



EL SUPERCONTINENTE GONDWANA: EVIDENCIAS DE SU EVOLUCIÓN GEOLÓGICA EN EL SUR DE MÉXICO

Guillermo Espejo-Bautista

*Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla
gespejo@geociencias.unam.mx*

Jesús Torres Calderón

*ESIQIE IPN
jesus.toca49@gmail.com*

Román Cabrera Sierra

*ESIQIE IPN
roma_ipn@yahoo.com*

Resumen

La geología del sur de México contiene un amplio registro geológico que revela parte de la evolución de la Tierra desde hace algo más de 1000 millones de años hasta la actualidad. En el presente estudio se describen evidencias geocronológicas halladas en la Sierra de Juárez (Oaxaca), que nos permiten entender los eventos geológicos registrados durante la Era Paleozoica, específicamente durante los periodos Silúrico y Devónico. Los resultados indican que parte del sur de México estuvo sujeto a la esquina noroeste del supercontinente conocido como Gondwana antes de la formación de Pangea.

Palabras clave: Gondwana, Geología del sur de México, Geocronología

La existencia del supercontinente Gondwana fue propuesta en 1985 por el geólogo inglés-austriaco Edward Suess (1831-1914); sin embargo, su trabajo no obtuvo la relevancia que ameritaba hasta la llegada de la teoría más revolucionaria en la geología hasta hoy en día: la Tectónica de Placas. Esta teoría, desarrollada en la década de los 60 del siglo XX, reveló el mecanismo a través del cual los continentes se pueden desplazar sobre la superficie de la Tierra, formando y separando cíclicamente

grandes masas continentales. Pangea es el último supercontinente que se consolidó en la historia del planeta, y su antecesor inmediato fue Gondwana. Esta gran masa cratónica estaba integrada por África, Sudamérica, India, Australia y Antártica y existió desde el Cámbrico (hace unos 500 millones de años) hasta el Carbonífero (hace unos 350 millones de años), tiempo en el cual Gondwana se amalgamó a través de una gran sutura con otros bloques continentales como Laurencia y Báltica

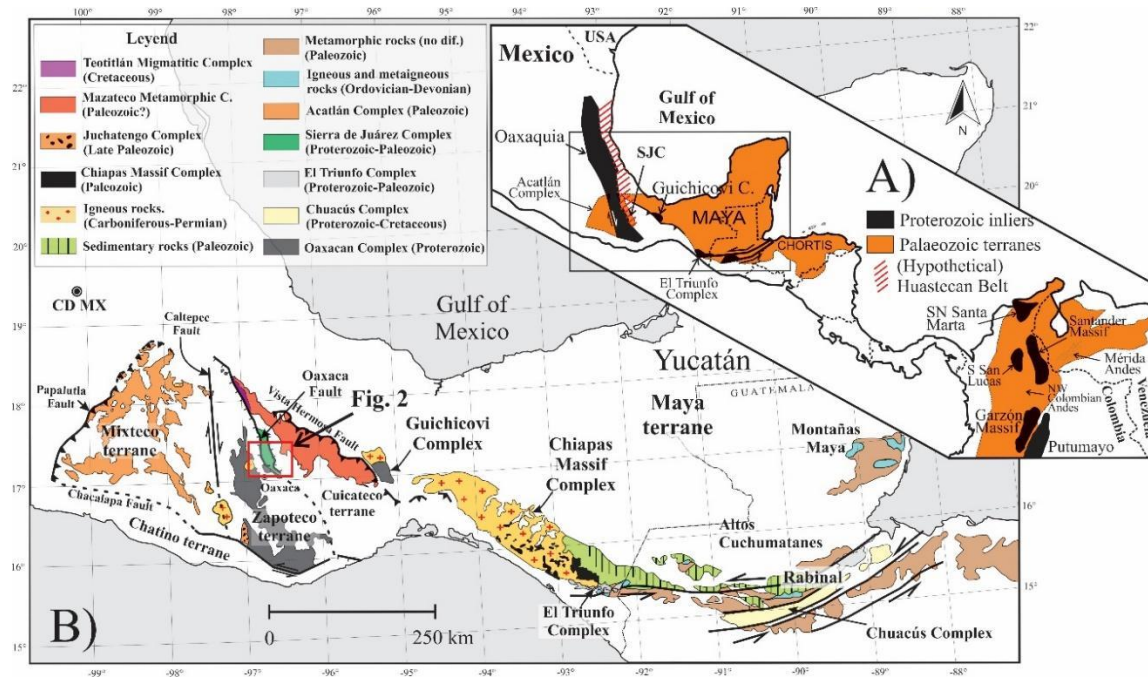


Figura 1. A) Mapa que ilustra el basamento Proterozoico en negro y Paleozoico en naranja de México y Sudamérica. B) Mapa que muestra la localización de la Sierra de Juárez (color verde, en un recuadro rojo) al sur de México. Figura tomada de Espejo-Bautista et al., 2021.

para dar origen a Pangea. La posición que ocupaba parte del territorio mexicano en este contexto ha sido convincentemente ubicada en la esquina noroeste de Gondwana durante la Era Paleozoica (p. ej. Keppie y Ramos, 1999).

La Sierra de Juárez, en el Estado de Oaxaca (Fig. 1), ha sido considerada como una gran zona de falla lateral (Alaniz-Álvarez et. al. 1996), algo similar a lo que hoy podemos observar en la falla de San Andrés, que se extiende desde el noroeste de México y a lo largo del Estado de California en los Estados Unidos de América. La diferencia es que la falla de la Sierra de Juárez estuvo activa durante el periodo Jurásico, hace aproximadamente unos

160 millones de años y actualmente es una falla inactiva. Lo que podemos observar hoy en día en la Sierra de Juárez es la raíz más profunda de aquella falla extinta, compuesta por rocas espectaculares denominadas *milonitas*. Sin embargo, uno de los aspectos desconocidos es el origen y edad de aquellas rocas que quedaron atrapadas en la falla, lo cual no es un pormenor, sino un importante eslabón perdido en la estratigrafía de la geología del sur de México.

Las rocas de la Sierra de Juárez

Las rocas de la Sierra de Juárez tuvieron dos etapas tectónicas antes de quedar atrapadas en la falla del periodo Jurásico. La primera etapa relata su origen mismo. Se han reconocido dos clases generales de rocas: una de tipo ígnea (magma) y otra de tipo sedimentaria (formadas en cuencas). La relación que guardan estos dos tipos de rocas, nos permite saber que el

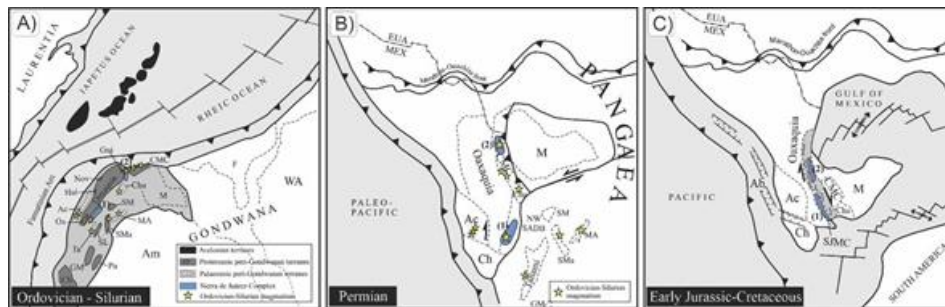


Figura 2. Modelo paleogeográfico que ilustra la evolución tectónica de la Sierra de Juárez (en color azul, asumiendo la posición 1) y del resto del territorio mexicano (Oaxaquia) en los dominios de Gondwana y Pangea desde el periodo Silúrico (Paleozoico) hasta el Jurásico (Mesozoico). Nomenclatura: Ox: Complejo Oaxaqueño; Ac: Complejo Acatlán; Hui: Gneis Huiznopala; Nov: Gneis Novillo; Güi: Complejo Güichicovi; CMC: Complejo Macizo de Chiapas; Chu: Complejo Chuacús; F: Florida; M: Bloque Maya; SM: Santa Marta; Sma: Macizo de Santander; SL: Serranía de San Lucas; Pu: Putumayo; GM: Macizo de Garzón; Ch: Bloque de Chortis. Tomada de Espejo-Bautista et al., 2021.

Por este motivo, emprendimos un análisis de las edades isotópicas de estas rocas para reconstruir la historia geológica previa a la falla Jurásica descrita anteriormente. La geocronología es una rama de la geología que provee de métodos para conocer las edades absolutas y precisas de las rocas, tales como lutecio-hafnio en granate, rubidio-estroncio en roca total o uranio-plomo en zircón (este último utilizado en este trabajo). Los resultados fueron inesperados, porque nos permitieron reconstruir una historia paleozoica asociada a la evolución del supercontinente Gondwana durante los periodos Silúrico y Devónico.

ambiente geológico en el que se formaron era de carácter volcánico. Además, las características químicas de las rocas nos permiten imaginar un ambiente parecido a lo que hoy día podríamos observar entre Japón y el continente asiático, en el cual, la isla de Japón es separada del continente por efectos de la placa oceánica que subduce debajo de ella, produciendo vulcanismo y sedimentación entre la isla y el continente. A este tipo de ambientes tectónicos se les denominan *cuencas de trasarco*. La segunda etapa registrada en las rocas de la Sierra de Juárez es un proceso denominado *metamorfismo*. Esto ocurre cuando las rocas son sepultadas varios kilómetros dentro de la corteza terrestre y sus



características originales son transformadas, dando origen a las rocas metamórficas. Las características de este evento nos sugieren que las rocas originadas en la cuenca de trasarco entre una isla y el continente fueron posteriormente sepultadas al menos 33 kilómetros dentro de la corteza terrestre. Este tipo de fenómenos sólo podría explicarse si la isla hubiera sido empujada hacia el continente, provocando que se forme una sutura entre ambas masas y un incremento sustancial del espesor continental. En resumen, un fragmento del continente (hasta ahora desconocido) fue separado por efectos de la placa de subducción. Entre el fragmento separado y el continente se formaron las rocas de la Sierra de Juárez. Posteriormente, el fragmento separado fue nuevamente reintegrado abruptamente al continente, desencadenando un proceso orogénico profundo que metamorfoseó las rocas.

Edades de las rocas de la Sierra de Juárez

En este estudio, utilizamos el método popular conocido como Uranio-Plomo (U-Pb) en zircón. El zircón ($ZrSiO_4$) es un mineral, normalmente de tamaño microscópico, que se puede encontrar en casi cualquier tipo de roca. Debido a que el uranio es un átomo similar al zirconio, a veces queda atrapado dentro de la estructura cristalina del zircón. Una vez que el mineral (y la roca) cristaliza, el uranio decae radioactivamente hasta convertirse en plomo a una tasa constante. Este sistema de decaimiento funciona como un reloj que contabiliza el tiempo que ha transcurrido desde que el zircón, y por lo tanto la roca, se formaron. Lo importante es medir la cantidad de uranio y plomo que contiene el mineral y con ello puede calcularse la edad. Este procedimiento se llevó a cabo en el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) del Centro de Geociencias de la UNAM. Los resultados indicaron que las rocas de la *Ejemplar 24. Enero-junio 2021*

Sierra de Juárez se formaron hace entre 440 y 410 millones de años. Es decir, la etapa de la cuenca de trasarco en la que un fragmento de corteza se desprendió del continente ocurrió durante los periodos Silúrico tardío-Devónico temprano. Además, edades determinadas en zircons de las rocas sedimentarias indican que los sedimentos provienen de orógenos y arcos volcánicos documentados en el supercontinente de Gondwana. El zircón también puede desarrollar nuevos crecimientos cuando la roca es sometida a eventos metamórficos, y también pueden ser analizados. El resultado indica que las rocas se sepultaron y metamorfozaron hace 390 millones de años, durante el Devónico medio.

Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos en las rocas analizadas en la Sierra de Juárez indican que esta región se formó hace 440-410 millones de años en un ambiente tectónico de trasarco en la esquina noroeste de Gondwana. De acuerdo con modelos paleogeográficos, la región del sur de México se localizaría junto a terrenos que actualmente se encuentran en países sudamericanos como Colombia y Venezuela. El metamorfismo que registraron estas rocas indica que hubo un evento de colisión isla-continente, sometiendo a las rocas de la Sierra Juárez a grandes presiones y temperaturas a una profundidad de 33 km.

Referencias

Alaniz-Álvarez, S.A., Van der Heyden, P., Nieto-Samaniego, A.F., Ortega-Gutiérrez, F., 1996, Radiometric and kinematic evidence for middle Jurassic strike-slip faulting in Southern Mexico related to the opening of the Gulf of Mexico: *Geology*, v. 24, p. 443-446. No. 5. DOI: [10.1130/0091-7613\(1996\)024<0443:RAKEFM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1996)024<0443:RAKEFM>2.3.CO;2)



Espejo-Bautista, G., Ortega-Gutiérrez, F., Solari, L., Maldonado, R., Valencia-Morales, Y.T., 2021, The Sierra de Juárez Complex: a new Gondwanan Neoproterozoic-early Palaeozoic metamorphic terrane in southern Mexico. *International Geology Review*. DOI: 10.1080/00206814.2020.1870172

Keppie, J.D., Ramos, V., 1999, Odyssey of terranes in the Iapetus and Rheic oceans during the Paleozoic: *Geological Society of America, Special Paper*, v. 336, p. 267-27