

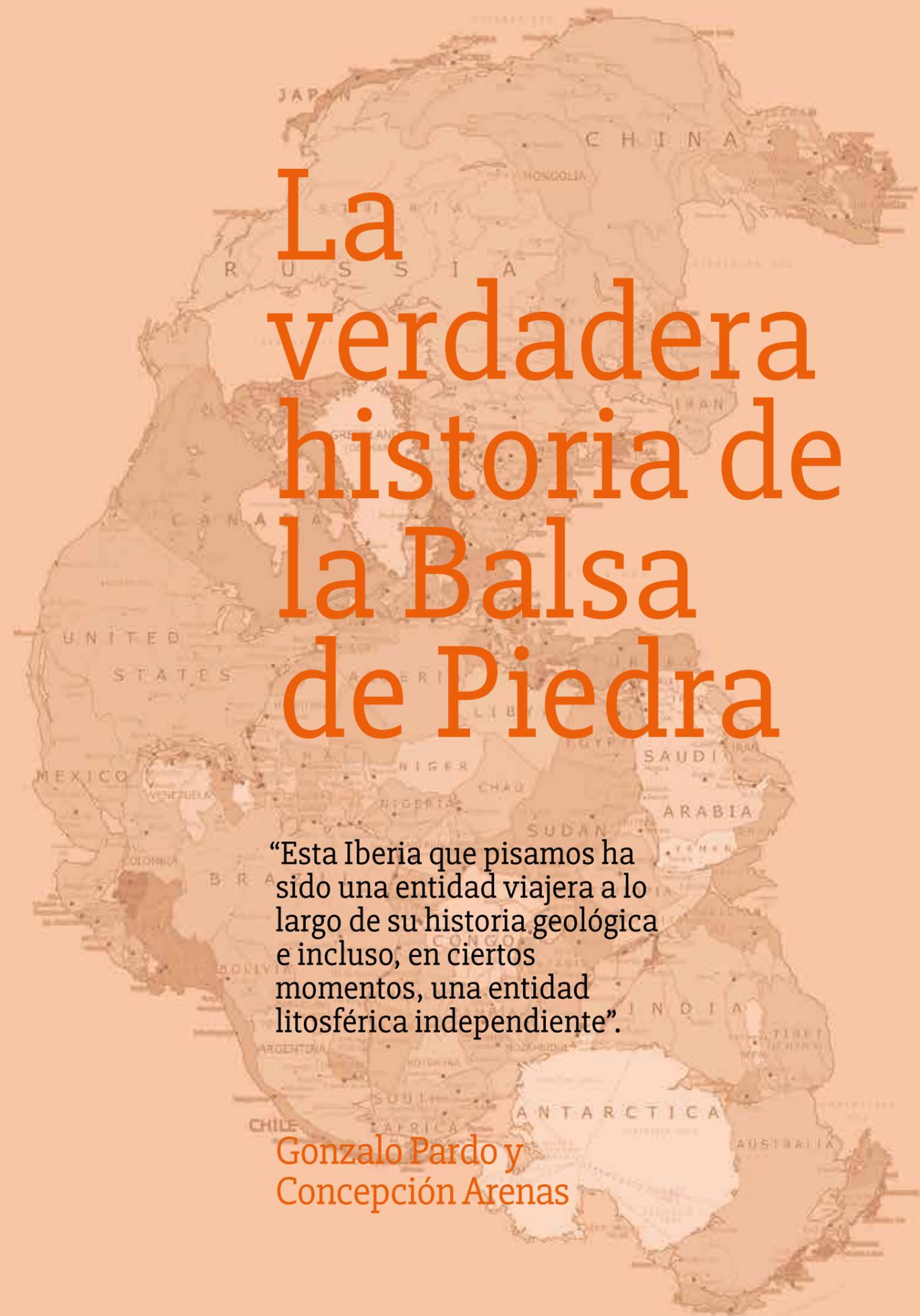


Caliza paleozoica.
Circo de La Larri,
Pirineo oscense.

La verdadera historia de la Balsa de Piedra

“Esta Iberia que pisamos ha sido una entidad viajera a lo largo de su historia geológica e incluso, en ciertos momentos, una entidad litosférica independiente”.

Gonzalo Pardo y
Concepción Arenas



se desmembró: de su parte norte, *Laurusia*, nacen Norteamérica y Eurasia y de su parte sur, la antigua *Gondwana* ("Bosque de los Gond" en sánscrito), Sudamérica, África, Antártida, Australia y el casi enteramente sumergido y recién descubierto Zelandia, más la India que emigró hasta colisionar con Eurasia dando lugar a los Himalayas. Es durante este desmembramiento cuando Iberia fue una auténtica "balsa de piedra", una microplaca con movimiento independiente de Europa y de África, como se verá más adelante.

Este artículo, como cada número de la revista de humor "El Jueves", podría tener otros títulos. Por ejemplo, al estilo del recordado Forges: "¡Gensanta, qué país (geológico)!". Porque realmente somos un país complicado debido a nuestra compleja historia geológica. Y nuestra complicada geología conduce a una geografía tortuosa que, junto con la latitud a que nos encontramos, con una circulación atmosférica por demás incierta, dan lugar al variado mosaico de paisajes ibéricos. En este aspecto la Península es como un continente en miniatura, en el que se pasa en pocos kilómetros de los paisajes atlánticos, alpinos o centroeuropeos, al monte mediterráneo y a las estepas. Y si la geografía, hija de la geología, condiciona de forma importante la historia humana, no es de extrañar que la nuestra sea también complicada.

Con los estudiantes hacíamos chanzas disparatadas al respecto de la historia y el remoto pasado geológico: ¿De dónde nace la "vocación" ibérica por África y Sudamérica? De que en el Paleozoico Iberia formaba parte de Gondwana, el gran continente que incluía los dos citados, y de los que éramos vecinos. ¿Y por qué se llevan mal escoceses e ingleses? Porque Escocia proviene de la placa de *Laurentia* (Norteamérica paleozoica), e Inglaterra de la placa de *Avalonia*, desgajada de Gondwana, y para reunir las hubo de cerrarse todo un océano, el *Jápeto* (Iapetus en inglés, tan respetuoso con el latín). ¿Y por qué los pescadores españoles

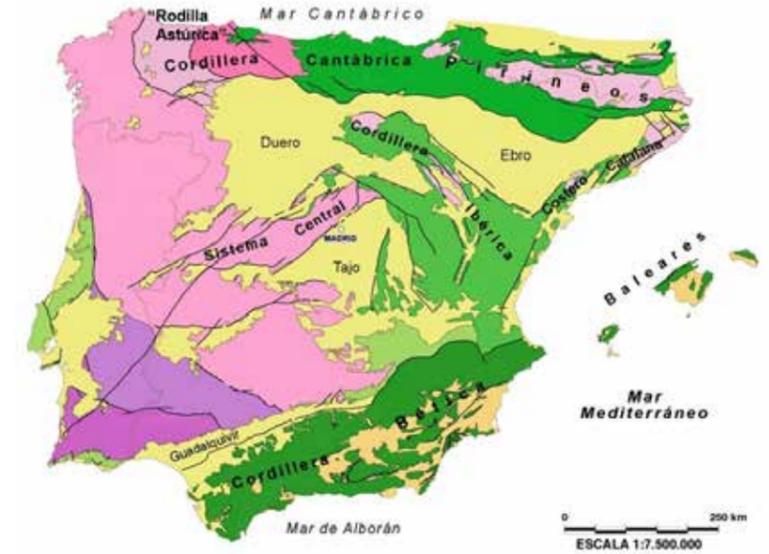
iban a faenar a Terranova (y a sufrir la "guerra" del fletán, allá por 1995)? Porque en los tiempos del supercontinente Pangea Iberia fue vecina de lo que ahora es esa isla, pero cuando empezó a abrirse el Atlántico Norte a partir del Jurásico, hace unos 180 Ma., lo hizo cerca de nuestras costas actuales y lejos de las norteamericanas, y lo que luego sería Canadá se quedó con la mayor extensión de plataformas continentales, los llamados Grand Banks, que es donde prolifera la pesca.

Para relatar esa historia con un mínimo de detalle se hace necesario dar previamente unas pinceladas gruesas de la geología de la Península Ibérica. Para ello empezaremos con una referencia somera a las unidades geológicas que la componen.

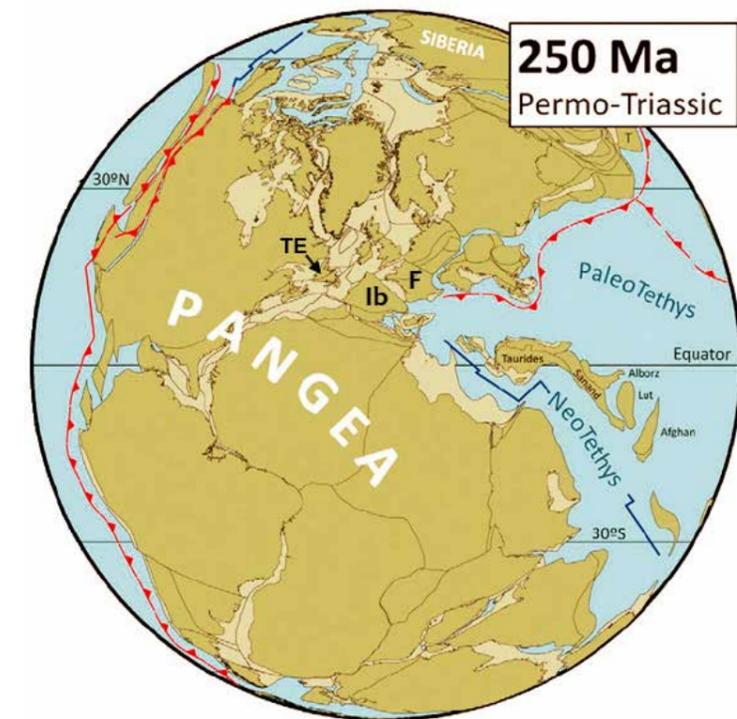
Si vemos un mapa geológico esquemático de la Península, se observa en la parte occidental el predominio de colores rosados y violetas. Corresponden al *Macizo Ibérico*, una unidad antigua formada por rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas cuya edad oscila entre los 650 Ma (Proterozoico superior, el Precámbrico más "joven"; no afloran en la Península rocas más antiguas) y los 250 Ma (Pérmico). Sierra Morena, los Montes de Toledo, el Sistema Central, los Montes Galicicos y una parte de la Cordillera Cantábrica pertenecen a esta unidad, que también aflora en el núcleo del Pirineo (en la denominada Zona Axial), así como en las cordilleras Ibérica y Costero Catalana. El Macizo Ibérico es parte de una entidad mayor, la *Cordillera Varisca* formada durante la Orogenia Hercínica en el periodo Carbonífero, hace unos 300 Ma; cordillera que se extendía por Francia, sur de Irlanda e Inglaterra, Alemania y Europa central hasta el Macizo de Bohemia. En ese momento, no solo éramos vecinos de Terranova, también de la actual costa atlántica francesa, de forma que el giro de las estructuras tectónicas del norte del Macizo Ibérico, la conocida "Rodilla Astúrica" (ver figura), tenía su continuidad en el Macizo Armoricano

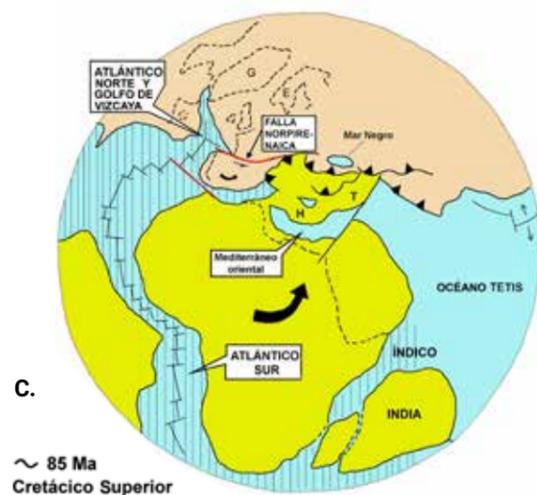
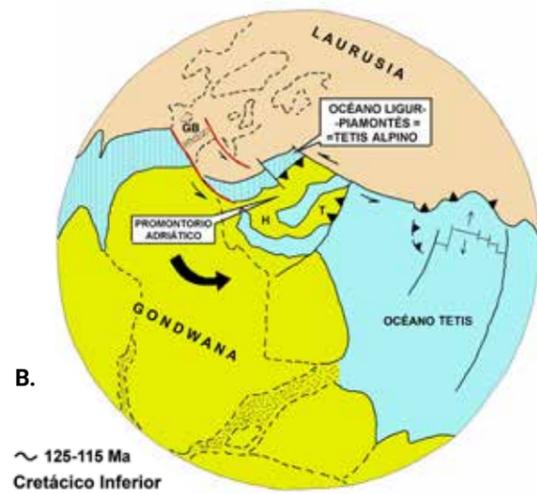
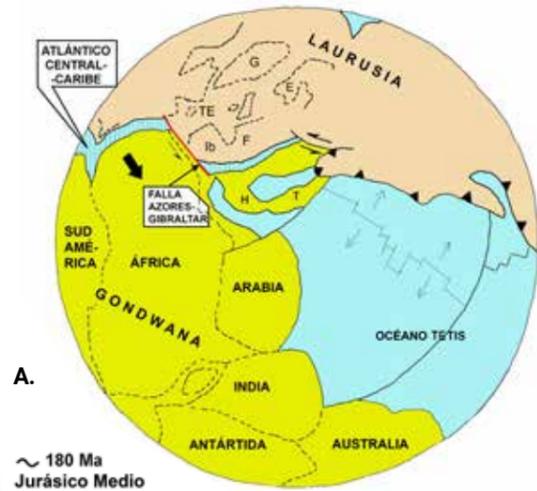
“El Macizo Ibérico es parte de una entidad mayor, la Cordillera Varisca formada durante la Orogenia Hercínica en el periodo Carbonífero, hace unos 300 Ma”.

Esquema geológico de la Península Ibérica y Baleares (arriba) y Paleogeografía global en el Pérmico-Triásico. Siglas: F, Francia; Ib, Iberia; TE, Terranova (abajo).



MACIZO IBÉRICO	CADENAS ALPINAS	CORDILLERA PIRENAICA	CORDILLERA IBÉRICA Y COSTERO-CATALANA
Zona Cantábrica	Cordillera Bética (s.l.)	Cobertura Meso-Cenozoica	Cobertura Meso-Cenozoica
Zona Asturoccidental-Leonesa	Cuencas Cenozoicas	Basamento de la Zona Axial	Basamento Varisco
Zona Centrobética	Cobertura Mesozoica poco o nada deformada	Zona Cantábrica	CORDILLERA BÉTICA Y BALEARES
Zona de Ossa Morena		Zona Asturoccidental-Leonesa	Cuencas Cenozoicas
Zona Surportuguesa			





Esquema simplificado a partir de Stampfli y Borel, 2002

francés, donde Goscinny y Uderzo sitúan la aldea de Asterix y los irreductibles galos. Por eso es más preciso hablar de "Arco u Oroclinal Ibero-armoricano" (de oros= montaña y clinos= doblar, inclinar, en griego).

Con la Orogenia Hercínica, el Macizo Ibérico, fuertemente plegado, con abundantes intrusiones magmáticas, se cratonizó (se hizo rígido) y desde entonces ya solo pudo fracturarse. Es lo que le ocurrió a partir del Pérmico. Al principio, desde el Pérmico hasta aproximadamente los 85 Ma (Cretácico superior), se vio sometido a esfuerzos extensionales. Estos esfuerzos se debieron a la apertura del Atlántico Central-Caribe, primera etapa del desmembramiento de Pangea. A causa de tal apertura, África se desplazaba hacia el este con respecto a Iberia a favor de la falla de Azores-Gibraltar, y entre Iberia y el Promontorio Adriático (parte de África) se abría el Océano Ligur-Piamontés o Tetis Alpino. Con este contexto tectónico extensivo, en los límites y en el interior del Macizo Ibérico se formaron depresiones delimitadas por fallas normales o de desgarre. Estas depresiones, propiamente hablando *cuencas sedimentarias*, se iban rellenando, en parte por los productos de la erosión del propio Macizo Ibérico, así como por sedimentos de origen marino cuando el mar las invadía durante largos periodos.



A.- Paleogeografía global en el Jurásico Medio. Siglas: H, futuras Helénides; T, futuras montañas Taurus; H y T forman parte del Promontorio Adriático, parte de Gondwana. E, Península Escandinava; F, Francia; G, Groenlandia; Ib, Península Ibérica; TE, Terranova.

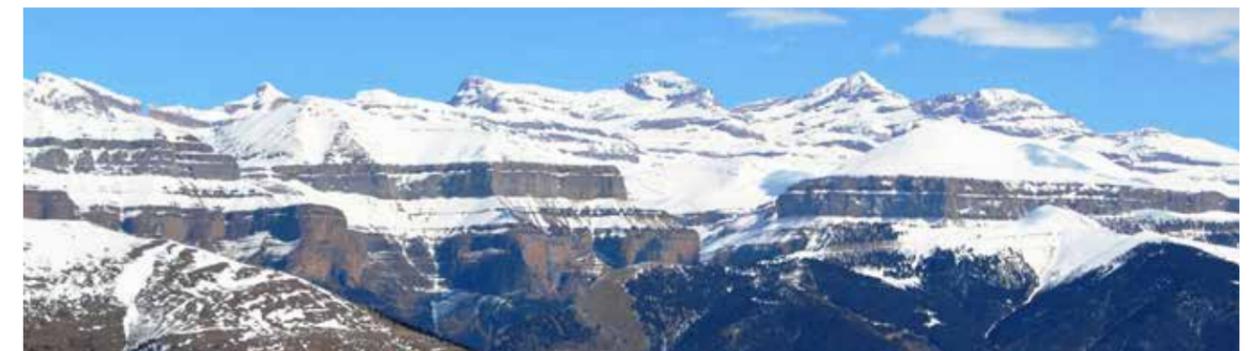
B.- Paleogeografía global en el Cretácico Inferior. En punteado, cuencas intracontinentales (rifts) que preludian la apertura de océanos. Siglas: GB, futuros Grand Banks.

C.- Paleogeografía global en el Cretácico superior. La apertura del Atlántico Norte entre Groenlandia y Canadá resultó ser una vía muerta. Hasta el Cenozoico no se abre su trazado actual entre Groenlandia (G) y la Península Escandinava (E).

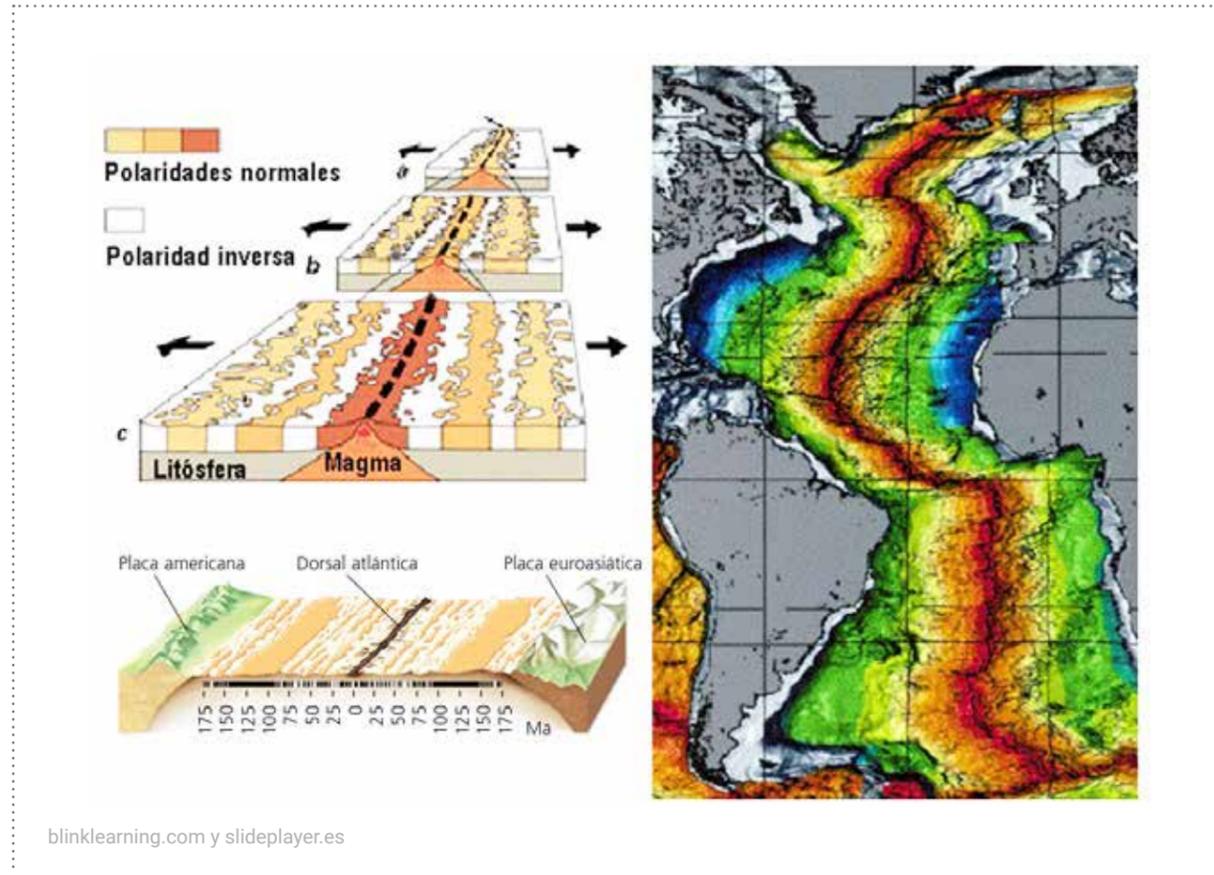
Esta situación persistió durante la mayor parte del Cretácico, mientras se abría el Atlántico Norte frente a las costas portuguesas, separándonos de los, hasta ese momento, vecinos norteamericanos. Y justo entonces fuimos "Balsa de Piedra", porque al norte de Iberia otra falla, la Norpirenaica, nos independizaba de Europa. Imagínese el panorama a cámara rápida: por el sur África se desplazaba hacia el este con respecto a Iberia; por el oeste las costas americanas se perdían en la lejanía, y por el norte Iberia se desplazaba hacia el este con respecto a lo que ahora es Francia. Pero atención, a la vez Iberia giraba unos 35° en sentido antihorario y se creaba el Golfo de Vizcaya (de Gascuña para los franceses), como una prolongación en cuña de la corteza oceánica del Atlántico Norte.

Pero a partir de los 85 Ma los esfuerzos litosféricos sobre Iberia fueron compresivos. Esto fue debido a la apertura acelerada del Atlántico Sur, que hizo girar a África en sentido antihorario al tiempo que la desplazó hacia el norte, comprimiendo mediante su Promontorio Adriático todo el sur de Europa y dando lugar a las cadenas alpinas. En el ámbito del Macizo Ibérico y sus límites, las antiguas fallas normales rejugaron entonces como inversas. A lo largo del Cretácico superior y del Terciario (ahora hay que

Macizo de las tres Sorores (arriba) y Pico de Collarada (abajo). Los Pirineos "que nos separan de Francia" (de nuestras primeras lecciones de Geografía, los límites de España) y nos sueldan a Eurasia.



Imágenes cedidas por los autores.



▲ **Bandas de paleomagnetismo normal e inverso en la corteza oceánica consecuentes al nacimiento de la misma en una dorsal medio oceánica. A la derecha, con distintos colores, un esquema de la edad de la corteza oceánica del Atlántico. La gradación rojo-naranja-amarillo-verde-azul va de más moderno a más antiguo. Nótese el color azul adyacente a la corteza continental únicamente en el Atlántico Central, primero en abrirse.**

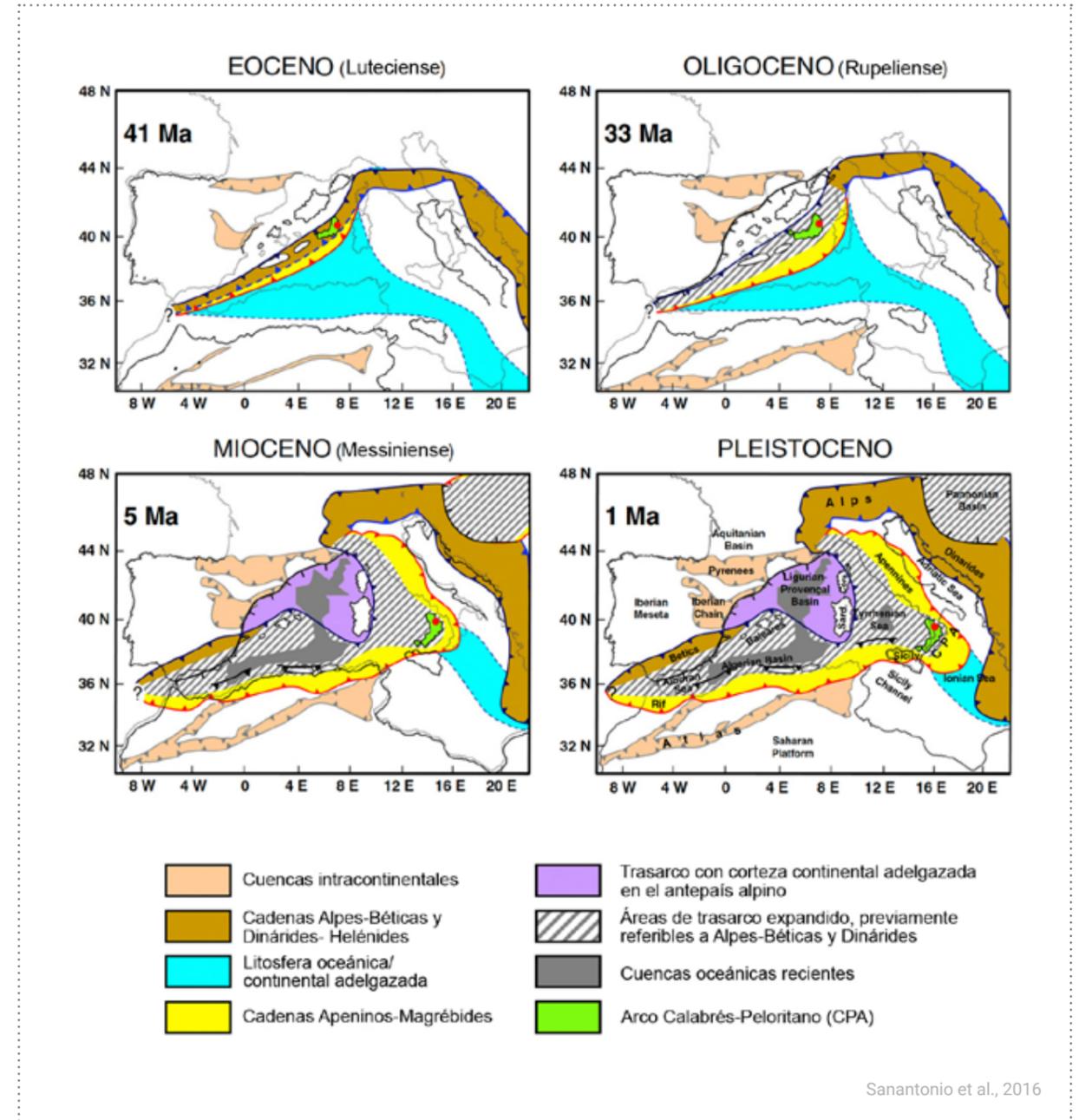
► **Evolución geológica del Mediterráneo Occidental.**

decir Cenozoico), hasta avanzado el Mioceno, se produjo la inversión de las cuencas sedimentarias, cuyos materiales se plegaron y elevaron originando las cadenas alpinas peninsulares: Pirineos, Cordillera Ibérica, Cadenas Costero Catalanas y, por último, la Cordillera Bética, que se prolonga hasta Mallorca. Son los colores verdes del mapa geológico de España de la figura de la página 9.

La creación de los Pirineos es pues consecuencia de la colisión de la microplaca Ibérica con el sur de Eurasia,

a la que quedamos definitivamente anclados. Termina así la verdadera historia de la Balsa de Piedra; ya nunca más derivará Iberia respecto de Eurasia, salvo en el siglo XX en la imaginación de Saramago quien, por cierto, también devuelve a Iberia a su lugar de partida.

Mientras, el Macizo Ibérico, ante las fuerzas compresivas, volvió a fracturarse con fallas inversas, remozando su relieve especialmente en el Sistema Central y la Cordillera Cantábrica. Pero todos esos relieves alpinos



jóvenes también dejan entre sí amplias áreas relativamente deprimidas, a las que van a parar los productos de la erosión de dichas elevaciones. Se forman así las cuencas cenozoicas del Ebro, Duero, Tajo y Guadalquivir, amén de otras menores, pero numerosas, en el interior de las cadenas Béticas, Ibérica y Costero Catalanas. Son los colores amarillos del mapa de la página 9. Al oeste del Macizo Ibérico, en Portugal, se aprecia también el color amarillo de la cuenca cenozoica del Bajo Tajo, así como una franja verde correspon-

diente a materiales mesozoicos apenas deformados, relacionados con la apertura del Atlántico Norte frente a las costas ibéricas.

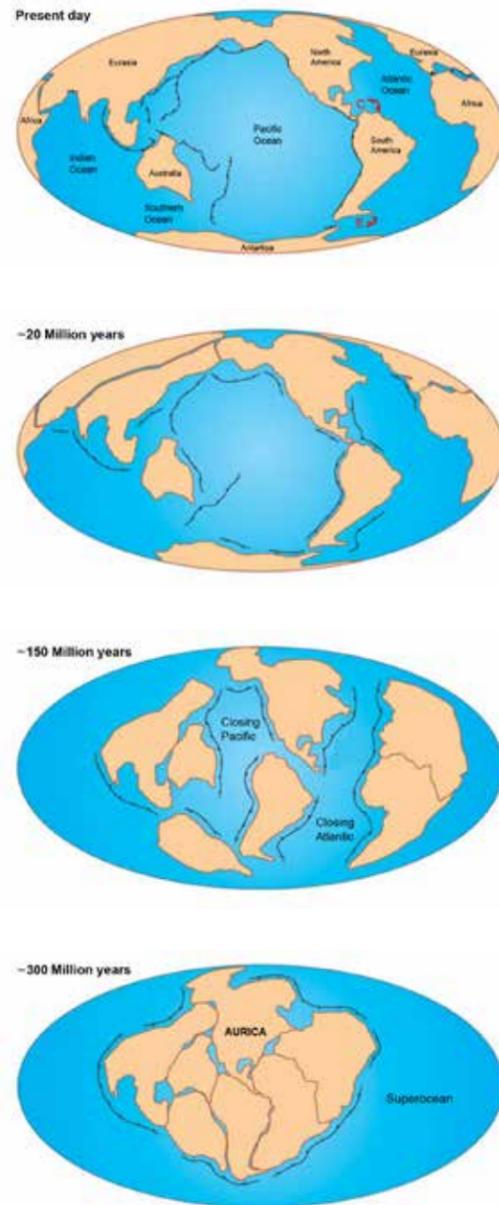
Si el paciente lector se pregunta cómo se han llegado a establecer los grandes rasgos de este capítulo de la historia de la Placa Ibérica y su relación con la creación del Atlántico, la respuesta es: mediante el paleomagnetismo. De forma más específica, del análisis de las bandas magnéticas de la corteza oceánica atlántica, simétricas a

la dorsal medio oceánica y cuya edad, más antigua conforme nos alejamos de ella, es conocida. Ya no hay más que retroceder en el tiempo, “quitando” progresivamente las bandas más modernas y próximas a la dorsal atlántica. Así se va recorriendo el camino inverso, hasta los momentos de iniciación de cada sector del Océano Atlántico.

No se piense, sin embargo, que estamos ante un capítulo cerrado. Siempre quedan cuestiones por matizar y, sobre todo, existe el riesgo de extrapolar, contando exclusivamente con los datos del paleomagnetismo, soluciones a otros aspectos geológicos, en este caso evidentemente relacionados, como es la evolución de cuenca a cadena de los Pirineos... pero pasando por alto muchas evidencias geológicas. Se han publicado así algunos “bellotazos” que no cabe comentar aquí. A las jóvenes generaciones de geólogos les debe quedar la idea de que el paleomagnetismo nos ha proporcionado el paradigma de la Tectónica Global y la posibilidad de reconstruir la paleogeografía del planeta a lo largo del tiempo geológico, pero que la deriva de los continentes, base del paradigma, ya había sido postulada por Wegener (1912) solo con pruebas geológicas ¡y fue rotundamente rechazada en aquel momento por los geofísicos! También hay que recordar los dolores de cabeza de los paleontólogos, que veían necesario un largo tiempo para la evolución biológica, cuando Lord Kelvin calculó, con todo el peso de su autoridad en la Física de entonces, que la edad de la Tierra no podía ser mayor de 100 Ma. ¡Geólogos, no os arruguéis cuando una ciencia “más matemática” contradiga lo que para la vuestra son evidencias!... Pero revisad a fondo vuestros datos.

Para finalizar, el término Placa Ibérica ha salido repetidamente a lo largo de párrafos anteriores. Pero, ¿qué abarcaba esa placa? Pues algo más que la Península actual. Hay que añadir Córcega, Cerdeña, parte de los actuales Apeninos, el Arco Calabrés entre el sur de Italia y Sicilia, las Kabilias argelinas y seguir por el norte de África hasta el Rif marroquí, nada menos. Haciendo otra vez bromas disparatadas, no es raro que la Corona de Aragón abarcase en su momento Nápoles y las islas citadas: no eran más que pedazos del este de Iberia que se habían alejado.

Así pues, ha habido otras “balsas de piedra” en nuestra tormentosa historia geológica, pero esta vez no relacionadas con el Atlántico, sino con el Mediterráneo Occidental, entre Gibraltar y Sicilia. Si resumimos esa historia, viendo la sucesión de paleogeografías de este artículo, el Mediterráneo occidental no es, a diferencia



Elaborado mediante el software GPlates, www.gplates.org C, Placa del Caribe; E, Placa de Escotia

▲
El futuro supercontinente Aurica, según la hipótesis de Duarte et al., (2018).

del Mediterráneo oriental, un residuo del antiguo Tetis (Tethys, si vamos a escribir en inglés), ni del Océano Ligur-Piamontés o Tetis Alpino, creado en el Jurásico y Cretácico, sino un mar más moderno que evoluciona desde los 33 Ma hasta hoy. En este tiempo, la parte oriental de la Placa Ibérica se desligó del resto y migró hacia el este y hacia el sur como consecuencia del progresivo acercamiento de África. Se creó el arco montañoso Apeninos-Magrébides-Béticas, un anillo casi completo que deja pequeño al Oroclinal Ibero-Armoricano. Este arco montañoso, en su progresivo desplazamiento, consume el Tetis Alpino, y detrás del mismo se forman nuevas cuencas marinas (cuencas de *trasarco*) que, en conjunto, forman el Mediterráneo Occidental: el Golfo de Valencia, el Mar de Alborán y las cuencas Argelina, Ligur-Provenzal-Balear, y la del Tirreno, estas tres últimas ya con corteza oceánica.

Y África sigue empujando, moviéndose hacia el norte con respecto a Eurasia. Está predicho que el Mediterráneo desaparecerá en un futuro lejano y que se podrá pasar de África a Europa a pie enjuto. No habrá ya necesidad de pateras para venir a Europa, si aún hay entonces *Homo sapiens* y emigración desde el sur. Aún más, existen hipótesis de cómo se llegará a un nuevo supercontinente. La más reciente es la de Duarte et al. (2018), que sitúan su establecimiento para dentro de unos 300 Ma, a consecuencia del cierre tanto del océano Pacífico como del Atlántico. El Atlántico es, actualmente, un océano en expansión, de márgenes pasivos, pero ya presenta dos áreas con subducción, las placas del Caribe y de Scotia (figura de la página 6), preludeo, según estos autores, de la generalización de la subducción a todos sus márgenes. Esa masa continental, con Australia y las Américas en el centro (de ahí que denominen Aurica a tal entidad), quedaría rodeada de un superocéano resultante de la expansión del Índico y del Antártico. ¡Quién pudiera verlo!

REFERENCIAS

- Duarte, J.C., Schellart, W.P. and Rosas, F.M., 2018. The future of Earth’s oceans: consequences of subduction initiation in the Atlantic and implications for supercontinent formation. *Geological Magazine*, 155: 45.
- Sanantonio, M., Fabbi, S. and Aldega, L., 2016. Mesozoic architecture of a tract of the European-Iberian continental margin: Insights from preserved submarine palaeotopography in the Longobucco Basin (Calabria, Southern Italy). *Sedimentary Geology*, 331: 94.
- Stampfli, G.M. and Borel G.D., 2002. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary Science Letters*, 196: 17.
- Torsvik, T.H. et al., 2012. Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics. *Earth-Science Reviews*, 114: 325.
- Vera, J.A.(editor principal), 2004. *Geología de España*. Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 884 pp.
- Wegener, A. (1912): Die Entstehung der Kontinente. *Geologische Rundschau*, 3(4): 276.

Gonzalo Pardo y Concepción Arenas
Dpto. de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza