

La deriva continental.

En el periodo entre 1908 y 1912, las teorías de la deriva continental fueron

propuestas por el geólogo y meteorólogo alemán Alfred Wegener (1880–1930).

Wegener, defendió la teoría de la deriva de los continentes en una época en que los medios tecnológicos para desmostrarla no se habían desarrollado todavía. Fue profesor de meteorología en la Universidad de Graz desde 1924 hasta 1930. A partir de diversas evidencias, renovó la idea de que todos los continentes estuvieron en un momento dado unidos en una gran área de tierra que él llamo Pangea. Más tarde sostuvo que ese supercontinente habría comenzado a dividirse hace aproximadamente 200 millones de años en dos partes: una norte que él llamo Laurasia, y una sur llamada Gondwana por el geólogo austriaco Eduard Suess. Las teorías de Wegener, descritas en *El origen de los continentes y de los océanos* (1915), no fueron corroboradas por los científicos hasta 1960, cuando la investigación oceanográfica reveló el fenómeno conocido como expansión del fondo del mar, atribuida al geólogo norteamericano Harry Hammond Hess. Wegener murió durante una expedición a Groenlandia. Wegener descubrió que las placas continentales se rompen, se separan y chocan unas con otras. Estas colisiones deforman los sedimentos geosinclinales creando las cordilleras de montañas futuras. Los trabajos geofísicos sobre la densidad de la Tierra y las observaciones de los petrólogos habían mostrado con anterioridad que la corteza terrestre se compone de los materiales bien distintos: el sima, formado por silicio y magnesio, por lo general basáltica y característica de la corteza oceánica; y el sial, de silicio y aluminio, por lo general granítica y característica de la corteza continental. Wegener creía que las placas continentales sialicas se deslizaban sobre la corteza oceánica simática como hacen los icebergs en el océano. Este razonamiento era falaz, porque la temperatura de fusión del sima es mayor que la del sial. Después los geólogos descubrieron la llamada astenosfera, capa semisolida, situada en el manto terrestre debajo de la corteza, a profundidades entre 50 y 150 km. Primero se conjeturó y luego se demostró sísmicamente que era un material plástico que podía fluir despacio. Para Wegener, las causas de la deriva continental se podían deber a diversas causas como: la fuerza centrifuga de la tierra, el efecto de las mareas y a la fuerza polar, que hacía que los continentes se desplazaran desde los polos al Ecuador.

Argumentos para justificar la teoría de la deriva continental.

Pruebas paleontológicas. Se hallaron fósiles de un mismo helecho de hoja caduca en Sudamérica, Sudáfrica, Antártida, India y Australia. Así como fósiles del reptil Lystrosauros en Sudáfrica, India y Antártida, y fósiles de Mesosauros en Brasil y Sudáfrica. Esto indicaba que tanto esta fauna como la flora pertenecían a unas mismas zonas comunes que se irían distanciando con el paso del tiempo, claro esta, con el deslizamiento de los continentes.

Pruebas geológicas. Por un lado, el ajuste de los bordes de la plataforma continental entre los continentes africano y sudamericano, esto es, que encajaban el uno con el otro. Por otro lado, la continuación de las cadenas montañosas en el continente sudamericano y en el africano, hoy en día separadas por el océano Atlántico. Y por ultimo, la continuación de las cadenas montañosas europeas y norteamericanas. Actualmente separadas por el océano Atlántico.

Pruebas paleomagnéticas. Se puede saber cuál era la posición de los continentes con respecto a los polos, atendiendo al magnetismo procedente de la composición de sus rocas. De esta forma, observando los trazados magnéticos se llegó a la conclusión de que hubo con anterioridad una conglomeración de los continentes actuales.

Pruebas paleoclimáticas. La presencia de un mismo modelo erosivo en distintos continentes, da pie a pensar, que todos ellos permanecieron en el pasado unidos ya que poseían el mismo clima. Por ejemplo, los mismos

depósitos morrénicos en Sudáfrica, Sudamérica, India y Australia.

Distribución actual de los seres vivos. Después de la fragmentación de los continentes, se han encontrado especies que poseen características iguales, en determinados continentes, con la única diferencia de que éstas han ido evolucionando según su nuevo entorno. Por ejemplo, el caracol de jardín encontrado tanto en Norteamérica como en Eurasia.

Atendiendo a todo lo mencionado anteriormente Wegener trató de defender su teoría de la deriva continental. Indicó que las formaciones rocosas de ambos lados del océano Atlántico—en Brasil y en África occidental—coinciden en edad, tipo, estructura y encajaban. Además, con frecuencia contienen fósiles de criaturas terrestres que no podrían haber nadado de un continente al otro. Estos argumentos paleontológicos estaban entre los más convincentes para muchos especialistas, pero no impresionaban a otros.

Los mejores ejemplos dados por Wegener de las fronteras continentales hendidas, como he mencionado, estaban a ambos lados del océano Atlántico. De hecho, se comprobó el encaje preciso mediante computadora y el ajuste era casi perfecto. El error medio de estos límites es menor a un grado. Sin embargo, a lo largo de otras márgenes oceánicas, no se encuentra una complementariedad similar: por ejemplo, en el cinturón que circunvala el Pacífico o en el sector de Myanmar (Birmania). Estos puntos de discrepancia subrayan una característica de los bordes continentales señalada por el geólogo vienes Eduard Suess, hacia 1880. Reconoció un tipo atlántico de margen, identificado por el truncado abrupto de antiguas cadenas montañosas y por estructuras hendidas, y un tipo pacífico, marcado por montañas dispuestas en cordilleras paralelas, por líneas de volcanes y por terremotos frecuentes. Para muchos geólogos, las costas de tipo pacífico parecen estar localizadas donde los geosinclinales se deforman y se elevan para formar montañas.

Historia del pensamiento geológico.

Los pueblos antiguos consideraban muchas características y procesos geológicos como la obra de dioses. Observaban el entorno natural con miedo, admiración y como algo peligroso y misterioso. Así, los antiguos sumerios, babilonios y otros pueblos, pese a realizar descubrimientos notables en matemáticas y astronomía, erraban en sus investigaciones geológicas al hacer una simple interpretación personal de los procesos geológicos. Las leyendas irlandesas, por ejemplo, sugerían que los gigantes eran responsables de algunos fenómenos naturales, como la formación por meteorización de las columnas basálticas conocidas ahora como el Camino de los Gigantes. Estos mitos también eran corrientes en las civilizaciones del Nuevo Mundo; por ejemplo, los pueblos indígenas americanos pensaban que los surcos en los flancos del que se llegó a conocer como la Torre del Diablo en Wyoming eran las huellas de las garras de un oso gigante. Otras culturas como los mixtecos (Méjico), sostienen en sus tradiciones que sus dioses titulares los guiaron a la zona montañosa de Oaxaca, Guerrero y Puebla, de donde emergieron las primeras dinastías.

De la antigüedad a la edad media.

De modo similar, en la Grecia y Roma antiguas, muchos de los dioses estaban identificados con procesos geológicos. Por ejemplo, las erupciones volcánicas de Sicilia eran atribuidas a Vulcano. Se atribuye al filósofo griego Tales de Mileto del siglo VI a. C., la primera ruptura con la mitología tradicional. Consideraba los fenómenos geológicos como sucesos naturales y ordenados que pueden ser estudiados a la luz de la razón y no como intervenciones sobrenaturales. El filósofo griego Democrito hizo progresar esta filosofía con la teoría según la cual toda la materia se componía de átomos. Basándose en esta teoría, ofreció explicaciones racionales de todo tipo de procesos geológicos: los terremotos, las erupciones volcánicas, el ciclo del agua, la erosión y la sedimentación. Sus enseñanzas fueron expuestas por el poeta Lucrecio en su poema *Sobre la naturaleza de las cosas*. Aristóteles, uno de los filósofos de la naturaleza más influyente de todos los tiempos, descubrió en el siglo IV a. C. que las conchas fósiles encajadas en estratos de roca sedimentaria eran similares a las encontradas en las playas. Con esta observación supuso que las posiciones relativas de la tierra y del mar habían fluctuado en el pasado y comprendió que estos cambios requerían grandes períodos de tiempo.

Teofrasto, discípulo de Aristóteles, contribuyó al pensamiento geológico escribiendo el primer libro de mineralogía. Se llamaba Sobre las piedras, y fue la base de la mayoría de las mineralogías de la edad media y de épocas posteriores.

El renacimiento.

El renacimiento marcó el verdadero inicio del estudio de las ciencias de la Tierra; la gente empezó a observar los procesos geológicos mucho más que los griegos clásicos lo hicieron. Si Leonardo da Vinci no fuera conocido como pintor o ingeniero, los sería como pionero de la ciencia natural. Se dio cuenta, por ejemplo, de que los paisajes están esculpidos por fenómenos de erosión, y de que las conchas fósiles de las piedras calizas de los Apeninos eran los restos de organismos marinos que habían vivido en el fondo de un mar antiguo que debía de haber cubierto Italia.

Después de Leonardo, el filósofo de la naturaleza Bernard Palissy escribió sobre la naturaleza y el estudio científico de los suelos, de las aguas subterráneas y de los fósiles. Los trabajos clásicos sobre minerales de este periodo fueron escritos, sin embargo, por Georgius Agricola, un alemán experto en minería que publicó De Re Metallica (1556) y De Natura Fossiliun(1546). Agricola recopiló los desarrollos más recientes de geología, mineralogía, minería y metalurgia de su época; sus trabajos fueron traducidos con gran interés al resto de las lenguas más universales.

Siglo XVII

Niels Stensen, un danés – más conocido por la versión latina de su nombre, Nicolaus Steno– sobresale entre los geocientíficos del siglo XVII. En 1669 demostró que los ángulos interfaciales de los cristales de cuarzo eran constantes, con independencia de la forma y del tamaño de los cristales y que, por extensión, la estructura de otras especies cristalinas también sería constante. Así, al llamar la atención sobre el significado de la forma de los cristales, Steno sentó las bases de la ciencia de cristalografía. Sus observaciones sobre la naturaleza de los estratos de roca le llevaron a formular la ley de la superposición, uno de los principios básicos de la estratigrafía.

Siglos XVIII y XIX.

El pensamiento geológico del siglo XVIII se caracterizó por los debates entre escuelas opuestas. Los plutonistas, que proponían que todas las rocas de la Tierra se solidificaron a partir de una masa fundida y que luego fueron alteradas por otros procesos, se oponían a los neptunistas, cuyo principal exponente fue el geólogo alemán Abraham Gottlob Werner. Werner proponía que la corteza terrestre consistía en una serie de capas derivadas de material sedimentario depositadas en una secuencia regular por un gran océano, como en las capas de una cebolla. Por el contrario, el geólogo escocés James Hutton y los plutonistas, como eran llamados sus seguidores, distinguían las rocas sedimentarias de las intrusivas de origen volcánico.

En 1785, Hutton introdujo el concepto de uniformitarianismo según el cual la historia de la tierra puede ser interpretada sirviéndose sólo de los procesos geológicos ordinarios conocidos por los observadores modernos. Pensó que muchos de estos procesos, actuando de manera muy lenta como lo hacen ahora, tardarían millones de años en crear los paisajes actuales. Esta teoría contradecía todas las opiniones teológicas de su tiempo que consideraban que la Tierra tendría unos 4000 años. Los antagonistas de Hutton, liderados por el naturalista francés Georges Cuvier, creían que los cambios bruscos y violentos –catástrofes naturales como inundaciones y seísmos –eran los responsables de las características geológicas terrestres. Por esta razón se les denominaban catastrofistas.

El debate enfervorizado establecido entre estas dos escuelas empezó a declinar hacia el lado de los uniformitarios con la publicación de los Principios de Geología (1830–1833) de Charles Lyell. Nacido en 1797, año de la muerte de Hutton, Lyell se convirtió en la mayor influencia sobre la teoría geológica moderna,

atacando con valentía los prejuicios teológicos sobre la edad de la Tierra y rechazando los intentos de interpretación de la geología bajo la luz de las Santas Escrituras.

En las colonias de América del Norte, el conocido topógrafo, delineante y cartógrafo Lewis Evans había hecho notables contribuciones al saber geológico de América antes del influyente trabajo de Lyell. Para Evans era evidente que la erosión de los ríos y los depósitos fluviales eran procesos que

habían ocurrido en el pasado. Además, a lo largo de su trabajo, apareció el concepto de isostasia: la densidad de la corteza terrestre decrece al crecer su espesor.

Junto al trabajo de Lyell, los principales avances de la geología en el siglo XIX fueron las nuevas reacciones contra los conceptos tradicionales, la promoción de la teoría glacial, el inicio de la geomorfología en América, las teorías sobre el crecimiento de las montañas y el desarrollo de la llamada escuela estructuralista.

Muchos geólogos del siglo XIX comprendieron que la Tierra es un planeta con actividad térmica y dinámica, tanto en su interior como en su corteza. Los que eran conocidos como estructuralistas o neocatastrofistas creían que los trastornos catastróficos o estructurales eran responsables de las características topográficas de la Tierra. Así, el geólogo inglés Willian Buckland y sus seguidores postulaban cambios frecuentes del nivel marino y cataclismos en las masas de tierra para explicar las sucesiones y las roturas, o disconformidades, de las secuencias estratigráficas. Por el contrario Hutton consideraba la historia terrestre en términos de ciclos sucesivos superpuestos de actividad geológica. Llamaba cinturones orogénicos a las cintas largas de rocas plegadas, que se creía que eran resultado de una variedad de ciclos, y orogénesis de la formación de montañas por los procesos de plegamiento y de elevación. Otros geólogos apoyaron más tarde estos conceptos y distinguieron cuatro grandes períodos orogénicos: el huronense (final de la era precámbrica); el caledonio (principio de la era paleozoica); el hercíniano (final de la era paleozoica) y el alpino (final del período cretácico).

Siglo XX

Los avances tecnológicos de este siglo han suministrado herramientas nuevas y sofisticadas a los geólogos y les han permitido medir y controlar los procesos terrestres con una precisión antes inalcanzable. En su teoría básica, el campo de la geología experimentó una gran revolución con la introducción y el desarrollo de la hipótesis de la tectónica de placas que establece que la corteza de la Tierra se divide en varias placas que se mueven, chocan o se alejan en intervalos geológicos.

Se considera ahora que las placas grandes empiezan en dorsales oceánicas y de otros tipos, llamados centros de extensión, y se mueven hacia fosos submarinos, o zonas de subducción, donde la materia de la corteza desciende de nuevo. Los lugares de la Tierra donde se producen los grandes terremotos tienden a situarse en los límites de estas placas sugiriendo que la actividad sísmica puede interpretarse como el resultado de movimientos horizontales de éstas.

Fue apoyada más tarde por la exploración de las profundidades marinas, gracias a la cual se obtuvieron pruebas de que el fondo marino se extiende creando un flujo de corteza nueva en las dorsales oceánicas. El concepto de la tectónica de placas se ha relacionado desde entonces con el origen y el crecimiento de los continentes, con la generación de corteza continental y oceánica y con evolución temporal. De esta forma, los geólogos del siglo XX (Hess) han desarrollado una teoría para unificar muchos de los procesos más importantes que dan forma a la Tierra y sus continentes.

La ciencia y la geología de hoy a debate.

Los científicos engañan desde siempre, y no solo los mediocres; entre la nómina de falsificadores nos encontramos con los nombres de prestigiosos premios Nobel y con los creadores de la ciencia moderna. Por

ejemplo, Galileo, padre del método experimental, no llevó de verdad a cabo los famosos experimentos que probaban el movimiento rotatorio de la Tierra. Newton ajustaba sus cálculos matemáticos, o mejor dicho inventaba nuevas ecuaciones matemáticas para que se correspondiesen con las realidades teóricas. Un ejemplo de ello es que se invento coeficientes de humedad y de rozamiento para hacer cuadrar la velocidad del sonido. Estos científicos engañaban para salvar algunos escollos en aras de realizar una valiosa contribución científica. Pero hoy en día es todo lo contrario, desde que la ciencia paso de vocación o simplemente de mero instrumento para descubrir la verdad de una forma noble, a pasado a ser una profesión como otra cualquiera, y por lo tanto esta inmersa en las estrategias de la oferta y la demanda. La ciencia engaña por dinero, para poder financiar investigaciones, proyectos, instituciones, o por el mero afán de lucro.

El fraude científico ha pasado a ser un hecho habitual, y para combatirlo se han creado comisiones de investigación especializadas en distintas disciplinas científicas.

Los límites entre el conocimiento y el mundo o el texto y la interpretación ya no existen; la mente está renovando y redefiniendo constantemente los textos que trata de dar a conocer. Esto implica que la ciencia ya no puede presumir de coherencia lógica o de forma de descubrir la verdad.

La ciencia, que en el pasado se consideraba la piedra de toque del conocimiento legítimo, ha perdido su supuesta unidad. A medida que produce más y más disciplinas, se hace más difícil sostener que todas forman parte de ese juego cognitivo de la realidad. Cada una de ellas generan unos discursos y unas reflexiones que se me antojan de calificarlas como autoritarias. Hemos pasado de la autoridad de la sotana negra a la autoridad de la bata blanca. Los científicos deben ser mucho más modestos que hasta ahora, de forma que, en vez de establecer definitivamente como son las cosas, solo puedan dar opiniones. Los científicos ya no legislan, solo interpretan.

Que pinta la Geología en todo este entramado. Pues bien, la Geología se vale de otras ciencias para formular sus postulados, tesis. Etc. Entre las disciplinas científicas que escoge la geología para proseguir su labor de investigación se encuentra, como no, la matemática y la informática. De todos es sabido, que actualmente la Geología sirve de referencia o de consulta para reafirmar los postulados de otras ciencias (Paleontología, Hidrología, Medio Ambiente) e incluso es capaz de prevenir futuras catástrofes. Esto último lo considero una verdad a medias. Es obvio que en las zonas de subducción se produzcan terremotos o fenómenos asociados al vulcanismo. ¿Pero es capaz la geología de predecir con exactitud cuando y como se producirá algún tipo de estos fenómenos?. Siempre que hablamos de hacer predicciones, lo primero que se nos viene a la cabeza, es la imagen de un señor mirando a una bola de cristal o interpretando los posos que deja el café en una taza. La forma de predicción que tiene la Geología esta basada como he dejado entrever anteriormente en la matemática y en la informática. Pero yo me pregunto ¿son estas herramientas fiables para realizar predicciones? ¿cuáles son las verdaderas funciones de la matemática y de la informática hoy en día?

Actualmente, son muchos los que pensamos que la matemática a tocado fondo. La matemática se ha convertido en una ciencia retórica cuyo fin es la persuasión. Estadísticas, cálculo de probabilidades, ecuaciones, formulaciones difíciles de interpretar, todo ello sirve de base en numerosas ocasiones para que los matemáticos hagan creer al resto de los científicos abstracciones que no se corresponden con la realidad. La erupción de un volcán, la sacudida violenta de un terremoto, las coladas de agua y fango provenientes de precipitaciones inusuales, en definitiva esas sorpresas azarosas de la naturaleza, considero que no se pueden predecir. Las leyes de la naturaleza se rigen por las normas del azar y éstas no pueden ser expresadas mediante una ecuación matemática. En cuanto a la informática, sucedáneo de la matemática, es la única disciplina fundada en una máquina, lo que tiene interesantes consecuencias, como la imposibilidad de saber cuándo quedaron los geólogos bajo el dominio de estos instrumentos que se crearon para que estuvieran subordinados a su amparo. El geólogo proyecta una subjetividad inteligente en el ordenador y el ordenador se convierte en criterio para definir su inteligencia. Y curiosamente los datos que aporta un ordenador se toman mucho más en serio que otros que se toman de una forma empírica. Estos nuevos medios de investigación electrónicos presagian un mundo de puros simulacros, de modelos, códigos y digitalidad en unas imágenes que en la

pantalla del ordenador se han convertido en realidad, pero lo único que han conseguido hacer es distorsionar la verdad y a no saber cuales son los límites entre lo real y la ficción. Teniendo estos argumentos en cuenta creo que la geología debe quedar en una ciencia descriptiva e interpretativa y en todo caso preventiva, pero nunca predictiva.

Deriva continental y pensamiento geológico.