

## MOVIMIENTOS PROPIOS DE LOS MARES O MOVIMIENTOS PROPIOS DE LOS CONTINENTES \*

Dr. EDOUARD ROCH \*\*

En un esfuerzo por descubrir las causas de las transgresiones y las regresiones, los geólogos tienen que escoger entre los *movimientos eustáticos*, es decir, los que son propios de los mares, y los *movimientos epirogénicos*, especiales de los continentes.

Los movimientos eustáticos se engendran de diversas maneras. Se puede suponer, primero, la acumulación, en la parte central de un océano, de depósitos, como por ejemplo volcánicos, según se ve hoy en Hawai en el Pacífico: es claro que la capacidad del océano ha tenido que disminuir en la misma proporción y que, necesariamente, la masa de agua ganará los continentes. A la inversa, si una fosa se cava en pleno océano, se producirá una regresión.

En los dos casos que acaban de citarse, el comportamiento de la corteza terrestre ha sido afectado, de manera que los movimientos eustáticos aparecen como una consecuencia de una modificación de su forma.

También se ha pensado que las transgresiones eustáticas habrían resultado de una aceleración momentánea de la rotación de la Tierra, afectando entonces las regiones ecuatoriales, tropicales e incluso templadas, pero habrían sido compensadas por una regresión en las regiones polares y circunpolares.

Se pone a menudo como ejemplo de transgresión eustática, la del Cenozoico. De hecho, comparando, el mapa paleogeográfico de Europa, de África y de América del Norte, de este período, con el del Cretácico inferior, para los mismos territorios, es sorprendente la sumersión de vastas porciones del Globo.

Existe una modalidad del Eustatismo, llamada Glacio-Eustatismo, que

---

\* Conferencia sostenida en la Sociedad Geológica Mexicana.

\*\* Profesor de Geología en la Sorbona. París.

fue propuesta primero para explicar la historia del cuaternario. En el curso de las glaciaciones que se produjeron entonces, volúmenes considerables de agua fueron sustraídos a los océanos y acumulados en forma de hielo en la superficie de los continentes. Es cierto que de esta manera el nivel general de los mares bajó; en desagravio, se elevó en el curso de los períodos de deshielos; llamados períodos interglaciares. Se dan como prueba de este fenómeno, en primer lugar, las playas escalonadas en diversas altitudes a lo largo de ciertas costas; también está el caso, frecuentemente citado, de las islas coralíferas del Pacífico y el de las islas Pelsart, a lo ancho de la superficie oeste de Australia. En el caso de éstas se ha demostrado que, durante los momentos de descenso del mar, las acciones erosivas subaéreas han llevado a la excavación de canales y grutas; después los corales se han desarrollado en los mismos lugares en que se han producido estas acciones, proporcionando así la prueba de la subida de las aguas.

Las variaciones del nivel de los mares durante el Cuaternario obedieron, pues, a oscilaciones climáticas, pero últimamente H. y G. Termier han sostenido la teoría del Glacio-Eustatismo para interpretar importantes capítulos de la historia de la Tierra. Es así como distinguen primero las *transgresiones tetisianas*, que pudieron haberse producido durante los períodos de calentamiento del Planeta; entonces las aguas calientes pudieron haber ganado las regiones polares, más tarde, después del establecimiento de un cierto equilibrio térmico, el sentido de las corrientes se invirtió produciendo las *transgresiones árticas*, durante las cuales las aguas templadas habrían descendido hacia el Sur; comenzando así las regresiones en las regiones circunpolares en donde las tierras emergidas se extenderían progresivamente cubriéndose de una capa de hielo cada vez más importante.

Sería muy largo analizar detalladamente el carácter eustático de estos diferentes tipos de transgresión; por ello me limitaré solamente a considerar el caso de la transgresión cenomaniana y el de las oscilaciones del período cuaternario.

Creo, sin embargo, que tanto aquí como allá el principio mismo del eustatismo puede ser objetable.

En efecto, la exploración de territorios del Planeta, desconocidos a principios del siglo, basta para demostrar que la transgresión cenomaniana ha estado lejos de presentar un carácter universal: primeramente, hubo una región en México, en Australia, en los límites del mar de China y en el frente pacífico de América del Sur. Por otra parte, es cierto que en varias regiones, la transgresión cenomaniana principió desde el Albiano,

que a menudo prosiguió en el Turoniano a principios del Senoniano. Faltan, pues, a la transgresión cenomaniana los dos caracteres que se tendría derecho a exigirle: la universalidad y la contemporaneidad en sus manifestaciones.

En cuanto al Glacio-Eustatismo del Cuaternario, es cada vez más discutido. Se sabe que las edades respectivas de las playas están lejos de corresponder a su escalonamiento regular, dicho de otra manera, no es ya posible, como se creía hace poco, anticipar que la sola determinación de su altitud basta para fijarles su edad. De hecho, en múltiples regiones no se encuentra su número y su sucesión clásica; por el contrario, sus playas son más numerosas de lo que debían de ser. Añadamos que los autores que han definido los pisos marinos del Cuaternario se han inspirado mal en su elección, proponiendo como tal el Mediterráneo occidental que es un campo particularmente inestable. En fin, siempre me ha parecido paradójico estimar que en nuestra época, que es una época de deshielo casi total, puedan observarse playas emergidas, mientras que, según el Eustatismo, deberían estar cubiertas por las aguas.

No creo, por tanto, más que de una manera muy moderada en el verdadero Eustatismo. Pienso también que si el Glacio-Eustatismo del Cuaternario es inatacable en su principio, sus efectos han sido falseados profundamente por las deformaciones continuas de que ha sido afectada la corteza terrestre. Es sobre este punto en lo que desearía llamar la atención de ustedes.

Es verdad, por lo menos teóricamente, que todo movimiento orogénico desencadena un retroceso de las aguas oceánicas y que éste debe ser compensado por un desbordamiento consecuente en otro sector del planeta. Es, por otra parte, de este modo como H. y G. Termier explican las *transgresiones circunpacificas*. No obstante, los movimientos orogénicos no han sido los únicos que han actuado; así, frecuentemente se ha ligado la noción de Eustatismo al concepto de Ciclo sedimentario, es decir, a la sucesión de los depósitos formados en el curso de una transgresión, luego de un período estático del mar y, en fin, de su regresión. Pero las ideas que uno tiene hoy del Ciclo sedimentario son bastante diferentes de las que se tenían hace algunos años.

En primer lugar, es frecuente que la regresión haya sido producida por un movimiento bascular del territorio considerado, dicho de otra manera, por un movimiento epirogénico. El caso está admitido unánimemente en lo que concierne a la emersión de la Cuenca de París a fines del Jurásico: se ha probado, en efecto, que la parte oriental de la cuenca fue teatro de

inclinaciones laterales e incluso de intentos de plegamientos que dieron por resultado el retroceso del mar hacia el Oeste y todo hace creer que la evacuación se operó en dirección de la Mancha occidental. En este caso, por tanto, el Eustatismo no intervino. Pero hay algo mejor, en el Norte de Francia y en Bélgica, el Gediniano es primeramente marino y en él se comienza la transgresión cuyo máximo es alcanzado a la mitad del piso. Pero a fines de éste, la facies se vuelve lagunar y entonces prevalece la regresión; sin embargo, los depósitos han desbordado los precedentes: parecen haber invadido el pliegue emergido del Condroz situado al Norte. Así, la regresión que precedía casi a la desaparición del mar, se tradujo, no por un retroceso —en el sentido geográfico del término sino por un *ensanchamiento de la capa líquida*.

El mar del Triásico medio de tipo germánico avanzó hasta bastante lejos en la parte oriental de la Cuenca de París. Después, en el Triásico superior, del que todo mundo dice que fue regresivo, porque la facies era entonces la de una laguna de evaporación, el agua se adelantó hacia el Oeste, sobrepasando incluso la capital, antes de desvanecerse.

Consideremos ahora la Baja Provenza en donde, el Albiano, el *Istmo duranciano* juntaba el Macizo Central a la cadena de los Maures, dos fragmentos emergidos de la cadena herciniana. En la superficie de esta banda de tierra nacieron las bauxitas que, por su sola presencia, prueban la continentalidad. Al Sur del istmo, solo se conocen depósitos de mar abierto y su repartición permite la reconstrucción de un golfo abierto en dirección Oeste. Por otra parte, en el Cenomaniano, en el Turoniano y en el Senoniano inferior, los mares se adelantaron progresivamente hacia el Este y hacia el Norte; pero en ese mismo tiempo aparecieron facies lagunares en la periferia de los depósitos marinos. En fin, después de una discordancia en el Senoniano superior, no han subsistido más que formaciones de agua dulce. Cubrían, sin embargo, superficies superiores en extensión a las precedentes, de manera que, una vez más, la regresión fue concomitante con un ensanchamiento de la capa líquida.

A un esquema análogo a los precedentes llegaron los estudios de M. T. Sato sobre las regiones del Kuzuryu y de Sakawa a 200 km. al Noroeste de Tokio, en la parte occidental del archipiélago nipón en el curso del Jurásico. Aquí de nuevo una discordancia ligera y local ocupa la serie cuya mitad superior es de facies de agua dulce, pero que cubre las regiones hasta entonces emergidas. En estos dos últimos casos, se ve que las deformaciones de la corteza terrestre no siempre tuvieron como consecuencia la

aparición del conjunto plegado, es decir, su emersión, o más bien los plegamientos no siempre impidieron que se cubrieran por el agua que se mantenían aproximadamente al nivel del mar.

Quizá sea equivocado también añadir que las transgresiones se produjeron a continuación de la erosión de los relieves. Por los ejemplos referentes a los anticlinales del Condroz, del Istmo duranciano y de las regiones japonesas, parece preferible considerar que, después de la formación de los pliegues, se produjo un *desplegamiento*, un hundimiento ligero, sin socavamiento por fallas (por lo menos no se han encontrado las huellas). El Triásico superior de la Cuenca de Paris es el resultado de un mecanismo análogo a los precedentes: el territorio comprimido en el curso del Muschelkalk se transformó, después de un levantamiento flexible del fondo, en una plataforma apenas cubierta por una película de agua.

Todos los hechos que acabo de citar prueban que se produjo como una pulsación que traducía a veces en un ascenso seguido de un descenso, a veces un levantamiento sucediendo a una depresión.

No se producirían también *pulsaciones repetidas* que habrían hecho que se sucedieran en los mismos lugares facies alternativamente marinas y de agua dulce? Es lo que se ha visto en la "Montagne des Princes" prolongada por el Gros Foug, cerca de Aix-les-Bains, en la parte jurasiana de la Saboya.

Esta montaña es hoy un anticlinal regular cuyo núcleo está formado por el Jurásico superior. El portlandiano se presenta en ella bajo dos facies: marina, con calizas de Ammonitas y lacustre, con calizas de Gasterópodos y oogones de *Chara*. Se observa que en los *flancos de la bóveda*, el Portlandiano es marino en la proporción del 60%, mientras que la facies lacustre, llamada Purbeckiana, constituye el 90% de los pisos *sobre el eje del anticlinal* con seis alternancias marinas cortadas por un número igual de capas lacustres. Esto constituye un buen registro de pulsaciones y es notable comprobar que se han producido siguiendo una dirección aproximadamente N—S, que es la de la parte meridional de la cadena del Jura, aun cuando se trate de una cadena terciaria.

Así, las deformaciones de edad jurásica han prefigurado la dirección de algunos de los pliegues del Jura: han sido preparados desde mucho tiempo atrás.

Poseemos, por lo demás otra prueba que confirma la precedente. El Jurásico superior del Jura abunda en formaciones arrecifales y se ha sostenido que éstas habían emigrado del Norte hacia el Sur a causa de un ca-

friamiento de las aguas marinas por corrientes venidas de las regiones boreales. Otra explicación se ofrece ahora que se conoce mejor el valor estratigráfico de los Corales, gracias a los estudios de M. J. Alloiteau y la significación de los arrecifes según los de M. P. de Saint-Seine. A partir de entonces se estima que las formaciones coralianas no han sufrido un desajuste geográfico, pero que se han extendido, puesto que han entrado en regiones que hasta entonces habían respetado. Por lo demás, la distribución de los arrecifes revela una orientación general sensiblemente meridiana, vecina todavía de la dirección de los pliegues terciarios.

¿Quiere esto decir que la cadena del Jura ha terminado definitivamente su formación? No lo pienso así, si se considera una vez más el conjunto "Montagne des Princes" —Gros Foug.

Este relieve que hoy culmina en 1.051 m domina al Ródano en alrededor de 700 m, río que se lanza al Mediterráneo cerca de Marsella. Al este del Gros Foug se extiende la depresión sinclinal de Rumilly que está tapizada de morrenas depositadas por los glaciares del Würm hace unos 60.000 años. Esta depresión se inclina de Norte a Sur desde la altitud 600 m cerca de los Manatiales de la Moye hasta 355 metros, cerca de Bloye.

Aguas abajo de Rumilly y antes de desembocar en el Ródano, el Fier corta el anticlinal por una hendidura de una longitud de cinco kilómetros, pero tan estrecha que la construcción de la carretera que la hace accesible ha necesitado la construcción de obras de arte, tales como túneles y otras salidas. Las paredes de la garganta son verticales y de una altura de 550 m. La hendidura es, pues, muy joven y proporciona un ejemplo neto de epigenia.

Es sorprendente que el Fier haya seccionado así la montaña, dado que lo hubiera sido más fácil seguir la depresión sinclinal de Rumilly, bien hacia el Norte, bien, sobre todo, hacia el Sur en que las altitudes son más bajas.

Ante la disposición paradójica ofrecida por el Fier que ha evitado, como si fuera intencionalmente, las vías fáciles para afrontar las mayores dificultades, uno llega lógicamente a la conclusión de que en el Würmiano, es decir, lo repito, hace 60.000 años, el Gros Foug— "Montagne des Princes" no existía todavía como relieve. En su emplazamiento actual se encontraba entonces un plano regularmente inclinado hacia el Oeste que ha orientado así el curso del Fier. Después se produjo progresivamente el abombamiento para que, en el mismo tiempo, las aguas del río pudieran labrar lentamente la garganta. El curso del Fier es, pues, no solamente superpuesto sino también antecedente.



El Gros Foug es muy interesante, puesto que se sigue la historia de su formación desde el Jurásico a nuestros días.

Fenómenos de elevación continua comparables, en un cierto modo al que acabo de describir, pueden señalarse en las regiones tan tranquilas como la cuenca de París desde principios del Terciario.

Hasta estos últimos años, los geólogos explicaban la estratigrafía del Eoceno por las idas y venidas de un golfo cerrado al Sur, pero extensamente abierto en dirección del Norte, es decir, de Bélgica. Sin embargo, se sabe que en el Oligoceno se produjo un cambio y se concebía más bien un golfo abierto en dirección Oeste, es decir, de la Mancha.

Ahora, ya para el Eoceno, se prefiere considerar la existencia de dos golfos, uno venido de Bélgica, otro de la Mancha, temporalmente separados por un abombamiento que comprendía la bóveda del País de Bray y la región de la Somme, pequeño río que desemboca en la Mancha. La presencia de este relieve de edad terciaria se observa especialmente por los pedernales de la creta que son numerosos en las arenas ledianas. Pero parece que el abombamiento de la Somme todavía haya jugado un papel en el Cuaternario. En efecto, el valle de este río muestra un escalonamiento de terrazas cuyo estudio es clásico. Se encuentran respectivamente así: 40 m, 30 m, 10 m y 5 m por encima del río. Además, están fechadas por las faunas y la acción humanas. Así, por ejemplo, la terraza de 40 m es de edad precheleana. Está claro que estas terrazas no resultan de movimientos eustáticos, es decir, de una subida general de las aguas, porque entonces se debería encontrar la terraza de 40 m en el valle del Sena en donde precisamente falta.

P. Fourmarier acaba de señalar en la región de Huy y de Flemelle (provincia de Lieja) al noreste de Namur, en Bélgica, que por encima de una zona plegada en el Herciniano, la cubierta cretácica y terciaria ha sido deformada y ha jugado a fines del Mesozoico el mismo papel que durante los tiempos devónicos y carboníferos. El autor añade que es posible que la región considerada esté todavía en vías de deformaciones.

Veamos ahora el país de Apt, en la Alta Provenza, en donde los flancos de las montañas calcáreas están frecuentemente envueltos por derrumbes que son de dos clases: los más antiguos tienen sus elementos unidos por un cemento arcilloso rojo, lo que hace que estén cementados en brechas; los más jóvenes conservan sus elementos libres. De otra parte, en múltiples lugares, se observa que los derrumbes están cortados por los arroyos, lo que no puede explicarse más que por una elevación en bloque del territorio, después de la cual la erosión fue reavivada. Esta comprobación tiene una incidencia cuyo alcance no es despreciable. En efecto, uno se preocupa justamente de los

destrozos causados por la erosión de las aguas salvajes que arrastran lejos la buena tierra descubriendo así la roca original. Se invoca la acción destructora del Hombre y de los animales, particularmente las cabras que ramonean los tiernos brotes y ponen en peligro los bosques. Además, uno se esfuerza por impedir los progresos de la erosión corrigiendo los torrentes y reforestando. Esta tarea es necesaria y es cierto que los trabajos emprendidos desde hace largos años producen sus frutos, pero haciendo esto, uno no ataca la causa profunda del mal que no es otra que la subida epeirogénica de la Alta Provenza. Contra ella, el hombre está desarmado.

Al lado de estos hechos, todavía poco conocidos, existe una multitud de otros que están presentes en la memoria de todos. Cito al azar: la subida del Apenino meridional de varios centenares de metros durante el Cuaternario; el Cáucaso habría sufrido una elevación de 1.200 m desde mediados del Cuaternario; el Himalaya se plegó últimamente, primero en el límite del Plioceno y el Cuaternario, después en el curso del Cuaternario reciente. Es así como uno explica las grandes altitudes actuales a pesar del enorme peso de las cimas y también que los grandes ríos tales como el Indus, el Ganges y el Satlej atraviesen el Himalaya. Mantuvieron sus cursos en su sitio a pesar del reciente levantamiento: proporcionan buenos ejemplos de la antedecencia. ¿Hace falta que les recuerde también los plegamientos y las fallas recientes de la Indonesia que han llevado los corales cuaternarios hasta 3.000 metros en el Sur de la Isla de Ceram? Los pliegues del Atlas tunecino en las rocas de los cuales se encuentran sílex tallados por el Hombre? Se sabe también que, en las costas del Mediterráneo, playas cuya altitud no debería sobrepasar los 30 m han sido llevadas a 100 m en Calabria y a 350 m en Corinto, en Grecia.

Los antiguos geólogos, que comprobaron la existencia de playas a diversas altitudes por encima del actual nivel del mar, tenían, pue, razón al emplear la expresión de "Playas levantadas". Y recientemente, en las Grandes Antillas, en Haití, por ejemplo, el Dr. Butterlin nos dio a conocer las calizas arrecifales pleistocénicas llevadas a 640 m.

Detengo ya esta enumeración que podría proseguirse durante horas. Pero podemos concluir que el Cuaternario que hace unos pocos años se complacía uno en considerar como un período de calma de la Corteza terrestre, es, por el contrario, un período de dislocaciones importantes. Durante su corta historia se formaron, como acabamos de ver, relieves de gran importancia. El Cuaternario merecía, por tanto, que se le nombrase *período orocrático*.



Se sabe también, por el contrario, que durante el Cuaternario se produjeron grandes hundimientos. No solamente los relieves sumergidos que se describen, sino también hay que admitir el hundimiento bajo las aguas de una parte de los territorios en otro tiempo peninsulares que hoy día están reducidos al estado de islas, para explicar su poblamiento por Mamíferos de fuerte talla.

De lo que antecede se saca la conclusión de que los movimientos eustáticos probablemente existen, pero que es muy difícil considerar la parte que les corresponden en el juego de las transgresiones y las regresiones.

Al contrario, ningún geólogo piensa ni siquiera en negar la realidad de las deformaciones de la Corteza terrestre: los movimientos epeirogénicos, los movimientos orogénicos y los movimientos de báscula son hechos indiscutibles y de tal manera generalizados en el tiempo y en el espacio que no sabría decir si verdaderamente existen en el Mundo regiones estables.

Estos movimientos han sido y siguen siendo los mejores motores de las transgresiones y las regresiones.