propósito de dar una forma matemática a nuestra opinión, para demostrar como efectivamente pequeñas variaciones en la densidad relativa del *sial* con relación al *sima* pueden ocasionar *levantamientos* de costas que alcanzan los niveles observados en el litoral de Cuba y en las dos Penínsulas Occidentales de Haití que bordean el Golfo de Gonaives y que llegan hasta alturas de 1460 pies sobre el actual nivel del mar.

Hoy vamos a dar forma concreta a nuestro pensamiento acerca del origen probable de nuestras terrazas marinas, exponiendo una demostración, que en parte alguna hemos visto, de la posibilidad matemática de que durante el Pleistoceno se levantaran las costas de Cuba hasta las alturas en que hoy contemplamos dichas sorprendentes terrazas, que sólo en pocas regiones del globo se presentan con tanto esplendor.

La génesis de nuestra explicación se encuentra en la llamada "Teoría de la Isostasia", según la cual la corteza superficial, formada de rocas ligeras, flota sobre un *substratum* magmático algo más denso, estableciéndose por la Geofísica el principio isostático o equilibrio isostático de la corteza terrestre: la tierra firme, al comienzo en una masa única, se ha resquebrajado más tarde, y al presente los fragmentos desgajados bogan a la deriva en sentidos diversos: como bien dice el ilustre geofísico español D. Vicente Inglada Ors, nos creíamos seres estantes de un continente firme y varado, y no somos sino viajeros de un iceberg flotante que boga y cabecea. Estos *cabeceos* explican, a nuestro modo de ver las cosas, de acuerdo con la teoría isostática en la que se apoyó Wegener para desarrollar todo un sistema de nuevas ideas geológicas, que echaron al olvido los pretendidos continentes-puentes de Suess y los presuntos geosinclinales de Haug, la formación de las bellas terrazas pleistocénicas cubanas, que han sido objeto de admiración y estudio por parte de eminentes geógrafos, geólogos y botánicos tales como Alejandro Agassix, Manuel Fernández de Castro, Wayland Vaughan, Palmer, Meinzer, Taber y el Hermano León. Por una simple ecuación de primer grado con dos incógnitas, estableciendo la igualdad de presiones que en la unidad superficial de la base debe existir entre el peso del sima, del océano y del aire en relación con el peso del sial que flota en el sima, deducimos por una discusión analítica sencilla, que cualquier pequeña variación que ocurra tanto en la densidad promedio del sial como del sima, ocasionada por efecto irremediable de las roturas producidas en un gran bloque sialino, se traduce en una *transgresión* o en una *regrésión* marina; es decir, en un hundimiento de la tierra con relación al mar, o, por el contrario, en un *levantamiento* de la costa por arriba del nivel marino: siendo esto último lo ocurrido en casi todo el litoral cubano durante los tiempos pleistocénicos, mostrándose concordantes los resultados de dicho sencillo cálculo con las cifras experimentales que se han obte-

nido midiendo la altura de las terrazas marinas de Cuba y Haití sobre el actual nivel del mar colindante.

Para ilustrar el anterior resultado, comenzamos por hacer una ligera exposición de las distintas clases de terrazas existentes: *lacustres, marinas y aluviales*. Reseñamos brevemente las diversas hipótesis que se han emitido por los geólogos para conocer las causas que originaron las elevadas terrazas marinas de Noruega, primer lugar del globo donde llamó poderosamente la atención este característico rasgo de la fisiografía terrestre: terminando por aceptar, como más plausible, la explicación sencillísima suministrada por el *equilibrio isostático* que debe existir en cualquier lugar del globo terráqueo, cuya teoría no sólo diafaniza la causa que provocó la emersión de las terrazas noruegas, sino que también explica satisfactoriamente la formación de los *freos* de Escandinavia, Groenlandia y Labrador, cuyos paisajes geográficos han sido siempre la admiración de todo el mundo por su belleza insuperable y por lo misterioso de su origen.

Creemos ser los primeros en aplicar dicha misma teoría isostática para los países tropicales, en los que no existieron casquetes de hielo que cubrieran durante el Pleistoceno a sus tierras: encontrando la explicación de las bellas terrazas cubanas, formadas en igual época geológica, por los *cambios* en la *densidad* del *sial*, al ocurrir su ruptura por fuerzas tectónicas que ocasionaron el aislamiento de Cuba, convertida entonces en una isla, y separada de definitivamente de Haití-Santo Domingo.

Como las terrazas marinas cubanas no son más que una breve orla de nuestro territorio, hemos creído conveniente, para la mejor comprensión de las causas que contribuyeron a su formación, hacer una rápida descripción de la topografía de la Sierra Maestra de Oriente, la formación máxima de nuestros fenómenos geológicos, y la porción más rica en minerales, montes, aguas y paisajes de nuestra patria: sirviéndonos este preámbulo geográfico para adentrarnos después en el estudio geológico de dicha Sierra Maestra, fijando la época de su formación, su estructura de bloques fallados acaecidos durante el Cuaternario, y los sucesos tectónicos de mayor relieve que tuvieron lugar en el Distrito de Santiago de Cuba y que dieron como desenlace la formación de las Cordilleras de Turquino y La Gran Piedra, la Sierra de Boniato, la Cordillera de Puerto Pelado y los Cerros del Litoral que sirven de asiento a las terrazas marinas, objeto principal de este trabajo. Para guiar-

nos acertadamente en dicha exposición de hechos, hemos seguido y traducido libremente, creyendo con esto prestar un modesto servicio al conocimiento de la región más interesante de Cuba, el magnífico estudio titulado "*Sierra Maestra of Cuba, part of the northern rim of the Bartlett Trough*", que publicó el Dr. Stephen Taber en el Volumen 45, número 4 (Agosto 31 de 1934), del "*Bulletin of the Geological Society of America*".

En la descripción de las principales terrazas cubanas, hemos recopilado todo cuanto de ellas han dicho Robert Hill, Wayland Vaughan, Robert Palmer, Stephan Taber, O. Meinzer y el Hermano León: tomando de tal exposición los argumentos que corroboran nuestra Teoría de la antigua formación de Cuba en la costa norte de las tierras venezolanas y colombianas, haciendo resaltar nuestra aprobación o disconformidad con algunas afirmaciones de Taber, y subrayando, en cambio, pruebas botánicas aportadas por el Hermano León que corroboran nuestra tesis.

Alentamos la esperanza de que esta modesta contribución servirá a muchos para mejor conocer nuestra propia tierra, por no tener a su alcance los libros que nos han servido para estructurar la adjunta relación: al propio tiempo que permitirá a otros para elevar su espíritu sobre los actuales horrores que la humanidad enfrenta, ya que acudiendo a esas elevadas terrazas del litoral cubano, llamadas propiamente *balcones* por el campesinado de la región occidental que mora en la península de Guanahacabibes, sus ojos serán deleitados en la contemplación de los azules mares que lamen nuestras playas, y sus almas rendirán pleitesía al Altísimo por permitirles gozar de una suave brisa que en pocos lugares del globo tiene el encanto y frescura como la que diariamente mitiga los ardores de nuestro clima; y sólo comparable con la dulzura y el misterio que irradian los ojos de las bellas mujeres cubanas, que nos permiten subsistir sobre un ambiente tan duro para los empeños culturales.

## TERRAZAS PLEISTOCENICAS CUBANAS

*Terrazas lacustres.*—La Geología en su parte dedicada al estudio de la Geodinámica externa considera el trabajo realizado en las embocaduras, deltas y aluviones lacustres, cuando un río desemboca en un lago, o termina allí su carrera, cual es el caso de los mares interiores, en donde la evaporación compensa el aporte de los cursos de aguas, o bien el lago mismo está provisto de un *emisario* por el cual escurre su exceso de agua, dando origen a un nuevo río.

Entre estos trabajos se encuentran las *terrazas lacustres* formadas por el depósito de aluviones realizado por las aguas marginales que llegan al lago, y que un descenso posterior del nivel de éste, ponen luego al descubierto. Tal ocurre en el lago de Ginebra (Suiza) donde dichos cambios de nivel se encuentran atestiguados por antiguas *terrazas* escalonadas en sus márgenes, que demuestran un descenso de *dos* metros en el nivel del agua sólo a partir de la época romana: como dicho descenso no se ha realizado de un modo continuo, sino por sacudidas, a medida que el río Ródano, *emisario* de dicho lago, de régimen torrencial a causa de la pendiente del colador ha ido socavando su lecho, de aquí la formación de las *terrazas* puestas hoy al descubierto por el descenso de las aguas del lago.

●tras *terrazas lacustres* son originadas por efecto de movimientos ocasionados por la *Geodinámica interna* que *dislocan* la corteza terrestre y que pertenecen al orden de fenómenos mecánicos: tales como los **temblores** de tierra y las oscilaciones de las líneas de riberas marítimas. A esta clase de *terrazas* pertenecen las que existen en la región de San Lorenzo (Canadá) y de los **Grandes Lagos**, entre los Estados Unidos y Canadá: sobre el borde de estos lagos se observan, a diversas alturas, *terrazas* distintas que parece se formaron al nivel del mar. Así recorriendo la ribera del lago Michigan se ven sucesivamente varias de estas *terrazas salir*

*del lago* elevándose hacia el Nordeste, mientras que en su parte meridional, se hundén más y más bajo el agua: indicando ello que una antigua submersión, seguida de un levantamiento en *chamela* ocurrió no lejos de la cabeza de dicho lago. Según Spencer, los grandes lagos deben precisamente su existencia a este levantamiento, porque ellos fueron originariamente valles profundos, en donde el agua se acumuló a causa de un obstáculo que se elevaba poco a poco hacia el Nordeste: levantamiento que parece continuar en nuestros días, y con amplitud no del todo despreciable.

*Terrazas lacustres escandinavas.*—Pero donde las *terrazas* han desplegado su mayor brillantez, ha sido en la Península Escandinava, como una de las vicisitudes del fenómeno glacial ocurrido en la época Pleistocena de la Era Cuaternaria.

Prescindiendo ahora de las terrazas constituídas por gravas litorales con conchas marinas, vamos a considerar las terrazas escalonadas a diversas alturas en los flancos de los valles de Noruega donde no existe huella alguna de la acción del mar.

Dichas terrazas continentales están formadas por capas horizontales de gravas y arenas, con guijarros diseminados, generalmente *estriados*, y de un poco de arcilla azul, sobre todo en el fondo. En Escandinavia existen los llamados *freos* (fjord) que son profundas *escotaduras* del litoral por las cuales el mar penetra profundamente en el interior del continente, en golfos estrechos, diversamente ramificados (Fig. 1): el número de escotaduras de este género es tan elevado en la costa escandinava que el desarrollo total de sus riberas asciende a 13,000 kilómetros, cuando sólo sería de 1,900 si tales dentaduras no existiesen. Pues bien, cuando se remonta un *freo* a partir del mar, se encuentran sobre sus flancos diversas *terrazas* cada vez más elevadas, formando una serie de escalones sucesivos, cuya regularidad geométrica causa asombro al observador: las más elevadas de dichas terrazas se encuentran en el *interior* de los freos, y no se prolongan hacia la costa. No solamente de un *freo* a otro, ni aún en las diversas partes de un mismo valle, las *alturas* de las terrazas no se corresponden entre sí: clasificándolas por orden de alturas, se observa que entre el nivel del mar y 200 metros arriba, no hay un solo escalón de 3 metros de contra-huella, que no se encuentre representado, a lo menos, por una terraza. Las terrazas son numerosas hasta 300 metros, y algunas alcanzan hasta los 1,000 metros de altura sobre el mar.



*Freo "Le Sogne" en Noruega á los 61° de  
Latitud Norte.*

*-Fig.-1-*

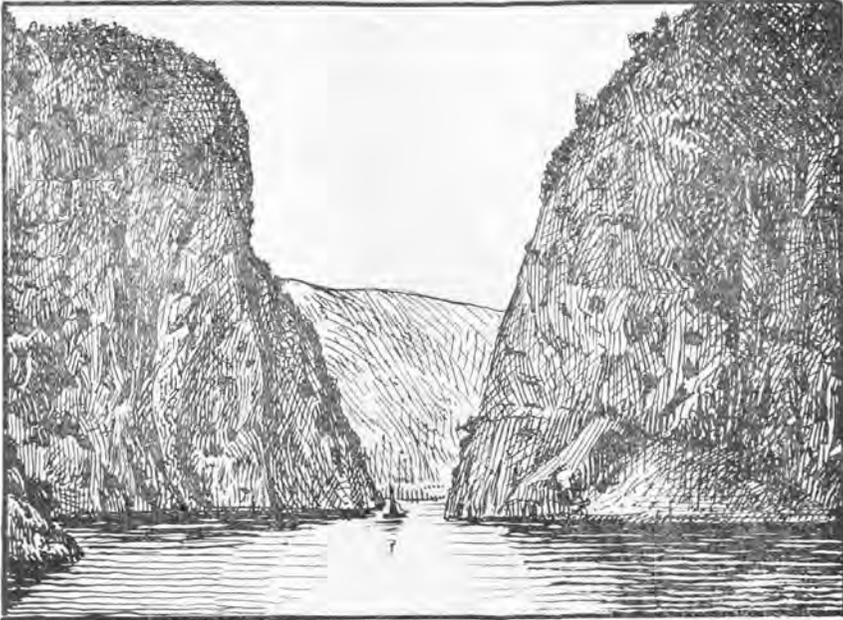
La circunstancia de que las terrazas escandinavas pueden ocupar todas las alturas posibles y que no se correspondan entre sí, descarta la idea de considerarlas como bordes de antiguas riberas: pues tal hipótesis haría necesario suponer que la continuidad ha sido rota en mil lugares diferentes, por movimientos que habrían hecho descender paquetes del terreno a lo largo de fracturas, sin *jamás* desarreglar la horizontalidad de las terrazas; cuyo supuesto parece inadmisibile.

Fué M. Suess quien, inspirándose en lo que ocurre hoy en Groenlandia, atribuyó la formación de las *terrazas* escandinavas a la acción de los antiguos heleros que existieron en la época Pleistocénica de la Era Cuaternaria. Así supone Suess que en la época donde los grandes heleros de Noruega comenzaron a retirarse, ellos pudieron despejar la parte superior de los antiguos valles, dirigidos transversalmente al sentido del movimiento general del hielo, bajo la masa del cual dichos valles estaban hundidos. Cada parte descubierta se ha convertido en lago, cerrado abajo por el helero, mientras que por arriba, por uno de los cuellos del alto valle escurrían las aguas sobrantes: a medida que el hielo descendía, cuellos cada vez más deprimidos eran puestos al descubierto, ofreciendo nuevas salidas del lago, sucesivamente de nivel más bajo: de este modo, una serie de *terrazas* han podido formarse, y se comprende perfectamente porque las más altas no deben encontrarse más que en las cabezas de los *freos*, sólo libre de hielos en el momento en que las terrazas se formaron.

*Terrazas marinas.*—Durante la época pleistocena el nivel del mar, en todo el globo terráqueo, ha sufrido vicisitudes, que se atestiguan por la presencia, a notables alturas, de playas marinas emergidas, que los ingleses llaman *raised beaches*, o *playas levantadas*.

En el hemisferio Norte, tanto en Europa como en América, este fenómeno reviste una verdadera regularidad y tiene una dependencia estrecha con los antiguos heleros. Así en los flancos de los valles noruegos se escalonan a diversas alturas terrazas de gravas con conchas marinas que pertenecen a la fauna actual de los mares del Norte: además, se observan en las rocas, sobre las *paredes* de los *freos*, porciones de acantilados todavía muy frescos, con incisiones rectilíneas, que forman verdaderas *canaleras horizontales* o líneas de riberas (*strandlinien*) acusando el estanque de las aguas marinas a este nivel. A lo que parece, se tienen allí pruebas de una *emersión* realizada por *sacudidas*, y de la cual

cada etapa, provocando una detención momentánea de las aguas dulces, habrá dado origen a *terrazas* de aluviones, colocadas a diversos niveles. (Fig. 1A).



*Fig. 1 A – Valle glacial de Noruega, hoy embocadura de un freo (Suledalsporten).*

Las terrazas marinas se muestran en Noruega hasta alturas de 150 metros sobre el nivel del mar del Norte: en Escocia las conchas árticas forman playas a los 161 metros; en el País de Gales, en Moel Tryfaen, se encuentran depósitos conchíferos entre 357 y 411 metros, si bien todo parece indicar que han sido empujados hasta allí por un helero, descarnando el suelo sobre el cual avanzaba.

Dos series bien distintas de terrazas marinas se observan en Noruega, alrededor del *freo* de Cristianía: la primera serie alcanza hasta los 163 metros de altura, con una fauna ártica bien caracterizada, propia de los mares boreales, posterior a la época glacial y que sólo ha podido desarrollarse en los *freos* libres de hielo, ya que la experiencia de Groenlandia indica que tales especies huyen del pie de los heleros, a causa del agua dulce que se engendra por su fusión. La segunda serie de depósitos con-

tienen conchas marinas de la fauna mediterránea, desconocidas hoy en los mares próximos.

En resumen, desde la retirada de los grandes heleros, el mar ha descendido a lo largo de las costas de Escandinavia: el máximo de emersión se ha realizado hacia el medio de la Península, alrededor del *freo* de Cristianía, es decir, en las proximidades del principal centro de dispersión de los heleros. La amplitud de dicha emersión disminuye hacia el sur y casi llega a ser nula sobre las costas de la Alemania del Norte.

*Causas de la emersión de las terrazas.*—Diferentes hipótesis se han lanzado para explicar los motivos por los cuales se han levantado esas *terrazas* sobre el nivel del mar, que demuestran el movimiento relativo de la tierra con respecto al océano: subiendo la primera o descendiendo el mar.

La emersión progresiva de las regiones circumpolares parece un hecho geológico indiscutible: la amplitud de dicha emersión crece a medida que la latitud aumenta. El área afectada por la emersión es exactamente la que en el período pleistoceno fué cubierta por los grandes heleros, y el levantamiento de los depósitos conchíferos se manifiesta en todas partes en relación con la intensidad de los antiguos fenómenos glaciales.

A primera vista parece que la hipótesis de un cambio efectivo de la superficie de los mares debe ser descartada por el hecho de que las diversas terrazas marinas observadas no se encuentran en todos los lugares a la misma distancia vertical. Así, el lago Agassiz que en la época glacial cubría una parte de la América del Norte, ha puesto en evidencia, según los estudios de Warren Upham, tres fases de estancamiento del nivel lacustre, acusadas por líneas de *terrazas* que se han podido seguir sobre 230 a 240 kilómetros: tales terrazas no son horizontales, y la diferencia de nivel entre la primera y la tercera, que es de 24 metros en el origen del recorrido, se eleva a 50 metros en la extremidad septentrional: esta desigualdad no puede explicarse más que por una deformación del terreno que estaría más levantado al norte que al sur.

Algunos alegan que el *geoides* marino es susceptible de deformaciones locales, y que precisamente la acumulación de los hielos, aumentando la masa de ciertos distritos continentales, aumenta por eso mismo su facultad de atracción, y de ahí las deformaciones ocurridas en los mares próximos. Así pensaba Penck, suponiendo que los hielos boreales debían, por atracción, levantar sensiblemente

te el nivel del mar en el norte; y que la desaparición sucesiva de dichos hielos tendría por consecuencia el retroceso por etapas de este nivel. Contra el anterior supuesto se ha observado que las más altas terrazas no han empezado a formarse sino cuando los hielos estaban ya en vías de retroceso; y además, analizando matemáticamente el problema de la atracción del mar por los hielos, Drygalski ha hecho ver que para justificar las elevaciones de las terrazas sería necesario suponer que en las montañas de Escandinavia existía un espesor de hielo considerablemente mayor que aquel que ellas realmente soportaron: de igual modo en América del Norte, el hielo debió tener, según dichos cálculos, un espesor de *nueve mil* metros, para que hubiera podido producir la deformación atestiguada por las playas emergidas de la cuenca del San Lorenzo.

*Aluviones pleistocenos.*—En los países de llanuras y de valles, situados a una distancia suficiente de los antiguos centros de dispersión glacial, los depósitos pleistocenos se componen de gravas, arenas, *limos calizos*, (denominados *loess*), y de limos propiamente dichos (*lehm*, tierra de ladrillos): en general, estos depósitos ofrecen la disposición representada por la figura 1B. es decir, que ellos se escalonan a diversas alturas, desde el fondo de los valles hasta las líneas divisorias de las aguas, en forma de *terrazas* sucesivas, cada una de las cuales está constituida por una capa de aluviones de arenas y gravas, recubierta por una lámina más o menos espesa de limos. (Fig. 1B).

Estas terrazas no constituyen parte del actual estudio pues son de naturaleza diferente y de origen distinto a las terrazas pleistocénicas cubanas de que vamos a ocuparnos en breve: lo

Valle

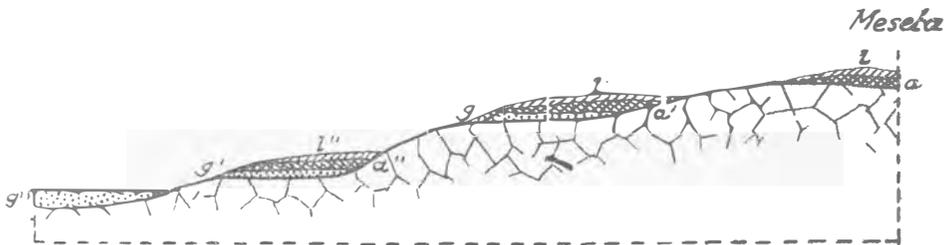


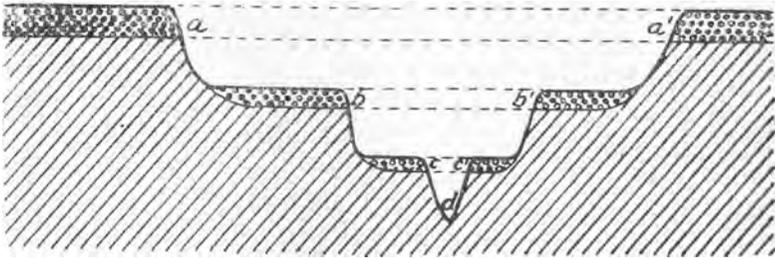
Fig. 1B—Corte normal de los valles del Norte de Francia: *g, g', g''* gravas de fondo de los diversos niveles: *a, a', a''* aluviones de rios de los niveles correspondientes: *l, l', l''* limos rojos con cantos de *silex*.

único que de común tienen es que ambas clases fueron formadas en la época del Pleistoceno, que fué el período geológico gran forjador de *terrazas* de distintas clases en todos los lugares del globo.

Como cada gran helero daba origen a un curso de agua, las corrientes han debido sufrir variaciones de régimen concordantes con las del fenómeno glacial. Es lógico pensar, así como lo hizo Penck, que durante los períodos de extensión de los hielos, los materiales de la morrena frontal debían tender a rellenar el lecho de la corriente, de modo que, a cada fase de avance del helero ha debido corresponder, para los cursos de agua, una fase de depósitos de grandes aluviones y de relleno de su lecho: al contrario, cada período de retroceso de los hielos, dejando predominar la acción del agua corriente, deberá estar señalada por un descombramiento del valle, es decir, por el arrastre de los materiales que antes se habían acumulado en él. Así en la Europa central y occidental se distinguen por lo menos dos *terrazas* de aluviones; como, por ejemplo, en la confluencia del Mein con el Rhin, donde las arenas de Mosbach forman una terraza a los 65 metros de altura, con una potencia de 35 metros, y mucho más abajo de ella aparece otra terraza cubierta hoy de bosques.

El fenómeno de las terrazas aluviales no puede ser considerado exclusivamente como una consecuencia del régimen glacial: se manifiesta también en valles donde los heleros no existieron jamás, como ocurre en el valle del Somme (Francia), donde la terraza de Saint-Acheul se distingue perfectamente bien de la que existe en Menchecourt. Sabemos además que un río, cualquiera que sea su potencia, no horada su lecho y no desplaza las gruesas gravas del fondo del mismo más que cuando su pendiente se hace rápida: es lógico admitir, por tanto, que los movimientos sucesivos de emersión de los continentes se producen por sacudidas que resultan marcadas por las fases de actividad de los grandes ríos. Parece así que puede extenderse a los macizos montañosos lo que se ha dicho de las regiones boreales, suponiendo que cada extensión glacial haya determinado una contracción general del macizo, produciendo un cierto descenso del origen de los cursos de agua, y, por tanto, una disminución de su energía potencial: por el contrario, el retroceso de los hielos provoca una elevación de los manantiales y un recrudecimiento de la erosión. (Fig. 1c).

*El equilibrio isostático y las terrazas pleistocénicas.*—En Geofísica se ha establecido el llamado *principio isostático* o equilibrio isostático de la corteza terrestre, según el cual la corteza superfi-



*Fig. 1 C. — Corte esquemático de tres terrazas encajonadas: a, a' es la terraza alta, la más antigua; b, b' la terraza media; c, c' la terraza baja más reciente; d lecho actual del río.*

cial, formada de rocas ligeras, flota sobre un *substratum* magmático algo más denso: al igual que una armadía se va hundiendo en el agua a medida que se le va poniendo carga, así el caparazón de nuestro globo, en virtud del principio de Arquímedes, penetra más en el magma de aquellos lugares donde la carga es mayor, por ejemplo, donde hay un casquete glacial. Resulta así evidente, que a consecuencia del deshielo, según el casquete glacial se va derretiendo, convirtiéndose en agua que corre hacia el mar, el peso del casquete disminuye y el macizo que lo sostenía tenderá a elevarse otra vez dentro del magma que le sirve de apoyo, recuperando la altura que primitivamente tenía antes de ser invadido por los hielos.

Las líneas de costas muestran las diversas fases de estos movimientos verticales: así de Geer pudo trazar para la península de Escandinavia un mapa de las *isobasas* basándose en las posiciones sucesivas de las costas desde la última glaciación, demostrando dichas curvas que esta península estaba, en su parte central, unos 250 metros más bajo que hoy, si bien hacia el exterior del macizo la cota va disminuyendo progresivamente, y para la gran glaciación hay que admitir cifras aún mayores.

Un fenómeno de orden parecido fué puesto de manifiesto por el mismo de Geer en el escudo canadiense.

Fundándose en la isostasia, Rudzki (1911) pudo calcular el espesor de estos *inlandais*, deduciendo que el casquete escandinavo debió alcanzar 930 metros de espesor de hielos, mientras que el norteamericano llegó a 1,670 metros, dado que el hundimiento del macizo fué de 500 metros.

Como el magma subyacente al macizo terrestre cargado de hielos no fluye con la facilidad del agua, sino que es en extremo viscoso, hay grandes fluctuaciones en los movimientos isostáticos de compensación, por lo que las líneas de costas han empezado a formarse, la mayor parte de las veces, *después del deshielo*, pero antes de levantarse el territorio. Según medidas cuidadosas, actualmente la Escandinavia se eleva a razón de *un metro por siglo*. Hundimientos semejantes a los producidos por la acumulación de hielos, pueden también originarse por la reunión de sedimentos en un determinado lugar. según fué Osmond Fisher el primero en reconocerlo.

La teoría de la isostasia admite que todo depósito superficial provoca, con grandes fluctuaciones, un hundimiento en el bloque que lo ha recibido; pudiendo quedar la nueva superficie a la misma altura que antes cuando los sedimentos adquieren un espesor de varios kilómetros.

En el borde de los bloques continentales, que soportan un *inlandais*, a causa de su plasticidad se manifiestan fuerzas particulares: efectivamente, cuando una masa plástica se carga de peso al extenderse horizontalmente se agrieta por los bordes, al mismo tiempo que disminuye de espesor. Resulta así explicada también la formación de los *freos* que con sorprendente uniformidad se observan en las costas invadidas por los hielos en otras épocas, tal como ocurre en Escandinavia, Groenlandia, Labrador, costas americanas del Pacífico al Norte de los 48° de latitud y al Sur de 42°, isla sur de Nueva Zelanda, etc. Según observaciones personales de A. Wegener, autor de la teoría de las translaciones continentales, realizadas en Groenlandia y Noruega, la opinión corriente de que los *freos* son valles de erosión, resulta infundada, debiendo atribuirse, de acuerdo con el criterio de Gregory, a rupturas ocasionadas en los bordes continentales a consecuencia del peso del *inlandais*.

Resulta de todo lo anterior que la isostasia explica perfectamente y con elegante claridad la formación de las terrazas pleistocénicas elevadas, que existen en países cubiertos antes por hielos, así como también la existencia de los *freos* observados en los propios países de las zonas ártica y antártica. Pero hasta ahora no se ha aplicado dicha teoría isostática a países de la zona tropical, para la explicación de sus terrazas elevadas, donde no cabe suponer que estuvieron antes cubiertos de nieve y hielos en la época pleistocénica: creemos ser los primeros en considerar este caso y