



La Formación Aramachay del Jurásico inferior en el centro de Perú: distribución de facies, paleoecología y su relación con la formación de cuerpos minerales

Silvia Rosas¹, Kathleen A. Ritterbush², y David J. Bottjer³

¹ Pontificia Universidad Católica de Perú, Sección de Ingeniería de Minas e Ingeniería Geológica, San Miguel, Lima, Perú

² University of Chicago, Department of Geophysical Sciences, Chicago, Illinois, 60637, USA

³ University of Southern California, Department of Earth Sciences, Los Angeles, California, 90018, USA

1. Introducción

El estudio en la región central del Perú de la Formación Aramachay del Jurásico Inferior, perteneciente al Grupo Pucará de origen marino (Triásico Superior – Jurásico Inferior), revela importantes variaciones E-W de facies sedimentarias, probablemente debido a diferentes características paleogeográficas dentro de la cuenca, así como a cambios en la ecología bentónica a consecuencia de la extinción de masas (gran desaparición de especies de invertebrados marinos) del final del Triásico.

2. Distribución de facies

Análisis detallados, tanto sedimentológicos, como de fósiles y microfacies, llevados a cabo en seis afloramientos de la Formación Aramachay en la parte central de la Cordillera Occidental entre las regiones de los domos de Malpaso y Yauli (Malpaso, Tingocancha, Toldo, Gavilán, San Antonio, y Alapampa; Figs. 1, 3) muestran dolomías ricas en chert que incluyen estructuras sedimentarias que demuestran un ambiente sedimentario de plataforma marina en contraste con facies ricas en “shales” de color negro (Fig. 3) en afloramientos de esta unidad de la parte central de la Cordillera Oriental de los Andes (Tarmatambo, Shalipayco, y, en parte, San Vicente; Figs. 1, 2; Rosas et al., 2007) que representan ambientes de

deposición más profundos en esta región de la cuenca.

La Formación Aramachay en los domos de Malpaso y Yauli no muestra ambientes sedimentarios más profundos que el resto de la columna del Grupo Pucará. Los afloramientos en su conjunto demuestran facies sedimentarias someras propias de sedimentación en el interior de la plataforma marina.

Afloramientos en Tingocancha con facies sedimentarias cercanas a la línea de costa son particularmente cruciales para este análisis. La falta de comprensión del origen sedimentario de las rocas de la Formación Aramachay invoca una transgresión masiva cerca del límite Triásico/Jurásico en interpretaciones anteriores (véase Rosas, 1994).

Una transgresión de este tipo probablemente ocurrió en localidades de la Cordillera Oriental, por lo menos en su región central, en donde ocurren las facies *shales* de color negro antes mencionadas. En contraste, la sedimentación cercana a la línea de costa, que exhibe la Formación Aramachay en Tingocancha, es continua a lo largo de las tres formaciones del Grupo Pucará de esta localidad. En otros sitios del centro de la Cordillera Occidental, las dolomías de la parte inferior de la Formación Aramachay representan el mismo escenario de deposición sedimentaria que las dolomías superiores de la Formación Chambará. La diferencia clave en la litología es un cambio en el tipo de metazoarios que constituyen los bioclastos de estas rocas.

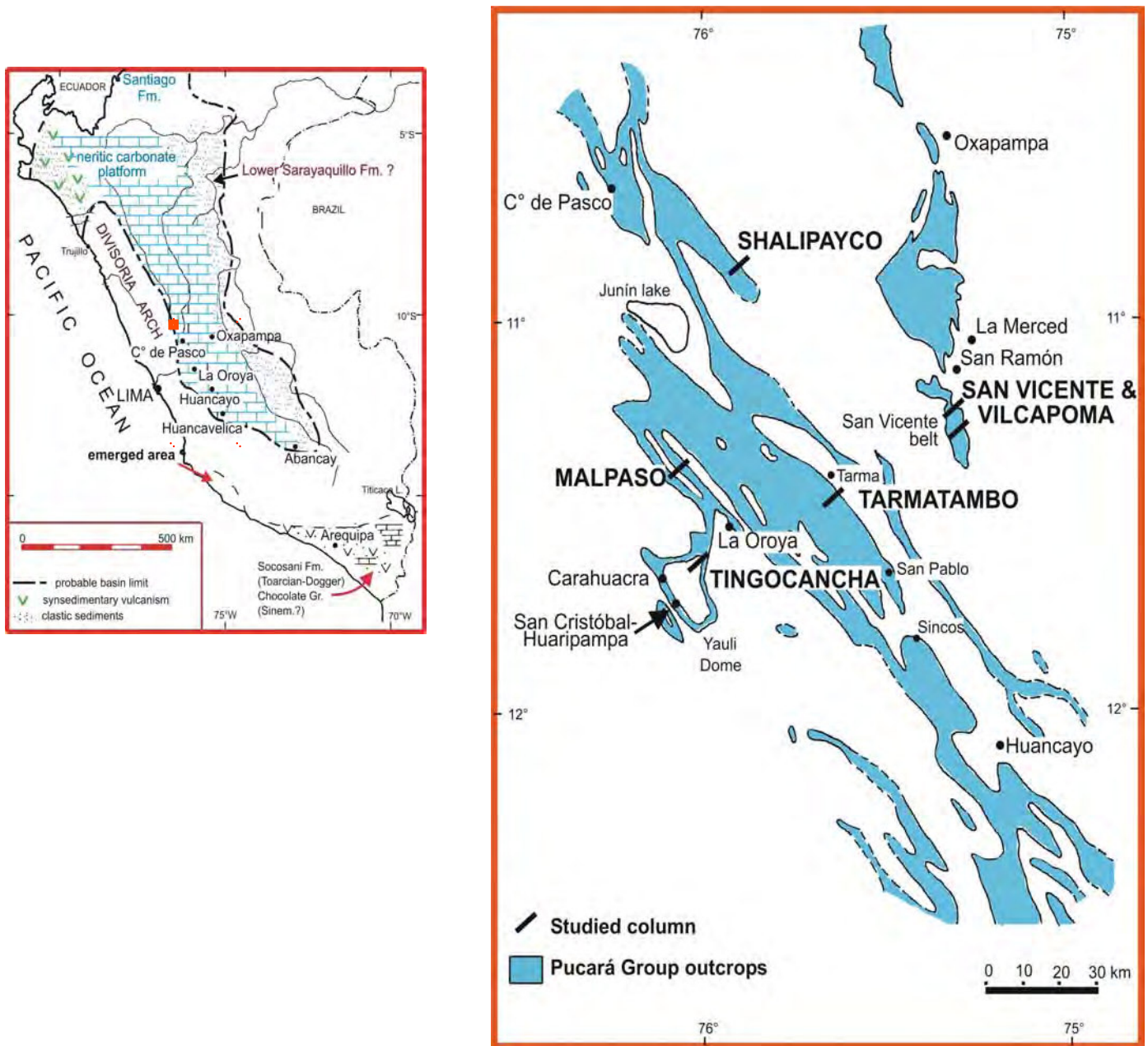


Figura 1. Mapa de afloramientos del Grupo Pucará entre Cerro de Pasco y Huancayo.



Figura 2. Afloramiento de la Formación Aramachay en San Vicente (foto L. Fontboté).



Figura 3. La Formación Aramachay (AF) en Toldo (superior izquierda), Alapampa (superior derecha), San Antonio (inferior izquierda), y Gavilán (inferior derecha). ChF = Formación Chambará; CoF = Formación Condorsinga.

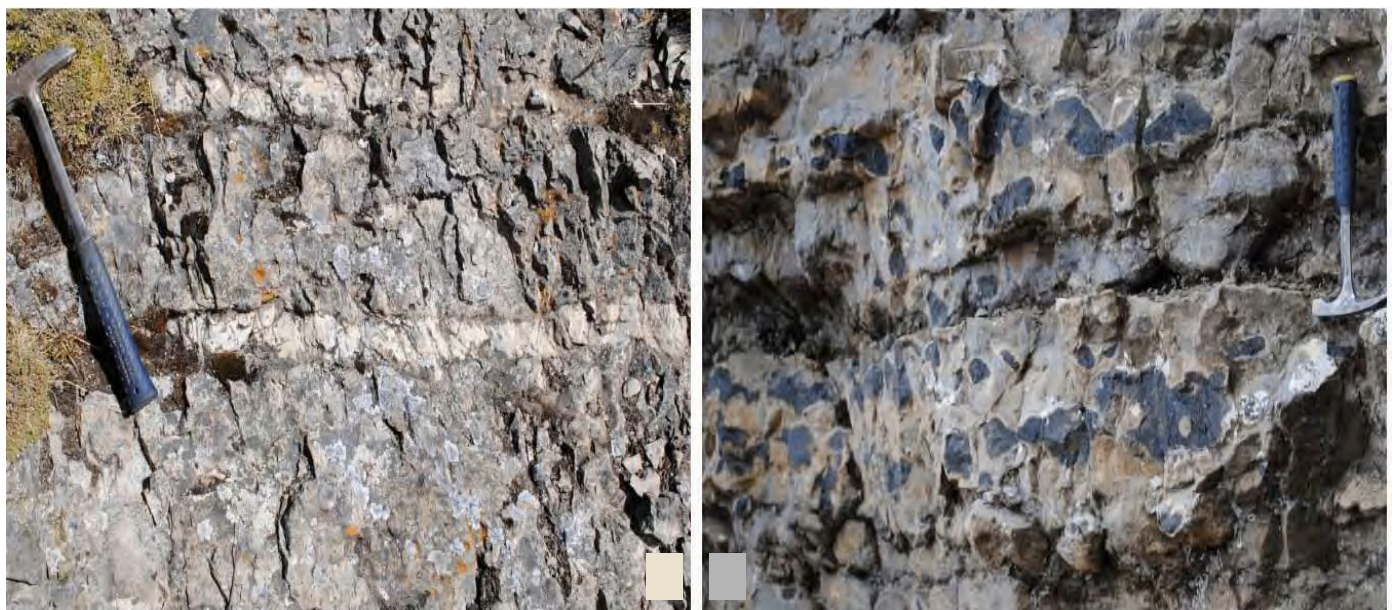


Figura 4. Dolomías ricas en chert de la Formación Aramachay en Morococha.

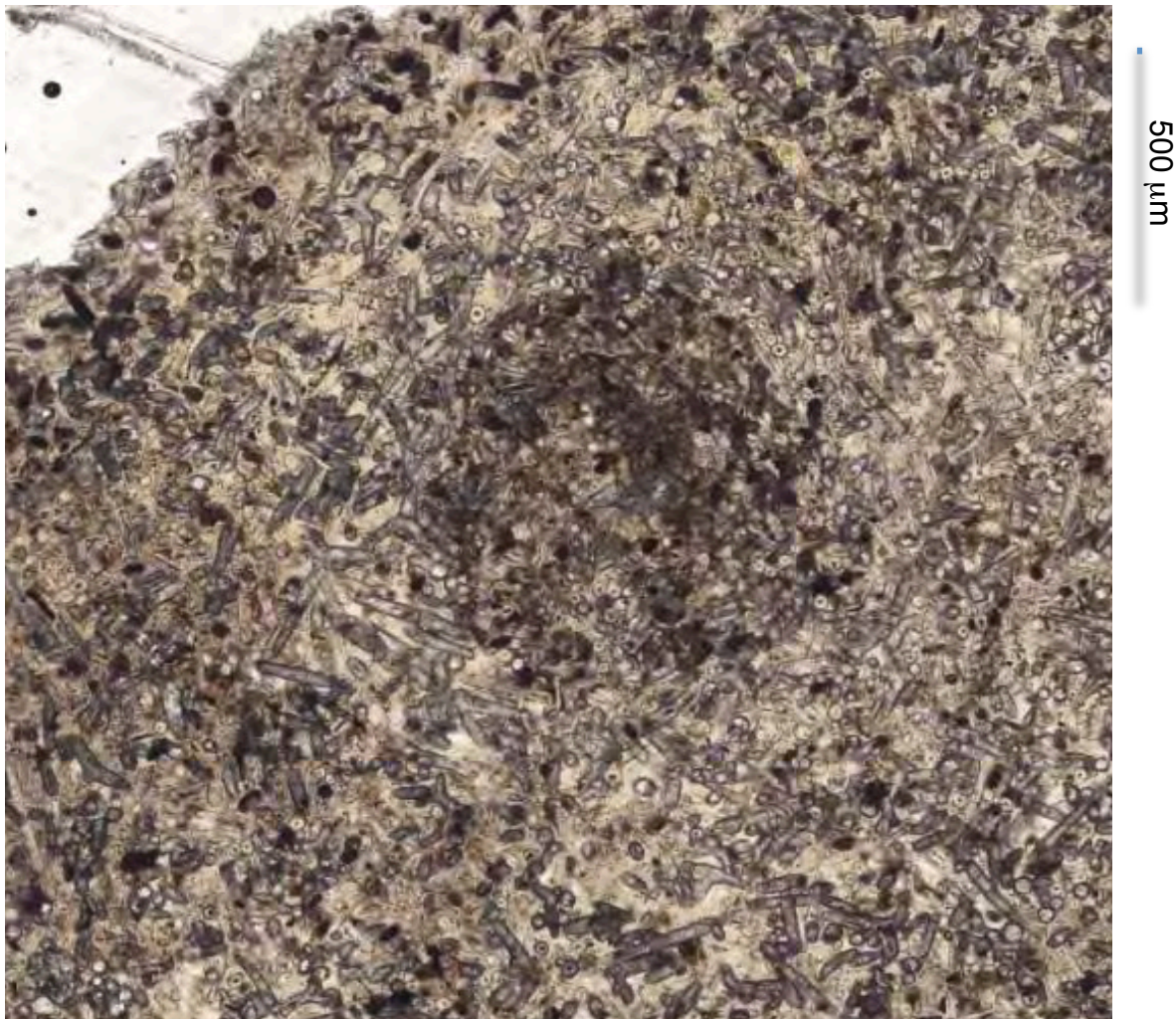


Figura 5. Espiculita de la Formación Aramachay en Malpaso.

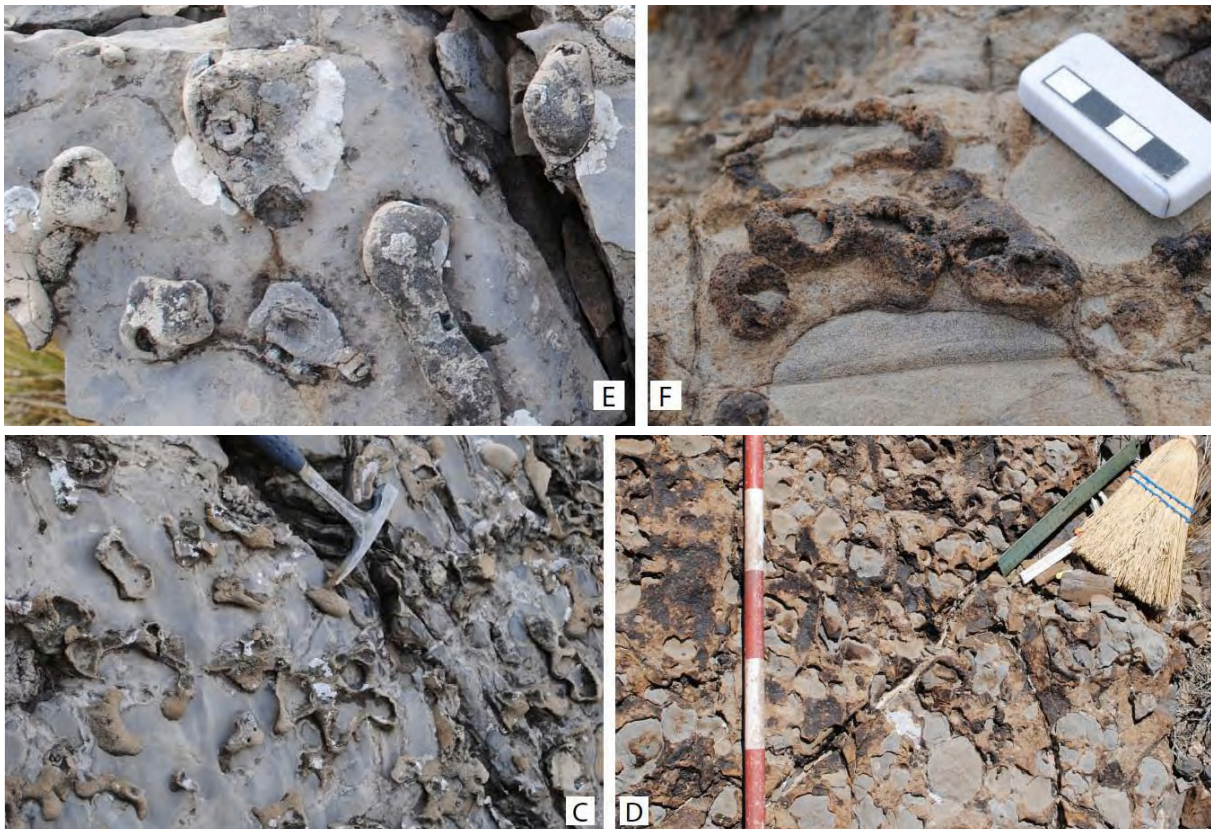


Figura 6. Nódulos de chert, posibles cuerpos de esponjas, en la base del Jurásico en Nevada (arriba) y Morococha (abajo).

3. Paleoecología

El examen de las dolomías ricas en chert (Figs. 4, 6) de la Formación Aramachay en el centro de la Cordillera Occidental, revela un ecosistema dominado por espongiarios silíceos que incluye fósiles de cuerpos de esponjas, restos de esponjas deformados por compactación *in situ* y abundantes sedimentos espiculíticos transportados (Figs. 5, 6). Las esponjas silíceas dan lugar a abundante chert en estas rocas y habrían dominado la ecología local durante las etapas más tempranas del Jurásico, en donde el papel de metazoarios de caparazón calcárea en la producción de sedimentos y en la estructura ecológica fue profundamente reducido en comparación con las formaciones sub- y suprayacentes (formaciones Chambará y Condorsinga, respectivamente), lo que representa un claro cambio del estado ecológico previa- a posteriormente a la extinción de masas, desde un ecosistema carbonatado a otro dominado por sedimentación silícea, hasta que el sistema carbonatado se recuperó aproximadamente 2 Ma después de la extinción.

Ocurrencias de este tipo y edad han sido registradas antes en otros lugares geográficamente distantes (Nevada, Fig. 6; Europa, Marruecos). Análisis sedimentológicos y de biofacies en secuencias estratigráficamente amplias en la base de estratos jurásicos del cañón de Nueva York, Nevada, fueron hechos a través de observaciones de alta resolución de orden paleoambiental, fosilífero, y de microfacies (Ritterbush y Bottjer, 2011). Estos estudios muestran que luego del colapso de la plataforma carbonatada del Triásico Superior, las unidades del Jurásico más inferior registraron un hábitat de plataforma marina interna dominado por esponjas silíceas, antes no reconocidas, por un espacio aproximado de dos millones de años. Las facies registradas en el Perú central representarían mundialmente, luego de Nevada, la segunda localidad en donde este importante evento de

sedimentación silícea en plataformas epicontinentales es reconocido, con alta resolución estratigráfica, para el Jurásico temprano.

Una de las diferencias entre las ocurrencias en la localidad de Nevada y en la Cordillera Occidental del centro del Perú es que el registro bioestratigráfico en Nevada incluye al Hetangiano, mientras que en Perú los ammonites recolectados (*Arnioceras*) representan exclusivamente al Sinemuriano. Para establecer la edad de las ocurrencias con mayor precisión y su coincidencia con las de Nevada, se encuentran en curso análisis de edades isotópicas de tobas intercaladas en estos estratos.

4. Papel jugado por la Provincia Magmática del Atlántico Central (CAMP)

El dominio de espongiarios posteriormente a la extinción de masas parece ser un fenómeno global subestimado previamente. Cálculos simples de distribución de masas sugieren que la toma de posesión de los espongiarios silíceos probablemente fue permitida por al aumento del contenido de sílice en el ambiente a consecuencia del intemperismo de los basaltos de la Provincia Magmática del Atlántico Central (CAMP; Fig. 7). El predominio de los espongiarios silíceos posteriormente a la extinción de masas es entonces probablemente el resultado de la confluencia del colapso arrecifal, por un lado, y de las condiciones geoquímicas, por el otro, que permitió el relevo de especies carbonatadas por espongiarios silíceos a lo largo de aproximadamente 2 millones de años, como consecuencia probable de las erupciones masivas y el intemperismo subsecuente de basaltos del CAMP.

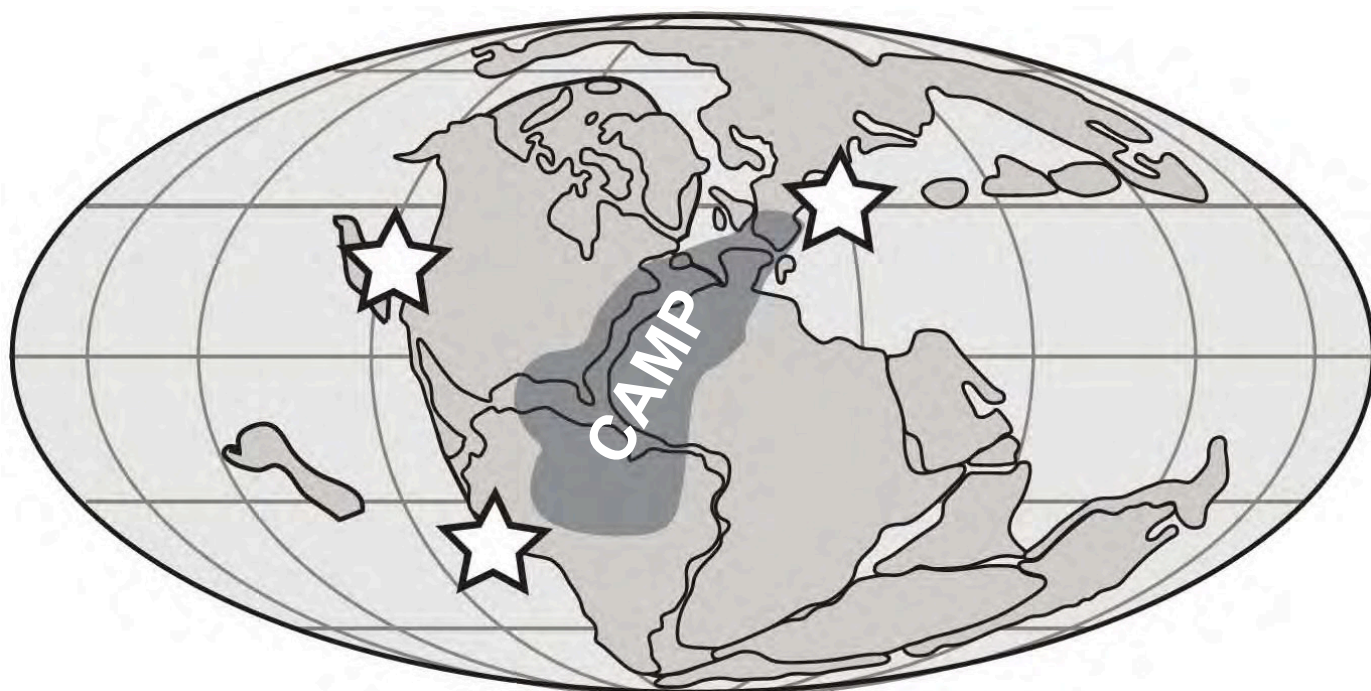


Figura 7. Paleogeografía triásica-jurásica de Pangea, mostrando la extensión de la Provincia Magmática del Atlántico Central (CAMP), según Whiteside et al. (2010).

5. Relación con yacimientos minerales

Los carbonatos del Grupo Pucará en el Domo de Yauli alojan un número importante de depósitos polimetálicos miocénicos de tipo reemplazamiento, que han sido descritos por varios autores desde la primera mitad del siglo pasado (Harrison, 1943; Szekely y Grose, 1972; Mégard, 1979; Loughman y Hallam, 1982; Kobe, 1995) y que han sido estudiados e interpretados en detalle en años recientes (Beuchat, 2003; Beuchat et al., 2004; Catchpole et al., 2011, 2012). En las localidades vecinas a estos yacimientos, la secuencia Aramachay ha sido reconocida y descrita como "caliza silicificada" por geólogos locales, indicándose que en general esta unidad no ha sufrido reemplazamiento por mineralización metálica de origen hidrotermal. La litología silícea de la secuencia Aramachay en este sentido habría impedido este reemplazamiento y habría actuado como trampa o sello parcial para el ascenso de los fluidos hidrotermales que habrían modificado las rocas más reactivas del Triásico Superior (Formación Chambará), unidad en la que principalmente se desarrollan los cuerpos mineralizados de tipo reemplazamiento. Estas "calizas silicificadas" se reinterpretan en este estudio como "dolomías ricas en espongiarios silíceos" y representan un caso en el que los rasgos facial-sedimentarios de la roca de caja tienen una conexión con el desarrollo de los yacimientos, desempeñado en este caso el papel de "trampa" para el acceso de fluidos hidrotermales según se explica antes.

Referencias

- Beuchat, S. 2003. Geochronological, structural, isotopes and fluid inclusion constraints of the polymetallic Domo de Yauli district, Peru. Thèse de doctorat, Université de Genève, Suiza, section Terre & Environment, v. 41, 130 p.
- Beuchat, S., Moritz, R., Pettke, T. 2004. Fluid evolution in the W-Cu-Zn-Pb San Cristobal vein, Peru: Fluid inclusion and stable isotope evidence. *Chemical Geology*, v. 210, p. 201-224.
- Catchpole, H., Kouzmanov, K., Fontboté, L., Guillong, M., Heinrich, C.A. 2011. Fluid evolution in zoned Cordilleran polymetallic veins: Insights from microthermometry and LA-ICP-MS of fluid inclusions. *Chemical Geology*, v. 281, p. 293-304.
- Catchpole, H., Kouzmanov, K., Fontboté, L. 2012. Copper-excess stannoidite and tennantite-tetrahedrite as proxies for hydrothermal fluid evolution in a zoned Cordilleran base metal district, Morocochoa, central Peru. *Canadian Mineralogist*, v. 50, p. 719-743.
- Kobe, H.W. 1995. Evaporitas y volcánicos, Grupo Pucará, Perú central, componentes volcánicos, evaporíticos y sedimentos metalíferos en la parte occidental de la cuenca del Grupo Pucará, Perú central. *Sociedad Geológica del Perú*, volumen jubilar Alberto Benavides, p. 179-191.
- Loughman, D.L., Hallam, A. 1982. A facies analysis of the Pucará Group (Norian to Toarcian carbonates, organic-rich shale and phosphate) of central and northern Peru. *Sedimentary Geology*, v. 32, p. 161-194.
- Mégard, F. 1979. Estudio geológico de los Andes del Perú central. *Boletín del INGEMMET*, serie D, v. 8, 227 p.
- Ritterbush, K.A., Bottjer, D.J. 2011. Paleocology of disaster fauna sponges after the end-Triassic mass extinction. 2011 GSA Annual Meeting, Minneapolis: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 43 (5), p. 211.
- Rosas, S. 1994. Facies, diagenetic evolution, and sequence analysis along a SW-NE profile in the southern Pucará basin (Upper Triassic-Lower Jurassic), Central Peru. *Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen*, 300 p.
- Rosas, S., Fontboté, L., Tankard, A. 2007. Tectonic evolution and paleogeography of the Mesozoic Pucará Basin, central Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 24, p. 1-24.
- Szekely, T.S., Grose, L.T. 1972. Stratigraphy of the carbonate, black shale, and phosphate of the Pucará Group (Upper Triassic-Lower Jurassic), central Andes, Peru. *Geological Society of America Bulletin*, v. 83, p. 407-428.
- Whiteside, J.H., Olsen, P.E., Eglinton, T., Brookfield, M.E., Sambrotto, R.N. 2010. Compound-specific carbon isotopes from Earth's largest flood basalt eruptions directly linked to the end-Triassic mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, p. 6721-6725.