

LA DERIVA CONTINENTAL CENOZOICA Y MESOZOICA EN EL ATLANTICO SUR

DANIEL A. VALENCIO

Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de
Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires

La información paleomagnética muestra que la fragmentación del bloque América del Sur-Africa se produjo con posterioridad al Triásico Superior pero antes del Cretácico Medio, y sugiere que, probablemente, dicho episodio habría comenzado antes del Jurásico Medio (161 millones de años).

Los datos actualmente conocidos de la propagación del fondo del océano Atlántico Sur pueden ser extrapolados sólo hasta la transición Cenozoico-Mesozoico (alrededor de 70 millones de años). Recientemente, ha sido sugerido que la fragmentación del bloque América del Sur-Africa y la formación del Atlántico Sur, son el resultado de un episodio continuo, que se inició en el Mesozoico Medio y se prolongó durante todo el Cenozoico. Este trabajo tiene por finalidad demostrar que la información paleomagnética de América del Sur y Africa, y la proveniente de la propagación del fondo del Atlántico Sur, actualmente disponibles, sugieren la presencia de dos episodios de deriva continental independientes: uno ocurrido en el Mesozoico, que originó la fragmentación del entonces bloque América del Sur-Africa y la formación de un océano abierto ya en el Cretácico Medio (115-125 millones de años) y otro acaecido en el Cenozoico, que completó la formación del Atlántico Sur, llevando a América del Sur y Africa a sus posiciones geográficas actuales. Entre ambos procesos se produjo un cambio en la dirección de las fuerzas impulsoras y una probable subsidencia del fondo oceánico ya formado.

La semejanza en la dirección, el sentido y la velocidad de los movimientos relativos entre América del Sur y Africa durante ambos episodios, sugerirían que los mecanismos que los originaron fueron muy similares.

Palaeomagnetic data show that the fragmentation of the South America-African block occurred after Upper Triassic but before the Middle Cretaceous, and suggests that this episode would have started before Middle Jurassic Times (161 m.y.).

The available South Atlantic-floor spreading data can be extrapolated only until the Cenozoic-Mesozoic transition (about 70 m.y.).

Recently it has been suggested that the fragmentation of the South America-African block and the formation of the South Atlantic Ocean are the results of a continuous drift episode which started in the Middle Mesozoic and lasted during all the Cenozoic. In this paper it is shown that the palaeomagnetic data of South America and Africa and the South Atlantic-floor spreading data suggest that two independent continental drift episodes would have occurred: i) a Mesozoic episode, during which the fragmentation of the South America-African block started and an open ocean was already formed for Middle Cretaceous times (115-125 m.y.), and ii) a Cenozoic episode during which the formation of the South Atlantic Ocean was completed and South America and Africa drifted until their present geographic positions. Between both episodes a change in the direction of the driving forces and a probably subsidence of the ocean-floor would have occurred.

The similitude of the direction, sense and velocity of the relative movements between South America and Africa during both episodes would suggest that their driving mechanisms were similar.

1. INTRODUCCION

Los estudios paleomagnéticos no sólo revivieron la hipótesis de la deriva de los continentes, sino que motivaron la ejecución de estudios multidisciplinarios destinados a aportar datos relativos a la hasta ese entonces aletargada teoría. Surgieron así nuevas evidencias, de distinta naturaleza, las que casi siempre encontraron interpretación lógica en términos de la hipótesis de la deriva continental.

Las reconstrucciones paleogeográficas logradas sobre la base de datos paleomagnéticos guardan sorprendentes semejanzas con las postuladas muchos años antes por Wegener, 1912 y Du Toit, 1937. A medida que se dispuso de mejor y más numerosa información paleomagnética fue posible ir develando además, la historia de la fragmentación del supercontinente (Pangea) o de los supercontinentes (Gondwana y Laurasia) que inicialmente congregaban a todas las masas continentales actuales. Asimismo se encontró que la información aportada simultáneamente por la paleontología, la radimetría, la geología, la paleoclimatología, etc., es coherente con estas interpretaciones.

En los últimos años ha surgido, sin duda alguna como reflejo de la enorme actividad desarrollada, una hipótesis nueva: la de la propagación de los fondos de los océanos o tectónica de placas o nueva tectónica global (Dietz, 1961 y 1966 y Hess, 1962 y 1965). En esta nueva hipótesis el magnetismo y el paleomagnetismo de las rocas de la corteza terrestre tienen un papel muy importante. De acuerdo a la misma, algunas de las actuales cordilleras sub-oceánicas son fuentes de nuevo material lávico para la corteza que forma el fondo de los océanos, material que se desplaza o propaga alejándose simétricamente respecto a las mismas. Una de las evidencias en la que se basa esta teoría, es la alineación de las anomalías magnéticas asociadas a cada cordillera suboceánica activa; en efecto, se pudo observar que las anomalías del campo magnético total registradas hacia ambos lados de estas cordilleras suboceánicas guardan un notable paralelismo y simetría respecto de ellas. Vine y Mathews, 1963, sugirieron que este particular comportamiento puede ser debido a la presencia de franjas de rocas de igual naturaleza, paralelas a la cordillera sub-oceánica, cuyo magnetismo remanente fue adquirido en presencia de un campo magnético terrestre de polaridad cambiante con el tiempo. Para ese entonces, la información proveniente de estudios paleomagnéticos radimétricos realizados con lavas del Cenozoico más alto, permitió establecer un cuadro de las reversiones de la polaridad del campo magnético terrestre, válido para los últimos tres millones de años (Cox et al, 1963); cuadros más actualizados pueden encontrarse en Cox, 1969 y Valencio et al, 1969 y 1970.

La interpretación, que los trenes de anomalías magnéticas simétricas registrados hacia ambos lados de algunas de las cordilleras sub-oceánicas, corresponderían a franjas de lavas paralelas a las mismas cuyas remanencias magnéticas, de polaridad normal y reversa alternativamente, fueron adquiridas miles o millones de años antes en el momento que fluían a lo largo de sus fosas centrales, ha dado un fuerte apoyo a la hipótesis de la propagación de los fondos de los océanos (Vine, 1966, Pitman y Heirtzler, 1966 y Heirtzler et al, 1966). En efecto, de este modo fue posible cuantificar el desplazamiento de los fondos de los océanos ocurrido en los últimos tres o cuatro millones de años.

De acuerdo a esta hipótesis cada una de las masas continentales actuales es parte constituyente de una placa o bloque de mayor dimensión, de unos 100 km

de espesor, que como consecuencia del mecanismo más arriba detallado, se desplaza con movimientos bien definidos sobre un substrato que podría ser la postulada astenósfera. Luego la nueva teoría involucra también un proceso de deriva continental.

La mayoría de los autores coinciden en indicar que el proceso de efusión de lavas a lo largo de las fosas centrales de aquellas cordilleras sub-oceánicas activas, constituye la causa de estos movimientos de placas casi rígidas. Otros en cambio sostienen que la causa se debe al peso mayor y temperatura menor que dichas placas poseen en su borde de avance, lo que produciría su descenso o hundimiento en aquellas zonas donde la placa encuentra las grandes fosas sub-oceánicas, las que constituirían un verdadero sumidero de la corteza y manto superior, Dietz y Holden, 1970a. En esta línea de pensamiento las placas en su movimiento dejarían fosas en su borde posterior (las presentes en el centro de las cordilleras sub-oceánicas), a lo largo de las cuales el material fluido del manto llega a la superficie en forma de efusiones lávicas. Luego cualquiera sea el mecanismo propulsor, la hipótesis de la propagación del fondo de los océanos siempre está asociada a efusiones lávicas a lo largo de las fosas centrales de las cordilleras sub-oceánicas activas.

De acuerdo a lo expuesto, la hipótesis de la propagación de los fondos de los océanos puede ser cuantificada directamente en los últimos cuatro millones de años, pues es hasta esa edad que se conoce con detalle el cuadro de reversiones del campo magnético terrestre. Heirtzler et al, 1968, extendieron este límite hasta la transición Cenozoica-Mesozoica, asumiendo que la velocidad de la propagación del fondo de un océano dado se mantuvo constante durante todo el Cenozoico, e interpretando que cada pico positivo y negativo en los perfiles magnéticos registrados perpendicularmente a la cordillera sub-oceánica respectiva, representa un período en el cual el campo magnético terrestre tuvo polaridad normal y reversa, respectivamente. Sobre la base de este cuadro interpolado ha sido posible reconstruir los desplazamientos relativos entre las distintas placas continentales en el Cenozoico, Heirtzler et al, 1968; Le Pichon y Heirtzler, 1968; Morgan, 1968; Dickson et al, 1968; Vilas y Valencio, 1970 y Valencio et al, 1971. Particularmente, los tres últimos trabajos citados se ajustan a la información disponible para América del Sur.

Sin embargo, reciénemente algunos autores han extendido el episodio de deriva continental asociado a la hipótesis de la propagación del fondo de los océanos hasta el Mesozoico Medio. Así, Maxwell et al, 1970, y Dietz y Holden, 1970a y b, han sugerido que en el Atlántico Sur este episodio estuvo presente desde el inicio de la separación entre América del Sur y África en el Jurásico-Cretácico.

Si bien es cierto que lo que se acepte como ocurrido para un período, puede aceptarse para otro anterior, el presente trabajo tiene por finalidad indicar que no se tienen evidencias suficientes para sugerir que la formación del actual Atlántico Sur se debe a un único episodio. Los datos actuales sugieren que la fragmentación inicial del bloque América del Sur-Africa, en el Mesozoico, se debería a un episodio que no dejó huellas similares a la de aquél, complementario y posterior, de deriva Cenozoica, que llevó finalmente a dichos bloques continentales a sus posiciones actuales.

2. LOS DATOS PALEOMAGNETICOS

La información paleomagnética de América del Sur y África que permite sugerir la historia de la formación del Atlántico Sur, ha sido particularmente anali-

zada en recientes trabajos (Valencio, 1970a y b). Los datos paleomagnéticos de edad paleozoica y mesozoica permiten deducir cuales han sido los grandes episodios que condujeron a la fragmentación del bloque América del Sur-Africa, aunque aún quedan por dilucidar algunos detalles; particularmente es necesario complementar los datos de edad pérmica del Africa. Asimismo, otro problema no menos importante, radica en la incertidumbre acerca de la edad geológica de algunas formaciones permo-triásicas de América del Sur y de edad paleozoica superior del Africa (Valencio, 1970b). Recientemente, se ha sugerido la conveniencia de complementar con estudios radiométricos, en los casos que ello es posible, la información relativa a la edad geológica de las formaciones estudiadas paleomagnéticamente (Valencio, 1970c).

En lo referente a América del Sur, la edad de la formación Choiyoiense con la que fue calculado el polo denominado ASTr₃, Valencio, 1970b, ha sido referida últimamente al Permo-Triásico (Valencio 1970d). Las formaciones Cerro Colorado y Cerro Bola (polo ASTr₂ del ya citado trabajo), asignado al Triásico Inferior-Superior (Vilas, 1969), tendrían una edad equivalente a la del polo ASTr₃. En cuanto al polo denominado ASTr₁ (Valencio, 1970b), puede asignarse sin lugar a dudas al Triásico Medio o Superior.

Teniendo en cuenta las limitaciones más arriba expuestas, la información paleomagnética de América del Sur y Africa actualmente disponible permite sugerir, resumidamente que: a) en el Permo-Triásico, América del Sur y Africa unidos por sus actuales litorales atlánticos, alcanzaron latitudes cercanas a las que presentan actualmente; b) la fragmentación del bloque continental América del Sur-Africa debió haber comenzado con posterioridad al Triásico Superior pero antes del Cretácico Medio; el único polo paleomagnético de América del Sur de edad Jurásica disponible (Valencio y Vilas, 1970), sugeriría que los primeros episodios de la fragmentación del citado bloque debieron haber ocurrido ya antes del Jurásico Medio (161 millones de años), aunque esta interpretación no puede ser considerada como definitiva hasta tanto no se posean más polos de América del Sur de esa edad (Valencio, 1970b); c) el océano Atlántico Sur estaba ya formado en el Cretácico Medio (115-125 millones de años), y en ese entonces América del Sur y Africa estaban alejándose entre sí con un movimiento preferentemente de rumbo Este-Oeste.

2.1. LOS DATOS PROVENIENTES DE LA PROPAGACION DEL FONDO DEL OCEANO ATLANTICO.

La presencia de una anomalía magnética central característica a lo largo de la cordillera sub-oceánica central en el Atlántico Sur fue observada por Vacquier y von Herzen, 1964.

Alentados por los resultados logrados en el Atlántico Norte y otros océanos, Dickson et al, 1968, efectuaron un análisis detallado de los perfiles magnéticos registrados en el Atlántico Sur por los buques oceanográficos Zapiola (Servicio de Hidrografía Naval, Argentina), Vema y Conrad (Lamont Geological Observatory, Estados Unidos de América del Norte). En la Fig. 1, reproducida de dicho trabajo, se ha indicado con líneas de traza llena, la ubicación planimétrica de los distintos perfiles magnéticos registrados por dichos buques oceanográficos, los que han sido individualizados por las iniciales de sus respectivos nombres. Los autores no sólo correlacionaron las anomalías magnéticas registradas en los seis perfiles

que cruzan la cordillera sub-oceánica central del Atlántico Sur, sino que las compararon con las registradas en otros océanos. Las anomalías simétricas respecto a la

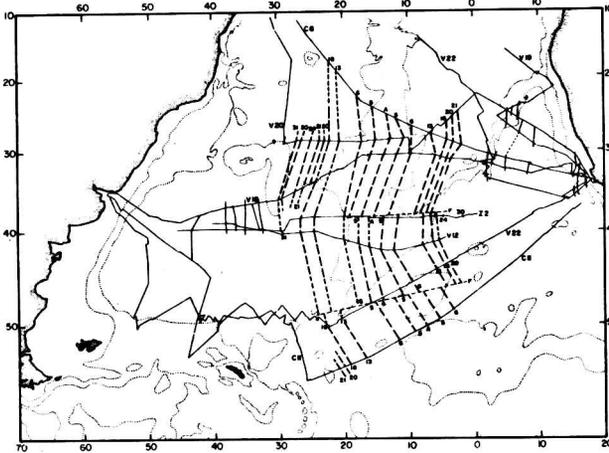


Figura 1: Ubicación de los perfiles magnéticos registrados en el Atlántico Sur (líneas continuas delgadas), según Dickson et al, 1968. La anomalía magnética correspondiente a la parte central de la cordillera sub-oceánica atlántica ha sido individualizada por la letra A. Las anomalías características, simétricas respecto de A, han sido denominadas por números de acuerdo a la convención sugerida por Heirtzler et al, 1968; las líneas punteadas gruesas indican la correlación sugerida por los autores citados en primer término.

zona axial fueron individualizadas por números de acuerdo al esquema sugerido por Heirtzler et al, 1968. En la Fig. 1, la ubicación de la zona correspondiente a la anomalía magnética central ha sido individualizada por la letra A, mientras que las anomalías magnéticas más conspicuas, simétricas respecto de A hacia ambos lados de la cordillera sub-oceánica central, han sido individualizadas por sus respectivos números. Líneas punteadas vinculan las anomalías homónimas registradas en cada perfil. Como puede observarse en la figura, hacia el este de la zona central, la anomalía más alejada que ha podido ser correlacionada con confianza es la 21 (cuya edad es de alrededor de 49 millones de años, Heirtzler et al, 1968). Hacia el oeste de la zona central las anomalías magnéticas pueden correlacionarse hasta la elevación sub-oceánica de Río Grande (perfiles V-18 y V-20), hasta la parte más oriental de la Cuenca Argentina (perfiles Z2 y V12); la última anomalía correlacionable es la 31 (alrededor de 71 millones de años).

Dickson et al, 1968, sugieren que hay algunas evidencias de correlación entre anomalías magnéticas registradas de la Cuenca del Cabo, hacia el este, y de la Cuenca Argentina, hacia el oeste, las que están indicadas en la Fig. 1 por líneas delgadas de trazo continuo. Sin embargo dichas correlaciones parciales no pueden ser observadas en los perfiles magnéticos con los que dichos autores ilustran su interpretación. Además cabe preguntarse como no ha sido posible correlacionar las anomalías magnéticas presentes hacia el oeste de la Cuenca Argentina cuando allí la separación entre los perfiles es mucho menor que en el centro del océano; la misma observación es válida para la Cuenca del Cabo.

La Fig. 1 muestra que la anomalía magnética 31, última cuya correlación se sugiere hacia el oeste de la cordillera suboceánica central, coincide con el límite este de la Cuenca Argentina y de la elevación de Río Grande. Las anomalías magnéticas registradas dentro de la Cuenca Argentina son de carácter completamente distinto de aquéllas presentes hacia el este de la misma: su amplitud es mucho

menor y su frecuencia más baja. Estas características hacen pensar que la fuente de las mismas se encontraría a mayor profundidad. Dickson et al, 1968, analizan con detalle las anomalías magnéticas registradas en la Cuenca del Cabo concluyendo que no hay evidencia alguna de simetría ya que a pesar de la poca separación entre los perfiles se han podido insinuar sólo unas pocas correlaciones. A igual que en la Cuenca Argentina, las anomalías son de mucho menor amplitud y más baja frecuencia.

Toda esta información, de acuerdo a la hipótesis de la propagación del fondo de los océanos sugiere que se habría producido un episodio de deriva continental relativa entre América del Sur y Africa, sólo en el Cenozoico. Las anomalías magnéticas simétricas respecto a la cordillera sub-oceánica del Atlántico Sur, recién descritas, serían una consecuencia de dicho proceso; otro rasgo surgido del mismo serían las fallas transformadas que desplazan la citada cordillera sub-oceánica. Ambas evidencias permiten calcular la posición del polo de rotación alrededor del cual América del Sur se habría desplazado en relación al Africa en el Cenozoico. De acuerdo a Morgan, 1968, el movimiento relativo se realizó alrededor de un polo de rotación situado a los $62^{\circ} \pm 5^{\circ}$ S y $144^{\circ} \pm 2^{\circ}$ E, y el desplazamiento se efectuó con una velocidad máxima de $1,8 \pm 0,1$ centímetros por año; por su parte Heirtzler et al, 1968, sugieren que el movimiento se realizó teniendo como polo de rotación a uno situado a los 70° S y 115° E. Partiendo de las posiciones geográficas actuales de América del Sur y Africa y con centro en el polo de rotación respectivo, Vilas y Valencio, 1970, deshicieron el movimiento Cenozoico relativo entre América del Sur y Africa, hasta lograr que las anomalías magnéticas simétricas más antiguas registradas hacia ambos lados de la Cordillera sub-oceánica central, coincidan en la traza actual de la misma; de esta manera se logró la posición relativa que habrían tenido América del Sur y Africa hace 71 millones de años (Fig. 2); en la misma se ajustaron las paleolatitudes para satisfacer los datos paleomagnéticos disponibles. Como puede observarse hacia el final del Cretácico (o el comienzo del Cenozoico), el Atlántico Sur estaba ya formado de acuerdo a los datos provenientes de la hipótesis de la propagación del fondo océano Atlántico.

3. DISCUSION

Los datos paleomagnéticos sugieren que el nacimiento del Atlántico Sur tuvo lugar después del Triásico Superior pero antes del Cretácico Medio, y que para esta época (115–125 millones de años), el Atlántico Sur tenía ya las características de un océano abierto; asimismo sugieren que, probablemente, los primeros procesos de fragmentación del bloque América del Sur-Africa habrían sido anteriores al Jurásico Medio (161 millones de años). Por su parte la información proveniente de la propagación del fondo del Atlántico Sur sugiere que hace 71 millones de años ambos bloques continentales estaban separados por unos 30° de longitud a la latitud del entonces ecuador geográfico (Fig. 2), y explica el movimiento realizado por dichos bloques desde entonces hasta el presente. La Fig. 3 indica las posiciones relativas entre América del Sur y Africa a fines del Triásico (trazo continuo delgado), en la transición Mesozoica-Cenozoica (71 m.a., trazo punteado), y en la actualidad (trazo continuo grueso); los dos episodios de deriva recién mencionados explicarían el paso sucesivo de la primera a la segunda posición (Mesozoico), y de ésta a la última (Cenozoico). Cabría preguntarse pues, si los procesos de deriva

mesozoica y cenozoica que condujeron a la formación del Atlántico Sur fueron independientes entre sí o si realmente constituyeron un episodio único, ininterrumpido.

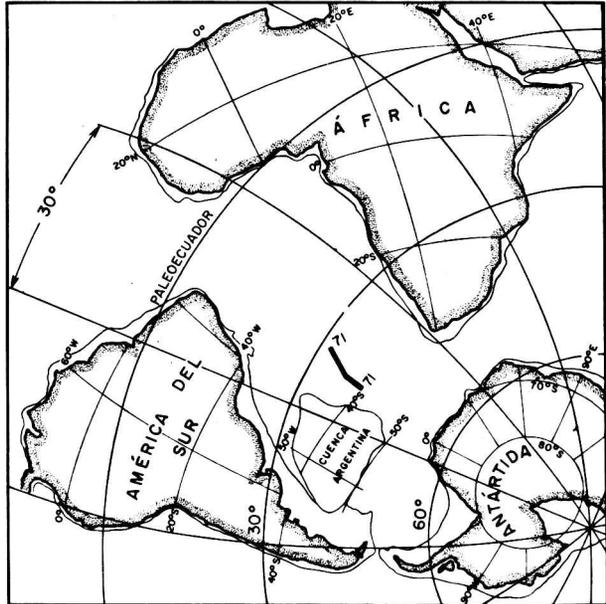


Figura 2: Posición relativa entre América del Sur y África en la transición Mesozoico-Cenozoico (aproximadamente 70 millones de años), según datos de la propagación del fondo del Atlántico Sur y de estudios paleomagnéticos de América del Sur y África (Vilas y Valencio, 1970).

pedido desde el Mesozoico Medio. Algunos autores son partidarios explícitos o implícitos de esta última interpretación (Dietz y Holden, 1970a y b, Maxwell et al, 1970, etc.). Los últimos autores, asumiendo que la velocidad del movimiento relativo entre América del Sur y África, deducida del cuadro de reversiones del campo magnético terrestre válido para los últimos 4 millones de años, se ha mantenido constante hasta el Mesozoico medio, llegan a la conclusión que para llevarlos hasta su posición actual es necesario que su fragmentación inicial haya ocurrido en el Jurásico Superior o en el Cretácico Inferior. Esta interpretación implícitamente acepta que la separación entre América del Sur y África es el fruto de un episodio único. Sin embargo, ella no excluye la posibilidad que el mismo efecto se haya alcanzado como resultado de la acción combinada de dos o más episodios independientes, de características más o menos similares. Resulta duro pensar que un proceso dinámico se haya mantenido inalterado durante más de ciento cincuenta millones de años, insensible a otros procesos tectónicos de carácter global acaecidos en ese período: es razonable admitir que la dirección de las fuerzas impulsoras haya variado como consecuencia de estos procesos. Sin embargo, es lógico pensar que al ser los mismos bloques los que están en movimiento, las características físicas del sustrato sobre el cual se han desplazado sean sustancialmente las mismas, y por lo tanto habrá una alta probabilidad que las velocidades de los movimientos relativos entre ambos bloques sean próximas, aún cuando surjan de pro-

cesos independientes.

Dietz y Holden, 1970a y b, postulan que la fragmentación del gran supercontinente inicial, Pangea, como así también la de los supercontinentes resultantes de este episodio, se debe a una causa común: la propagación del fondo de los océanos. Al referirse particularmente al supercontinente América del Sur-Africa sostienen que su fragmentación inicial ocurrió hacia fines del Jurásico con la formación de una fosa incipiente que avanzando desde el sur alcanzaba en ese entonces hasta la actual Nigeria; a medida que los bloques individuales así formados comenzaron a alejarse de esta fosa, la misma tuvo que ser lugar de continuas efusiones lávicas. Si bien esta interpretación es razonable, ella no justifica de por sí que los desplazamientos continentales resultantes hayan sido fruto de un único episodio geodinámico de iguales características a través del tiempo. Si así fue, ¿cómo es posible que se hayan podido registrar, indirectamente, las efusiones lávicas ocurridas sólo en los últimos 71 millones de años? En efecto, para ese entonces la separación entre América del Sur y Africa es la indicada en la Fig. 2, y es cuando habrían comenzado las efusiones que dan origen a las anomalías magnéticas simétricas registradas hacia ambos lados de dicha cordillera sub-oceánica. En dicha figura la reconstrucción corresponde al momento en que, en la fosa central de la cordillera sub-oceánica se originaba la efusión a la que hoy se asigna 71 millones de años de edad; luego el proceso continuaría hasta nuestros días llevando a ambos bloques desde dicha posición relativa hasta su posición presente. Pero si realmente el proceso había comenzado unos 64 millones de años antes ¿cómo no ha quedado un registro similar del mismo en el fondo del océano? Dichas evidencias deberían estar presentes en las hoy denominadas Cuenca Argentina y Cuenca del Cabo. Sin embargo, como ya se vio, no ha sido posible correlacionar las anomalías magnéticas allí registradas en forma similar a lo realizado con las observadas entre ambas depresiones. Además las características de las anomalías magnéticas sobre dichas cuencas son notablemente diferentes, sugiriendo una mayor profundización de la fuente. Esto representa una evidencia sugestiva para pensar que hubo un proceso intermedio, de subsidencia, que independizó al proceso de deriva mesozoico del cenozoico en el Atlántico Sur.

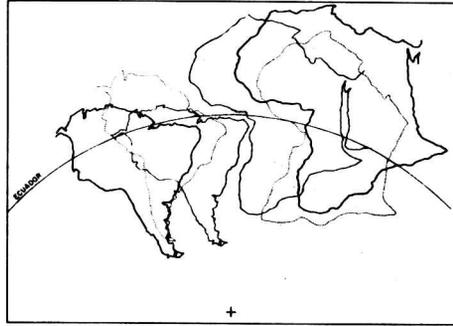
Le Pichon, 1968, ya había observado que si a partir del polo de rotación definido por los datos de la propagación cenozoica del fondo del Atlántico Sur, se desandaban los caminos relativos recorridos por América del Sur y Africa, partiendo desde sus posiciones geográficas actuales, no se llegaba a una reconstrucción del bloque América del Sur-Africa similar a la clásica, avalada por los datos paleomagnéticos, radimétricos y de ajuste morfológico de sus litorales atlánticos; dicho autor propone como centro de rotación de la anomalía 31 (71 m.a.), a uno situado a los 58° N 37 W, o mientras que Bullard et al, 1965, indica que el polo de rotación que llevaría a ambos continentes a la clásica reconstrucción está a los 44,1° N 30,3° W; ello implica que la rotación residual, producida antes de la anomalía 31, debió haberse realizado alrededor de un polo situado a los 35,4° N 21° W. Luego el polo de rotación hipotético Mesozoico es notablemente diferente del Cenozoico. Ello es una evidencia adicional que ambos procesos de deriva fueron independientes entre sí. Con un razonamiento similar, pero sólo cualitativo, Dickson et al, 1968, sostienen que las evidencias actuales sugieren la existencia de dos episodios independientes de propagación del fondo del Atlántico Sur; el más antiguo de ellos

fue coetáneo con la formación de la Cuenca Argentina.

La brusca disminución de la amplitud de las anomalías magnéticas registra-

Figura 3

Posiciones relativas entre América del Sur y África a fines del Triásico (línea llena fina), en la transición Mesozoico-Cenozoico (línea punteada) y en la actualidad (línea llena gruesa); las dos primeras fueron logradas a partir de la información resumida en los ítems 2.1. y 2.2., asumiendo fija la cordillera sub-atlántica central.



das hacia el oeste de la anomalía 31 (71 m.a.), en la Cuenca Argentina, y al este de la cordillera sub-oceánica Walvis en la Cuenca del Cabo, no es un hecho aislado. En efecto, Heirtzler y Hayes, 1967, han observado iguales características en las márgenes continentales del Atlántico Norte, y han sugerido que esta zona de calma magnética correspondería a un período en que el campo magnético terrestre no tuvo reversiones en su polaridad, sugiriendo que dicho período podría ser el largo intervalo sin reversiones de polaridad del campo magnético presente en el Pérmico (intervalo de Kiaman, 230–280 m.a.). Para el Atlántico Sur, ello implicaría:

- 1) que la cordillera sub-oceánica central fue activa ya en el Paleozoico Superior.
- 2) que la Cuenca Argentina se hubiese formado en ese entonces, y
- 3) que el Atlántico Sur ya era un océano abierto en esa época. Ello está en abierta contradicción con los datos paleomagnéticos y geológicos, y con las evidencias paleontológicas universalmente aceptadas que sostienen que en el Triásico, América del Sur-Africa estaban aún unidas. Si la menor amplitud y mayor longitud de onda de las anomalías magnéticas más antiguas que la 31 (71 m.a.), son causadas por una fuente de mayor profundidad por un lado, y además por intervalos más largos de igual polaridad del campo magnético terrestre, éstos debieron estar presentes en el Mesozoico Alto, tal como parecen sugerirlo los resultados obtenidos de estudios paleomagnéticos realizados con lavas del Cretácico Medio de la Provincia de Córdoba, próximos a publicarse. Una interpretación alternativa es que la deriva Mesozoica se haya debido a un episodio diferente al de la propagación del fondo de los océanos.

Wilson, 1963, sugirió que la cordillera sub-oceánica Walvis y la elevación Río Grande son restos basálticos en el fondo del Atlántico Sur, surgidos al desplazarse su fondo sobre fuentes volcánicas activas profundas, fijas en el manto. Esta interpretación condujo a Dietz y Holden, 1970 a y b, a sugerir que las trazas de estos rasgos morfológicos indican casi desde sus inicios (135 m.a.), las direcciones de los movimientos de África y América del Sur, respectivamente. Ello de por sí sugeriría que el episodio que originó el Atlántico Sur fue uno solo, sin cambios fundamentales desde el Jurásico. Sin embargo, Ewing et al, 1966, demostraron que la cordillera sub-oceánica Walvis no es netamente volcánica y se debe a un levantamiento producido en el Plioceno Inferior (aproximadamente hace unos 7 millones

de años, Kulp, 1961), a lo largo de fracturas pre-existentes, arrastrando la cubierta sedimentaria. Por su parte Le Pichon, 1968, encuentra un notable paralelismo entre la traza de esta cordillera sub-oceánica, como así también a las correspondientes a la elevación de Río Grande, a la zona de fractura de las Islas Malvinas y a la cordillera sub-oceánica de Trinidad, con las fallas principales que debieron producirse durante el proceso de deriva Mesozoico (polo rotación situado a los 35,4° N 21° W).

Del análisis de las evidencias hasta aquí expuestas surge que la formación del Atlántico Sur se debería a por lo menos dos episodios independientes: a) uno ocurrido en el Mesozoico, que condujo a la formación de una fosa inicial entre América del Sur y el Africa (Jurásico), y a su posterior ensanchamiento, de modo que ya en el Cretácico Medio (115–125 m.a.), se habrá formado un océano propiamente dicho; durante dicho episodio se originó la Cuenca Argentina; y b) luego de un lapso durante el cual cambiaron las direcciones de las fuerzas impulsoras y se habría producido una subsidencia relativa del fondo del océano ya formado, comienza el episodio de deriva Cenozoico que da origen al actual modelo de anomalías magnéticas simétricas respecto a la cordillera sub-oceánica central y que lleva al Atlántico Sur a su configuración actual.

El paleomagnetismo permite sugerir reconstrucciones paleogeográficas pero sin embargo no es capaz de explicar las causas que originan los desplazamientos continentales. La hipótesis de la propagación de los fondos de los océanos cenozoica propone un mecanismo que explicaría dichos desplazamientos. Las evidencias actuales no permiten afirmar ni negar que dicho mecanismo haya estado también presente en el Mesozoico. Sin embargo la similitud en la dirección, sentido y velocidad de los movimientos presentes en el Mesozoico y en el Cenozoico en el Atlántico Sur, así también como la predominancia de rocas volcánicas, tanto más antiguas cuanto más cercanas a las costas de América del Sur (Cordani, 1968), sugieren que los mecanismos que dieron lugar a los procesos de deriva mesozoica y cenozoica y que culminaron con la formación de dicho océano, fueron muy similares.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece sinceramente a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas por la ayuda recibida, que hizo posible la ejecución del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

BULLARD, E.C.; EVERETT, J.E. and SMITH, A.G. (1965): "The fit on the con-

- tinents around the Atlantic. A Symposium on Continental drift". *Phil. Trans. Roy. Soc. London, A*, 1088, 41.
- CORDANI, U.G. (1968): "Idade do vulcanismo no Oceano Atlantico Sur". *Tesis Doctoral, Universidad de Sao Paulo, Brasil*.
- COX, A. (1969): "Geomagnetic reversals". *Science*, 163, 237.
- COX, A.; DOELL, R.R. and DALRYMPLE, B.G. (1963): "Geomagnetic epochs and Pleistocene Geochronology". *Nature*, 198, 1049.
- DICKSON, G.O.; PITMAN, III, W.C. and HEIRTZLER, J.R. (1968): "Magnetic anomalies in the South Atlantic and ocean floor spreading". *J. Geophys. Res.*, 73, 6, 2087.
- DIETZ, R.S. (1961): "Continent and Ocean basin evolution by spreading of the sea floor". *Nature*, 200, 1085.
- DIETZ, R.S. and HOLDEN, J.C. (1970a): "The breakup of Pangea". *Sci. Am.*, October, 30.
- DIETZ, R.S. and HOLDEN, J.C. (1970b): "Reconstructions of Pangea: breackup and disperssion of continents. Permian to present". *J. Geophys Res.*, 75, 26, 4941.
- DU TOIT, A.L. (1937): "Our wandering continents". Oliver and Boyd, Edimburgh.
- EWING, M.; LE PICHON, X. and EWING, J. (1966): "Crustal structure of the mid-ocean ridges, 4; sediment distribution in the South Atlantic Ocean and the Cenozoic history of the mid-Atlantic Ridge". *J. Geophys.Res.*, 71, 1611.
- HEIRTZLER, J.R. and HAYES, D.E. (1967): "Magnetic boundaries in the North Atlantic Ocean". *Science*, 157, 185.
- HEIRTZLER, J.R.; LE PICHON, X. and BARON, J.G. (1966): "Magnetci anomalies over the Reykjanes Ridge". *Deep. Sea. Res.* 13, 427.
- HEIRTZLER, J.R.; DICKSON, G.O.; HERRON, E.M.; PITMAN III, W.C. and LE PICHON, X. (1968): "Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversals and motions of the ocean floor and continents". *J. Geophys Res.*, 73, 6, 2119.
- HESS, H.H. (1962): "History of the ocean basins. Petrological studies". *Geological Soc. of America*, 599-620.
- HESS, H.H. (1965): "Submarine Geology and Geophysics, 17". *Colston Papers, Butterworths, London*.
- KULP, J.L. (1961): "Geologic Time Scale". *Science*, 133, 1105.
- LE PICHON, X. (1968): "Sea-floor spreading and continental drift". *J. Geophys. Res.*, 73, 12, 3661.
- LE PICHON, X. and HEIRTZLER, J.R. (1968): "Magnetic anomalies in the Indian ocean and sea-floor spreading". *J. Geophys. Res.* 73, 6, 2101.
- MAXWELL, A.E.; Von HERZEN, R.P.; HSU, J.J.; ANDREWS, J.E.; SAITO, T. ; PERCIVAL, S.F.; MILLOW, E.D. and BOYCE, R.E. (1970): "Deep sea drilling in the South Atlantic". *Science* 168, 3935, 1047.
- MORGAN, W.J. (1968): "Rises, trenches, great faults and crustal bloks". *J. Geo-*

- phy. Res. 73, 6, 1959.
- PITMAN III, W.C. and HEIRTZLER, J.R. (1966): "Magnetic anomalies over the Pacific-Antartic ridge". *Science*, 154, 1164.
- VACQUIER, V. and Von HERZEN, R.P. (1964): "Evidence for connection between heat flow and the mid Atlantic ridge magnetic anomaly". *J. Geophys. Res.*, 69, 1093.
- VALENCIO, D.A. (1970a): "The significance of the palaeomagnetic data from Mesozoic and Cenozoic rocks of South America". *Proceedings of the Second Symposium on the Stratigraphy and Paleontology of the Gondwana System, Cape Town - Johannesburg, South Africa, en prensa.*
- VALENCIO, D.A. (1970b): "Relative upper Paleozoic-Mesozoic positions of South America and Africa from palaeomagnetic data". *Conference on Solid Earth Problems, International Upper Mantle Project, Buenos Aires, Argentina, en prensa.*
- VALENCIO, D.A. (1970c): "Documento de Trabajo en Paleomagnetismo y Working document on Palaeomagnetism". *Conference on Solid Earth Problems, International Upper Mantle Project, Buenos Aires, Argentina, 1, 86.*
- VALENCIO, D.A. (1970d): "Correlación intercontinental de algunas formaciones de América del Sur sobre la base de estudios paleomagnéticos". *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, XXV, 4, 389.
- VALENCIO, D.A. and VILAS, J.F. (1970): "Palaeomagnetism of some Middle Jurassic lavas from South-East Argentine". *Nature*, 225, 5229, 262.
- VALENCIO, D.A.; EMBLETON, J.J. y VILAS, J.F. (1971): "Reconstrucción y evolución del continente Gondwana sobre la base de datos paleomagnéticos y de la propagación de los fondos de los océanos". *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, XXVI, 1, 5.
- VALENCIO, D.A.; LINARES, E. and CREER, K.M. (1970): "Palaeomagnetism and Geological ages of Tertiary and Quaternary basalts from Argentine". *Geophys. Jour., Royal Astr. Soc.*, 19, 2, 147.
- VILAS, J.F. (1969): "Resultados preliminares del estudio paleomagnético de algunas formaciones Triásicas del Sud-oeste de Mendoza". *IVas. Jornadas Geológicas Argentinas, Buenos Aires, en prensa.*
- VILAS, J.F. and VALENCIO, D.A. (1970): "Palaeogeographic reconstruction of the Gondwanic continents based on palaeomagnetic and sea floor spreading data". *Earth and Planetary Science Letters*, 7, 397.
- VINE, F.J. (1966): "Spreading of the ocean floor: new evidence". *Science*, 154, 1405.
- VINE, F.J. and MATTHEWS, D.H. (1963): "Magnetic anomalies over oceanic ridges". *Nature*, 199, 947.
- WEGENER, A. (1912): "Orígenes de los Continentes y Océanos". *Petermanns Geo. Mitt.*, 74, 74, 1926.
- WILSON, J.T. (1963): "Continental Drift". *Sci. Am.*, 208, 86.