
UN ESBOZO DE LA GEOLOGÍA DE VENEZUELA

Franco Urbani¹

INTRODUCCIÓN

La Tierra es un cuerpo planetario dinámico que evoluciona y cambia continuamente desde el punto de vista físico, pero los cambios son muy lentos y por consiguiente, casi imperceptibles en términos de pocos años de la vida de un ser humano (excepto los producidos por eventos rápidos como terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones y movimientos de masas). De hecho, la magnitud del tiempo geológico es un concepto difícil de imaginar dado que tratamos de millones y miles de millones de años (Fig. 1), en los que las formas de vida han evolucionado desde organismos unicelulares, hasta la compleja red de vida que hoy conocemos. Simultáneamente, a lo largo de miles de millones de años, la distribución de las tierras y mares en la superficie terrestre ha cambiado drásticamente y en forma muy distinta a la geografía actual. Las ideas pioneras de la deriva continental comenzaron en 1912 con Alfred Wegener, hasta que la posterior acumulación del conocimiento geológico y geofísico permitió plantear formalmente la teoría de tectónica de placas. Ésta comenzó a popularizarse a principios de los años 60 y al presente ha demostrado ser un instrumento integrador de casi todas las disciplinas geológicas; permitiendo interpretar la evolución del planeta y la distribución a través del tiempo de las masas continentales en la superficie terrestre, así como hasta aspectos muy prácticos, como predecir los mejores lugares para el hallazgo de recursos minerales y acumulaciones de hidrocarburos, la definición de las zonas de riesgo sísmico y volcánico, y muchos otros fenómenos.

Con el estado actual del conocimiento sabemos que la superficie terrestre está dividida en una docena de grandes placas tectónicas (Fig. 2), constituidas tanto por bloques continentales como por zonas oceánicas. Debido a procesos que se generan en el manto a cientos de kilómetros de profundidad y en el núcleo del planeta, a más de 3.000 km de profundidad. Estas placas superficiales relativamente rígidas y frías, se mueven y acomodan entre sí de manera que en sus zonas de contacto o límites, ocurren los más diversos procesos geológicos. Si los fenómenos de volcanismo y los sismos se representaran en un mapa, las zonas donde son más frecuentes, están ubicadas en los límites de las placas; el mejor ejemplo de lo expuesto, lo constituye el llamado cinturón de fuego alrededor del océa-

no Pacífico, con sus cientos de volcanes activos y violenta sismicidad.

Historia geológica

Para ilustrar la distribución de los continentes en el tiempo, expliquemos algunas de sus últimas etapas, y de qué manera afectaron el actual territorio de Venezuela (González de Juana *et al.*, 1980) (Fig. 3):

- En el período Pérmico, hace unos 225 millones de años (Ma), existió un gran continente denominado Pangea, el cual lentamente se fue fragmentando.

- Hace unos 180 Ma (período Jurásico) se generó una gran zona de fracturas en la parte media de Pangea, separándola en dos partes: hacia el norte permanecía unida una gran masa continental de lo que hoy son Norte América, Europa y Asia, y al sur todos los demás continentes juntos, existiendo un mar entre ambos, denominado Mar de Thetis.

- Luego hace unos 125 Ma (período Cretácico), dentro de la masa continental meridional se formaron extensos sistemas de fracturas permitiendo la separación de los ahora continentes de América del Sur, África, Australia, Antártica y la península de la India. De esa manera poco a poco se ha llegado hasta la configuración actual. La unión de Norte y Sur América a través del istmo de Panamá es un evento relativamente reciente y se estableció hace unos 3 Ma en el período Plioceno.

En forma muy generalizada, nuestro país se puede dividir en dos grandes regiones geológicas: La primera corresponde a la Guayana, al sur del río Orinoco; mientras que la segunda se ubica al norte del mismo río, e incluye todos los demás sistemas montañosos, de colinas y llanuras.

El sur del país geológicamente corresponde al Escudo de Guayana, el nombre escudo se aplica a extensas regiones con rocas de edad Precámbrico, que en general se encuentran ubicadas en el núcleo de los continentes. En nuestro caso el Escudo de Guayana junto al de Brasil, no son más que fragmentos de la antigua Pangea, por consiguiente sus rocas encierran una larga historia geológica desde tiempos muy antiguos, pero no han sufrido considerable eventos de tectonismo y deformación desde el Proterozoico. Durante todo ese largo tiempo de quietud, su superficie ha sufrido una intensa erosión de manera que ha servido de fuente de sedimentos para las cuencas marinas adyacentes al continente, inclusive hasta el presente, donde dichos sedimen-

¹Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Laboratorio de Geología y Geoquímica (330). Ciudad Universitaria y Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, El Llanito. Caracas. Venezuela. Correo-e.: urbanifranco@yahoo.com

tos llegan al delta del río Orinoco. La parte con rocas más antiguas corresponde al Complejo de Imataca, ubicado al norte de la falla de Gurí, hasta el río Orinoco y abarcando parte de la sierra de Imataca. Sus rocas tienen edades mayores a 2.800 Ma, con algunos sectores cercanos a Gurí con edades probablemente mayores a 3.200 Ma, estas antiguas rocas fueron sometidas a intensos procesos de metamorfismo y deformación. Más al sur se encuentran los cinturones de rocas verdes, de origen volcano-sedimentario y las extensas intrusiones graníticas de las provincias de Pastora, denominadas Complejo de Supamo, con edades superiores a 2.300 Ma. Posteriormente, hace unos 1.900 a 1.800 Ma atrás, ya entrando en un período de relativa tranquilidad tectónica que continúa hasta nuestros días, ocurrió la sedimentación de las rocas del Grupo Roraima, cuyos remanentes erosionales forman las típicas mesetas de las tierras altas de Guayana, como los conocidos tepuyes de la Gran Sabana en el estado Bolívar, y las altas montañas de Cuao-Sipapo, Parú, Duida, Marahuaca y Neblina en el estado Amazonas. Durante el tiempo de la sedimentación de Roraima hubo volcanismo que dio

lugar a la formación de estratos de pseudo-jaspe (ej: Quebrada Jaspe), posteriormente a su sedimentación se generó un gran pulso ígneo produciendo las extensas intrusiones de cuerpos verticales (diques) y horizontales (sills) de diabasa, que es una roca de color verde oscuro y de grano fino, que definen la "provincia magmática de Roraima". Posteriormente, ocurrió una variada actividad ígnea intraplaca y anorogénica, en la cual fueron intrusivos grandes plutones como el Granito del Paraguaza (1.500 Ma), con su característica textura rapakivi, granitos alcalinos de menor extensión pero muy dispersos, cuerpos circulares alcalinos como el de La Churuata, al pie del cerro Duida, en Amazonas y posiblemente el gran complejo carbonatítico del cerro Impacto. Finalmente, una reactivación de eventos anorogénicos produjo la intrusión de sills y diques de kimberlita y lamprofiro en la región de Guaniamo, hace unos 830-700 Ma. La misma apertura del Atlántico fue responsable de la posterior intrusión de enjambres muy extendidos de diques de diabasa o basalto, de edad Jurásico, a lo largo y ancho del Escudo de Guayana.

Eon	Era	Período	Época	Millones de años	Eventos geológicos y biológicos mayores	
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0,01	Llegada de los humanos a Venezuela	
			Pleistoceno	1,6	Humanos tempranos	
		Terciario	Neógeno	Plioceno	5,3	
				Mioceno	23,7	Elevación de los Andes y la Cordillera de la Costa
			Paleógeno	Oligoceno	36,6	
				Eoceno	57,8	Formación de los carbones de Guasare
		Paleoceno	66	Extinción de los dinosaurios		
		Mesozoico	Cretácico		144	Sedimentación de las formaciones La Luna y Querecual
	Jurásico			208	Sedimentación de las Formación La Quinta	
	Triásico			245	Primeros mamíferos Primeros dinosaurios	
	Paleozoico		Pérmico	286	Magmatismo del macizo de El Baúl	
			Carbonífero	360	Primeros reptiles	
			Devónico	408	Primeros anfibios	
			Silúrico	438	Primeras plantas terrestres	
			Ordovícico	505	Primeros peces	
	Proterozoico	Cámbrico	570	Kimberlitas de Guaniamo		
			Súpergrupo Roraima			
Arqueano		2500				
Precámbrico			4000	Rocas de la zona de Gurí Primeros registros de fósiles		
	Hadeano		4600			

Fig. 1. Tabla del tiempo geológico con los principales eventos en el ámbito mundial y de Venezuela. Traducido y modificado de Kulp (1961).



Fig. 2. Esquema de las principales placas tectónicas. Traducido de Tilling et al. (1987).

En el extenso territorio al Norte de nuestro máximo río, se dilatan amplios llanos bordeando los sistemas montañosos de los Andes de Mérida, la sierra de Perijá, las serranías de Lara - Falcón y la Cordillera de la Costa; éstos han sido elevados hasta la topografía actual como producto de la compleja interacción entre las placas Caribe y Suramericana, en tiempos geológicos relativamente jóvenes del Cretácico Tardío continuando, hasta nuestros días. En esta amplia región hay bloques de rocas ígneas y metamórficas del Proterozoico emplazados tectónicamente, como ocurre en los Andes de Mérida en la Asociación Sierra Nevada y el Complejo Iglesias, en la sierra de Perijá con el Esquisto de Perijá, el Augengneis de Peña de Mora, las metaígneas de Yumare y el mármol de alto grado metamórfico de El Guayabo en la Cordillera de la Costa, para mencionar sólo algunos. En cuencas alrededor del escudo Precámbrico se depositaron rocas sedimentarias de edad Paleozoico, que hoy igualmente se encuentran dispersas en las cordilleras, pero en su mayoría fueron sometidas a eventos metamórficos que produjeron cambios notables en su mineralogía y textura. Un buen ejemplo de estas rocas es la Filita de Mireles, situada en el macizo de El Baúl, con una fauna fósil de trilobites del Silúrico. En el Paleozoico también ocurrieron diversos eventos intrusivos (Viscarret, 2009), fundamentalmente de

naturaleza granítica, también esparcidos en las cordilleras.

El Mesozoico comienza con levantamientos regionales y erosión, pero cuando en el Jurásico se empieza a separar África de Suramérica, los esfuerzos a escala continental forman sistemas de fracturas que producen cuencas sedimentarias intracontinentales generalmente alargadas y con dirección Noroeste-Suroeste (grabens), esto acompañado por un adelgazamiento de la corteza continental ('rifting'). Estas cuencas fueron rellenadas con sedimentos terrígenos continentales, intercalados con material volcánico, a menudo piroclástico. Estas rocas generalmente son de colores rojizos a violáceos; hoy en día se encuentran aflorando en los Andes de Mérida y en la sierra de Perijá como la Formación La Quinta. Rocas similares se han encontrado en el subsuelo del estado Guárico, a partir de las perforaciones exploratorias de la industria petrolera (Formación Ipire).

En el período Cretácico la mayor parte del norte del país se encuentra cubierto por mares epicontinentales, permitiendo la sedimentación de una espesa secuencia de rocas, que hoy día afloran en gran parte de los Andes, Perijá, cordillera de la Costa y en la Serranía del Interior oriental. A fines de este período, las fuerzas internas corticales inician el

proceso de ascenso de los Andes de Mérida y Perijá, por lo tanto los mares se van retirando, pero al mismo tiempo que esas tierras van emergiendo empiezan a ser erosionadas convirtiéndose en importantes fuentes de sedimentos para las cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure.

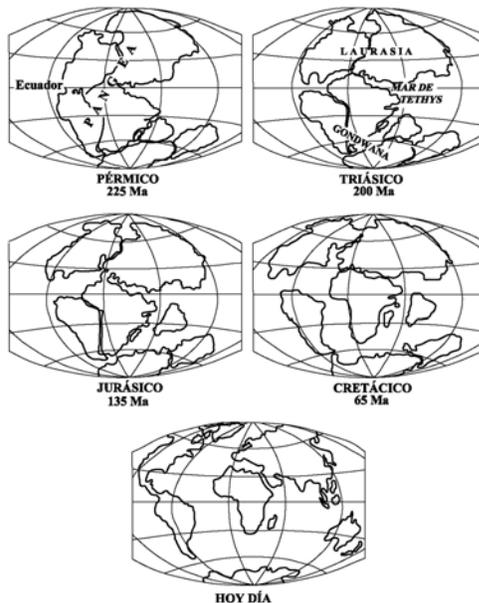


Fig. 3. Deriva de las masas continentales en los últimos 225 Ma. Traducido de Richmond (2008).

En el Terciario, principalmente en el Paleógeno, se desarrollan los mayores efectos de la interacción entre la Placa Suramericana -con movimiento relativo hacia el oeste- y la Placa Caribe -con movimiento relativo hacia el este, pero que en realidad se mantiene prácticamente en el mismo sitio absoluto-. Pero no es un simple deslizamiento suave entre las dos placas, sino que se ejercen fuertes efectos compresivos en forma oblicua en dirección al Sureste-Noroeste. Este es el mecanismo que ocasionó la deformación de los sistemas montañosos del norte del país, permitiendo que unidades de diferentes edades y formadas en diferentes ambientes en espacio y tiempo pudieran entremezclarse en forma muy compleja, especialmente a través de fallas inversas y transcurrentes. En este proceso de interacción ocurre un singular fenómeno que permite que terrenos formados originalmente en el ámbito de la Placa Caribe a una distancia de hasta más de mil kilómetros al Oeste, ahora sean adosados al norte del continente Suramericano, de manera similar a lo que ocurre cuando un tractor nivela una carretera y a medida que avanza va dejando material en el borde de la carretera. De esta manera se añaden terrenos, entre otros, los correspondientes a las fajas Costera, Caucagua-El Tinaco, Loma de Hierro y Villa de Cura, que ocupan gran parte de la

Serranía del Interior desde Cojedes hasta Miranda (Urbani & Rodríguez, 2004).

En el Neógeno cuando el efecto más activo de la interacción Caribe-Suramérica ha migrado hasta la posición de Paria - Trinidad, la erosión de las montañas emergidas permiten el relleno de las cuencas de Maracaibo, Barinas- Apure, Guárico, Maturín, así como la extensa secuencia neógena del estado Falcón. Sin embargo, el movimiento relativo rumbo deslizante dextral de las dos placas y el efecto de la compresión oblicua no cesa y sigue actuando hasta nuestros días. Uno de los lugares donde probablemente se ven mejor estos efectos es en el estado Falcón, donde las rocas sedimentarias del Oligo-Mioceno y aun más jóvenes, se ven muy plegadas y falladas.

En el Cuaternario se modela la geografía actual con la formación de grandes abanicos fluviales en las zonas piemontinas, así como en los valles intermontanos. Como ejemplo de estos eventos, está el relleno de los valles de Caracas, los valles de Aragua-Carabobo, así como la formación de las terrazas de los estados andinos, como aquella donde se asienta la ciudad de Mérida, y los abanicos de Caraballeda, Cabo Blanco y otros en el Litoral Central.

Geodinámica actual

La Figura No. 4 muestra la configuración de la dinámica geológica actuante hoy día en Venezuela, allí se vislumbran los grandes sistemas de fallas del norte del país como las de Oca, San Sebastián y El Pilar, con su intersección con la falla de Boconó, la cual atraviesa los estados andinos.

La consecuencia directa de estas condiciones geodinámicas es que las cordilleras y serranías del norte del país se siguen levantando, con su máximo ejemplo en el macizo del Ávila, con los picos Ávila (2,5 km), Silla de Caracas (2,7 km) y Naiguatá (2,8 km). Así tenemos fallas activas con demostrado movimiento durante el período Cuaternario, y en consecuencia estas zonas montañosas son las de mayor sismicidad, pero el máximo corresponde al estado Sucre que está cruzado por la falla de El Pilar y es la parte del país más cercana al extremo suroriental más activo de la placa Caribe. La distribución de las fuentes termales muestra un paralelismo con las zonas sísmicas, dado que los brotes de las aguas calientes están mayormente controlados por las zonas de fallas activas intermontanas y aquellas que delimitan las zonas piemontinas de las cordilleras. Lamentablemente, los recursos geotérmicos en todo el país están subutilizados.

Recursos minerales

La distribución de los principales recursos minerales que se explotan en Venezuela, es una consecuencia directa de su geología.

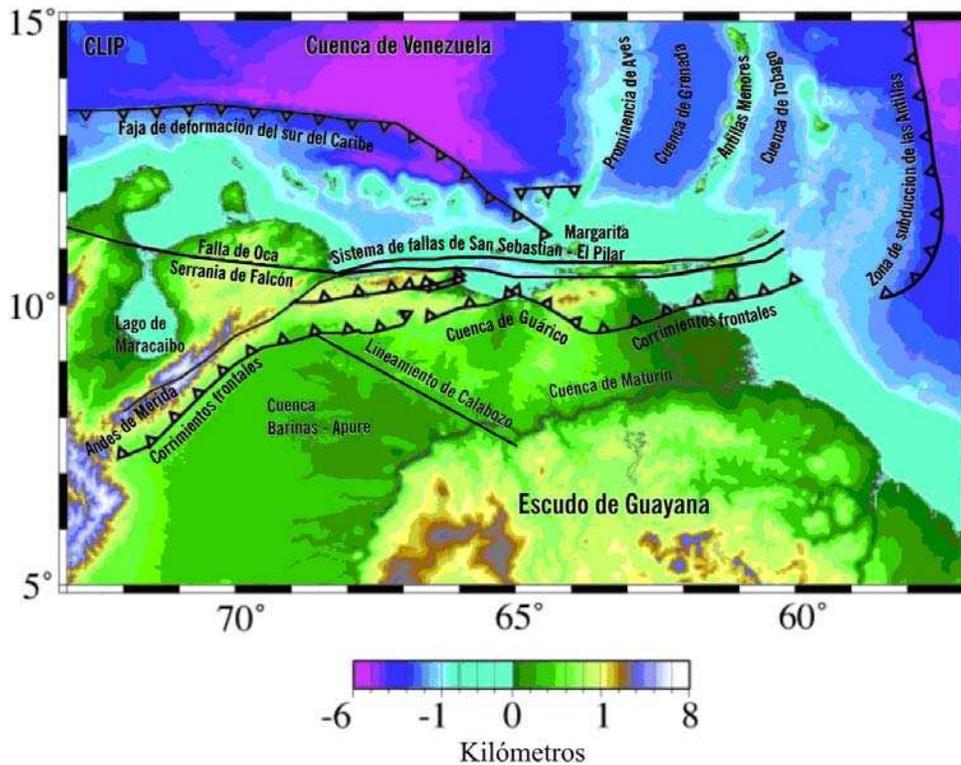


Fig. 4. Principales rasgos de la interacción actual entre las placas Caribe y Suramericana. Traducido y modificado de Levander et al. (2006).

En el Escudo de Guayana tenemos las formaciones bandeadas de hierro en las rocas arqueanas del Complejo de Imataca, estas acumulaciones de hierro sufrieron procesos metamórficos durante etapas tempranas de la historia del planeta y son las que se explotan en la región de Ciudad Piar, aprovechando un notable enriquecimiento supergénico causado por la lateritización de la roca madre metamórfica. En los cinturones de rocas volcánicas guayanesas ("rocas verdes") aparecen importantes yacimientos primarios de oro, como los trabajados en las profundas minas de El Callao y La Camorra. Hace unos 830-700 Ma en la región de Guaniamo, ocurrieron intrusiones explosivas de magmas provenientes de al menos 120 km de profundidad, estas rocas se denominan kimberlitas y en todo el mundo son la fuente primaria de los diamantes. A finales del Cretácico y en el Paleoceno bajo condiciones de un clima cálido, se produjo la intensa meteorización de cuerpos de granito de la zona de Los Pijiguaos, formando los depósitos de bauxita que probablemente sean los mayores del mundo; de este mineral se procesa el aluminio en el complejo industrial de Ciudad Guayana. Los minerales pesados como el oro y el diamante que son muy resistentes a la erosión, una vez liberados de sus rocas primarias pueden acumularse en depósitos secundarios aluviales, usualmente sujetos a explotación artesanal en forma muy rudimentaria y perju-

dicial al medio ambiente, que incluyen deforestación extensa y contaminación con mercurio.

En las cuencas marinas con aguas cálidas y poco profundas, tanto del Cretácico Temprano, como del Paleoceno y de mediados del Terciario, se depositan extensos cuerpos de caliza, que hoy día se explotan para la fabricación de cemento y de agregados para la elaboración del concreto.

En el Cretácico Tardío las cuencas marinas periféricas al continente, tienen una escasa circulación del agua y son pobres en oxígeno, esto hace posible la preservación de grandes cantidades de materia orgánica. Estas rocas se convertirán en las más importantes rocas madres del petróleo venezolano, como son las formaciones Querecual en Oriente y La Luna en Occidente. Durante el Terciario el soterramiento de estos sedimentos con el respectivo leve incremento de temperatura y presión, propicia las reacciones químicas orgánicas conducentes a la formación del petróleo y del gas. Los hidrocarburos líquidos y gaseosos luego migran hasta acumularse en los espacios porosos mayormente de arenas del Terciario, de donde han sido extraídos durante más de un siglo.

En algunos sectores de los estados Táchira, Zulia y Anzoátegui, durante el Paleógeno se generan zonas pantanosas cercanas a la costa, donde la abundante materia orgánica vegetal fue preservada,

generando los yacimientos de carbón de Guasare, Lobatera y Naricual.

En el resto del país hay muchos otros yacimientos minerales acordes con la geología de su entorno, pero usualmente con reservas relativamente bajas y no económicos.

Epílogo

Las ciencias geológicas abarcan las disciplinas de los aspectos físicos del planeta, en consecuencia son de fundamental importancia para un país joven como el nuestro, con tantas necesidades prácticas, desde la exploración y explotación de hidrocarburos y demás recursos minerales, la búsqueda de aguas subterráneas, el control geo-lógico de los sistemas ambientales, la geología para la mejora del ordenamiento territorial con el objeto de disminuir la amenaza a los centros poblados ante eventos naturales hidrometeorológicos y de sismicidad, también en las aplicaciones a la ingeniería civil como en los proyectos de construcción y mantenimiento de carreteras, represas, vías ferroviarias, aeropuertos, etc.

En otras palabras las ciencias geológicas constituyen un componente fundamental para el desarrollo del país, y al igual que tantas otras disciplinas de las

ciencias físicas y de la vida, merecen todo el apoyo de los entes gubernamentales y privados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Marina Peña (FUNVISIS) por la impecable preparación de las figuras.

BIBLIOGRAFÍA

- González de Juana, C, J. M. Iturralde y X. Picard. 1980. Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Caracas: Ed. Foninves, 2 vol.
- Kulp, J. L. 1961. Geologic time scale. *Science* 133: 1105-1114.
- Levander, A., M. Schmitz, H. G. Avé-Lallemant. 2006. Evolution of the Southern Caribbean Plate Boundary. *EOS Trans., AGU* 87(9): 97.
- Richmond, J. 2008. Pangea-continental drift. <http://www.cyburbia.org> (Consultado 12-12-2009).
- Tilling R., C. Heliker & T. Wright. 1987. Eruptions of Hawaiian Volcanoes: Past, Present, and Future. USGS General Interest Publication.
- Urbani, F. y J. A. Rodríguez. 2004. Atlas geológico de la Cordillera de la Costa. Caracas: Fund. Geos y FUNVISIS, 146 hojas.
- Viscarret, P. 2009. Geología del macizo de El Baúl, estado Cojedes, con énfasis en la petrología de las rocas graníticas. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería. Tesis doctoral. 2 vol. + 11 mapas. Reimpreso en: Geos, UCV, Caracas, 41, (en prensa).