

Análisis Litoestratigráfico de la Formación Chapiza en la Cordillera Cutucú al Sur-Oriente del Ecuador

Romero¹, C., Condoy¹ D., Carranco¹ F. y Gramal¹ A.

¹Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador, IIGE. Quito-Ecuador.

¹wladimir.romero@geoenergia.gob.ec

INTRODUCCIÓN

La morfología de la margen noroccidental sudamericana (MNS) es caracterizada por el desarrollo de los Andes del norte, que en Ecuador mantienen tendencia nor-noreste a sur-suroeste y se componen de dos cordilleras genéticamente distintas, de oeste a este: la cordillera Occidental separada por el valle Interandino de la cordillera Real (Figura 1A). La cordillera Real constituye un núcleo de rocas sedimentarias e intrusiones del Paleozoico a Mesozoico metamorfoseadas (Spikings, et al., 2021). Al oriente, la cordillera Real es limitada por la Zona Sub-Andina (ZSA) que corresponde a un conjunto de fajas corridas y plegadas exhumadas, en donde afloran secuencias metamórficas de la cordillera Real y secuencias sedimentarias y volcánicas de la cuenca Oriente (Pratt, et al., 2005, Baby et al., 2013). La ZSA se compone del levantamiento Napo al norte, separada por la depresión Pastaza de la cordillera Cutucú y la cordillera del Cóndor al sur (Figura 1A).

La cordillera Cutucú se estructura de un mega-pliegue anticlinal limitado por fallas de rumbo, que ofrece la posibilidad de estudiar secuencias sedimentarias, volcánico-clásticas y volcánicas del intervalo Triásico a Jurásico, es así, que Tschopp (1953), reportó la Formación Chapiza e incluyó a múltiples secuencias de limolitas multicolores, areniscas, areniscas volcánicas, conglomerados, brechas volcánicas y flujos andesíticos. Sin embargo, no se ha reportado la caracterización litológica

ca, ni el detalle estratigráfico de esta formación.

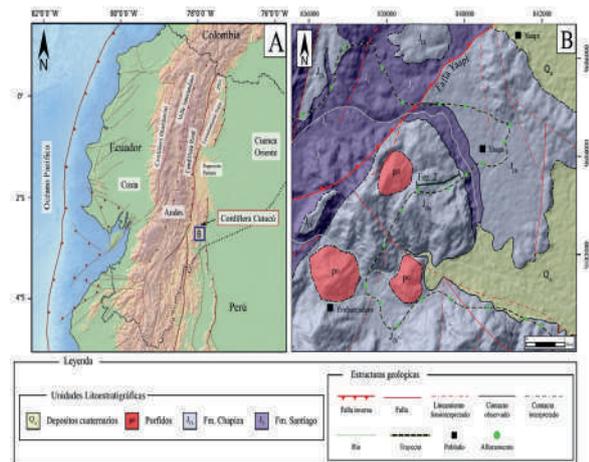


Figura 1. Mapa de Ubicación. A. Regiones morfo-tectónicas del Ecuador y localización del área de estudio. B. Mapa geológico del área de estudio y posición de la columna estratigráfica de la Formación Chapiza analizada en este estudio, modificado de IIGE, 2020.

Esto ocasionó que todas las secuencias de red-beds aflorantes en esta región sean incluidas en la Formación Chapiza, descartando de manera errónea la presencia de secuencias de red-beds anteriores o posteriores a esta formación.

Por lo cual, el objetivo de esta investigación es presentar la caracterización litológica y estratigráfica de la Formación Chapiza, en la cuenca alta del río Yaupi, en el flanco oriental de la cordillera Cutucú, en específico, en el trayecto entre las comunidades shuar Yaupi a Yaapi, (Figura 1),

en donde fue inicialmente reportada, estudiada y definida por Tschopp (1953).

METODOLOGÍA

El levantamiento de información geológica consistió en: 1) discriminación litológica, 2) identificación de estructuras sedimentarias, 3) documentación de superficies de erosión, 4) medición de espesores, 5) descripción de la arquitectura estratigráfica, 6) asociación de facies y 7) recopilación de datos estructurales. Buscando complementar la cartografía geológica en la zona de estudio, se realizó análisis geomorfológico y estructural a partir de la foto interpretación de imágenes satelitales de alta resolución. De esta manera se filtraron lineamientos de la cartografía regional y redefinieron trazos de las fallas geológicas presentes en el área de estudio. Toda esta información fue integrada en el mapa geológico (Figura 1B).

Esta investigación consideró el término facie definido por Walker, (1990), como un cuerpo de roca caracterizado por una particular combinación de litologías, estructuras físicas y biológicas que le confieren un aspecto diferente a los cuerpos de rocas adyacentes dentro de una secuencia. Este artículo se enfoca en la descripción de rocas sedimentarias clásticas, presentando criterios para la distinción petrológica, determinación de las características texturales e interpretación de estructuras sedimentarias, incluyendo estas características en la asociación de facies y la determinación de ambientes sedimentarios análogos (James y Dalrymple, 2010). En la identificación y jerarquización de superficies de erosión se utilizó la metodología propuesta por Miall, (2010). La medición de paleo-corrientes se realizó a partir de la documentación de superficies de erosión y estructuras sedimentarias de transporte como son imbricación y sets con estratificación cruzada. Siguiendo a Tucker (2009), estos datos fueron analizados mediante una media geométrica estadística para definir la dirección de la paleo-corriente. Toda esta información fue integrada en la columna estratigráfica presentada en esta investigación (Figura 2).

RESULTADOS

Geología local

Al nor-occidente del área de estudio la Formación Santiago está constituida por intercalaciones

métricas de calizas, grises a negras, tipo mudstone y wackstone, con lutitas negras calcáreas fosilíferas con amonites, bivalvos y braquiópodos. Sobreyaciendo en continuidad se observan secuencias estrato-crecientes de intercalaciones de areniscas calcáreas masivas y lodolitas negras y verdes con clastos volcánicos. En las márgenes altas del río Yaupi extensas secuencias de *red-beds* vinculados a la Formación Chapiza dominan el relieve. Múltiples cuerpos intrusivos de composición diorítica se emplazan en niveles volcánicos de la Formación Chapiza. Por otro lado, en las márgenes bajas del río se observan gruesas secuencias de conglomerados y barras de arena asociados a depósitos aluviales cuaternarios (Figura 1B).

La principal característica estructural de la zona de estudio corresponde a la Falla Yaapide dirección noreste – suroeste, con buzamiento al noroeste y dinámica inversa, afecta a la Formación Santiago y la Formación Chapiza. Esta estructura produce un cambio en la dirección del río de oeste – este a noroeste – sureste y probablemente controló el emplazamiento de cuerpos intrusivos y/o subvolcánicos, en la Formación Chapiza (Figura 1B).

Columna estratigráfica de la Formación Chapiza

Miembro basal. - La Formación Chapiza descansa en discontinuidad (superficie de erosión de 6to grado) sobre la Formación Santiago (UTM: 804142E, 9683191N; Figura 1B, Figura 2). La base de la Formación Chapiza es dominada por estratos de 1m a 3m, de morfología tabular a mantiforme, lateralmente continuos, compuestos por intercalaciones de limolitas multicolores (rojas, cafés, moradas, grises) masivas (**Fm**) con limolitas arenosas y areniscas limosas rojas con laminación cruzada (**Sr**) y small-ripples (**FI**); niveles de yeso y anhidrita son comunes en la base.

El espesor de esta secuencia basal es estimado en 35m, mientras que, direcciones de paleo-corrientes indican tendencias polimodales. En función de las características litológicas y texturales, junto a la arquitectura estratigráfica reportada, la secuencia basal es vinculada a planicies de inundación en sistemas fluviales de baja energía, (Lewin, 1978; Kanhaiya, et al., 2017; Yeste et al., 2020).

La parte media de la secuencia puede ser identificada por la presencia de estratos de 1m a 2m, de morfología canalizada, es decir se observa una

superficie de erosión de 5to orden en la base y geometría cóncava.

Canales presentan discontinuidad lateral, están compuestos por areniscas rojas y violetas de grano muy fino a muy grueso, con gradación normal, con estratificación cruzada paralela (Sp) y transversal (St); hacia el tope de los canales se observan areniscas finas a medias masivas (Sm). Estas litologías están empaquetadas en secuencias estrato-decrecientes, limitadas por superficies de 4to orden (barras), estas formas son emplazadas entre potentes estratos de limolitas rojas y grises ma-

sivos (Fm) y laminados (Fl). Se observa apilación vertical de canales y discontinuidad lateral.

El espesor del miembro medio alcanza los 40m, mientras que, las direcciones de paleo-corrientes muestran tendencias uni-modales e indican transporte hacia el este.

La arquitectura estratigráfica documentada coincide con depósitos de ríos fluviales meándricos, debido a la presencia de barras lateralmente discontinuas semejantes con barras de punto (point bars; Miall, 2010; Colombera et al., 2017).

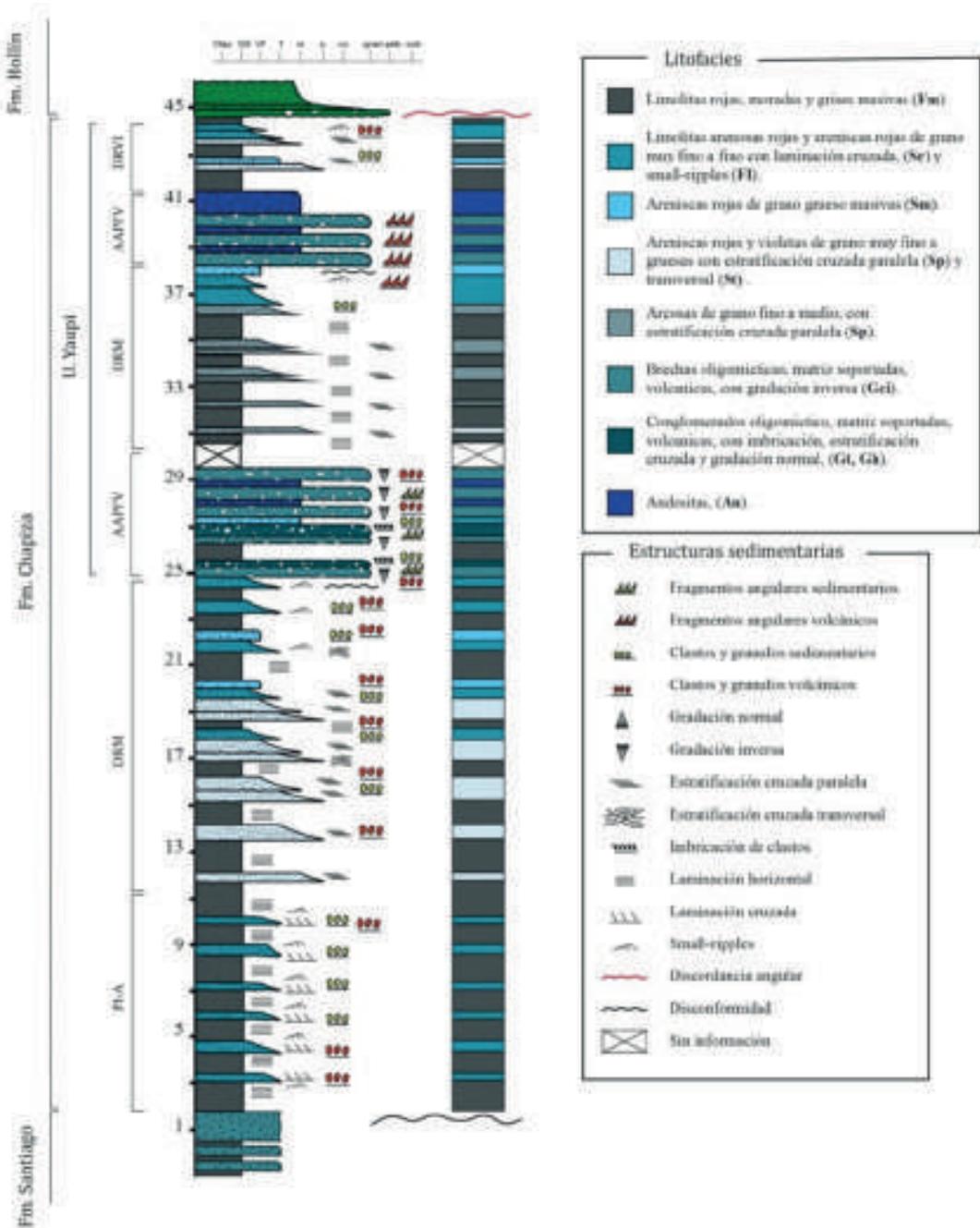


Figura 2. Columna estratigráfica de la Formación Chapiza.

El miembro superior de la Formación Chapiza descansa en discontinuidad (superficie de erosión de 5to orden, irregular) sobre el miembro medio. Este miembro es caracterizado por la presencia de estratos cóncavos a convexos, lateralmente discontinuos de arcosas de grano fino a medio con estratificación cruzada paralela, intercalados entre estratos de brechas oligomícticas, polimodales con fragmentos angulares andesíticos y de cuarzo, soportados en una matriz arenosa, en algunos sectores se observan niveles masivos (Gci). También es común observar paquetes masivos de conglomerados oligomícticos, matriz-soportados, con abundantes clastos de cuarzo, en estos niveles se observa estratificación cruzada (Gt) y gradación normal (Gh). Datos de paleo-corrientes indican transporte de sedimento hacia el nor-este, mientras que su espesor alcanza 30m. En función a la arqui-

tectura estratigráfica y litología reportada, estos depósitos son asociados a abanicos aluviales proximal a una fuente volcánica activa (Smith, 1988; Waresback y Turbeville, 1990; Miall, 2010). Hacia el tope de este miembro se observan paquetes métricos de 1m a 3m de andesitas porfíricas, con fenocristales de hornblenda, también es común la presencia de brechas volcánicas, con fragmentos angulares de composición andesítica; el espesor de estos depósitos crece hacia el oeste (55m) y decrece hacia el este (20m), lo que indicaría que la fuente de volcanismo activa se encontraría hacia el occidente de la zona de estudio. La Formación Hollín descansa en discordancia angular sobre la Formación Chapiza; esta discordancia consiste en una superficie de erosión de 7mo orden, irregular, que se desarrolla regionalmente en un basamento heterogéneo y deformado.

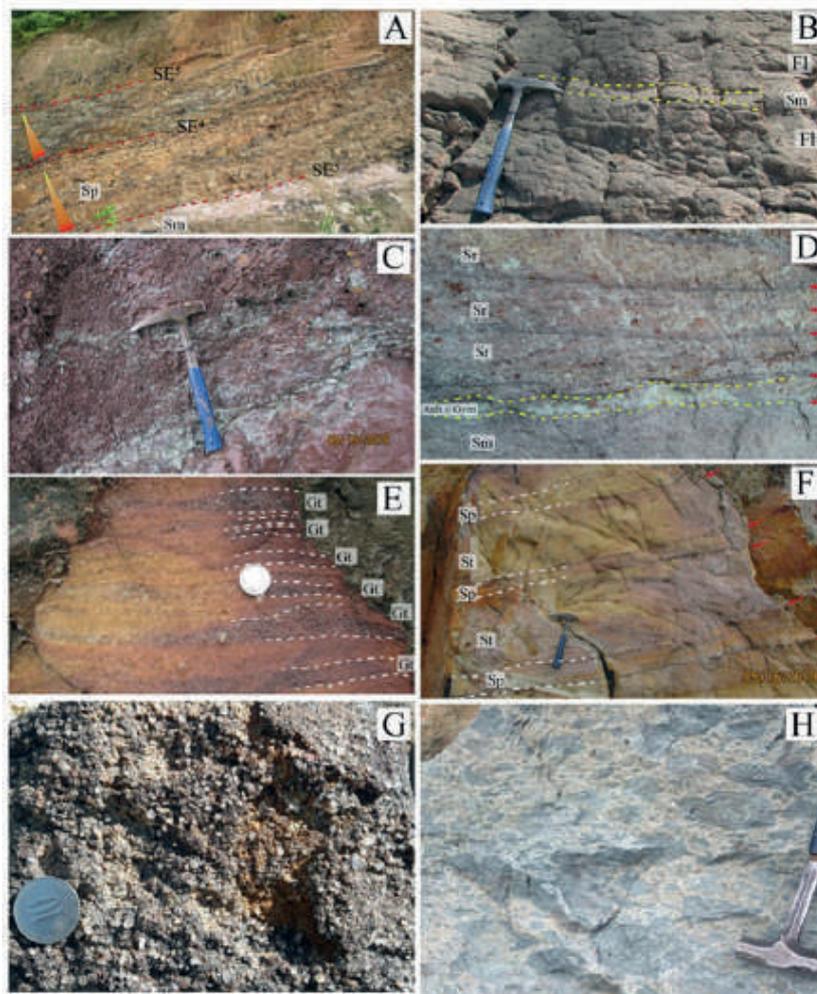


Figura 3. Afloramientos tipo y litofacies de la Formación Chapiza. A. Secuencias de areniscas y arcosas estratificadas. B. Areniscas finas masivas y limolitas arenosas. C. Lodolitas arenosas masivas. D. Set de areniscas con estratificación cruzada intercaladas con niveles de yeso y anhídrita. E. Areniscas de grano grueso y conglomerados estratificados y gradados. F. Sets de arcosas con estratificación cruzada transversal y paralela. G. Conglomerados matriz soportado gradados. H. Brechas volcánicas con clastos andesíticos.

DISCUSIÓN

Tschopp (1953), afirma que la Formación Santiago representa una secuencia de red-beds continentales, en la cual se pueden identificar tres miembros, en base a la presencia de evaporitas el autor intuye la proximidad a un mar Jurásico en retroceso, al tiempo que establece el carácter continental en base a la presencia de ripple marks, mudcracks y ausencia de palinoflora marina. Nuestro estudio coincide con esta interpretación y contribuye en el ambiente de depósito del miembro inferior de la Formación Chapiza se vincula a planicies de inundación de sistemas fluviales de baja energía. Por otro lado, el miembro medio es caracterizado por areniscas con estratificación cruzada y gradación normal organizados en paquetes de barras de punto, aisladas y verticalmente continuas (point bars). La presencia de planicies de inundación y point bars indican un ambiente de depósito de ríos meándricos, por lo cual, el miembro inferior y el miembro medio guardarían el registro de la evolución de sistemas fluviales.

En el miembro superior de la Formación Chapiza, Tschopp (1953), agrupo a rocas volcanoclásticas con niveles volcánicos de composición andesítica, sin embargo, Litherland, et al., (1994), agrupa estas rocas en la Formación Misahuallí, por otro lado, Jaillard (1997), consideró que este miembro no guarda relación genética con el miembro inferior y medio de la Formación Chapiza y lo denominó Unidad Yaupi, asociando a estas rocas volcanoclásticas y volcánicas a otro ciclo de sedimentación. Nuestra investigación reporta paquetes de arcosas, areniscas y limolitas arenosas con estructuras sedimentarias de transporte de sedimento y arquitectura estratigráfica similares a las del miembro inferior y medio. Por lo cual, proponemos que el sistema fluvial evolucionó a un abanico aluvial proximal de una fuente volcánica cuando el arco volcánico Jurásico (Fm. Misahuallí) empezó a contribuir con detrito disponible para la sedimentación al sistema.

La edad reportada para la Formación Chapiza por Tschopp (1953), corresponde al Jurásico, mientras que Ordóñez, et al., (2006), extiende el límite de edad al intervalo Jurásico - Cretácico Inferior. Las relaciones estratigráficas indican que la Formación Chapiza descansa en discontinuidad sobre la Formación Santiago y es cubierta en discordancia angular por la Formación Hollín, nuestro estudio confirma estas relaciones. Por otro lado,

el espesor reportado por Tschopp (1953), alcanza los 370m en los flancos del río Chapiza, sin embargo, en la sección analizada comprendido en el trayecto de Yaupi a Yappi, el espesor observado alcanza los 130m, esto puede ser explicado debido a variaciones laterales de la secuencia, estas variaciones también explicarían la abundancia de niveles conglomeráticos reportados a lo largo de la cuenca Oriente y no observados en esta sección. El equivalente lateral de la Formación Chapiza en el Perú corresponde a la Formación Sarayaquillo (Kummel, 1948; Tschopp, 1953; Jaillard, et al., 1997).

CONCLUSIÓN

- En el suroriente de la cordillera Cutucú, el trayecto desde Yaupi a Yaapi ofrece la posibilidad de analizar el registro estratigráfico de la Formación Chapiza (Jurásico). En donde se han discriminado y caracterizado tres miembros:
- El miembro inferior descansa en discontinuidad sobre la Formación Santiago y es caracterizado por la presencia de limolitas multicolores masivas y areniscas limosas con laminación paralela, laminación cruzada y small ripples, asociadas a planicies de inundación en sistemas fluviales de baja energía.
- En el miembro superior se observa abundancia de areniscas con estratificación cruzada organizadas en point bars y limolitas masivas, limolitas arenosas con laminación paralela asociadas a planicies de inundación en asociación, estos depósitos están vinculados a depósitos fluviales de ríos trenzados.
- El miembro superior incluye a arcosas con estratificación cruzada, conglomerados volcánicos imbricados y brechas volcánicas con gradación inversa, niveles de andesitas porfiríticas, asociadas a abanicos aluviales proximales a una fuente volcánica activa.
- La Formación Hollín cubre en discordancia angular sobre un relieve heterogéneo deformado que incluye a la Formación Chapiza.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baby, P., Rivadeneira, M., Barragán, R., & Christophoul, F. (2013). Thick-skinned tectonics in the Oriente foreland basin of Ecuador. Geological Society, London, Special Publications, 377(1),

59-76.

Colombera, L., Mountney, N. P., Russell, C. E., Shiers, M. N., & McCaffrey, W. D. (2017). Geometry and compartmentalization of fluvial meander-belt reservoirs at the bar-form scale: Quantitative insight from outcrop, modern and subsurface analogues. *Marine and Petroleum Geology*, 82, 35-55.

Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador, (IIGE). 2020. Memoria Técnica de la Hoja Geológica de Yaupi, escala 1: 100 000. Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Quito-Ecuador. Informe no publicado.

Jaillard, E., (1997) Síntesis estratigráfica y sedimentológica del cretáceo y paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador. ORSTOM-PETROPRODUCCION. Quito, 168 pp.

James, N.P. and Dalrymple R., W. (2010). Facies Models 4. GEotext 6. Geological Association of Canada.

Kanhaiya, S., Singh, B. P., Tripathi, M., Sahu, S., & Tiwari, V. (2017). Lithofacies and particle-size characteristics of late Quaternary floodplain deposits along the middle reaches of the Ganga river, central Ganga plain, India. *Geomorphology*, 284, 220-228.

Kummel, B. (1948). Geological reconnaissance of the Contamana region, Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 59(12), 1217-1266.

Lewin, J. (1978). Floodplain geomorphology. *Progress in Physical Geography*, 2(3), 408-437.

Litherland, M. (1994). The metamorphic belts of Ecuador. *British Geological Survey, Overseas Memoir.*, 11.

Miall, A. D. Alluvial deposits (2010) Facies Models, 4. Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, 105-137.

Ordóñez, M., Jiménez, N., Suárez, J. (2006). Micropaleontología Ecuatoriana. CIGG-PETROPRODUCCIÓN, Guayaquil

Pratt, W. T., Duque, P., & Ponce, M. (2005). An autochthonous geological model for the eastern Andes of Ecuador. *Tectonophysics*, 399(1-4), 251-278.

Smith, G. A. (1988). Sedimentology of prox-

imal to distal volcanoclastics dispersed across an active foldbelt: Ellensburg Formation (late Miocene), central Washington. *Sedimentology*, 35(6), 953-977.

Spikings, R., Paul, A., Vallejo, C., & Reyes, P. (2021). Constraints on the ages of the crystalline basement and Palaeozoic cover exposed in the Cordillera real, Ecuador: 40Ar/39Ar analyses and detrital zircon U/Pb geochronology. *Gondwana Research*, 90, 77-101.

Tschopp, H. J. (1953). Oil explorations in the Oriente of Ecuador, 1938-1950. *AAPG Bulletin*, 37(10), 2303-2347.

Tucker, M. E. (Ed.). (2009). Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks. John Wiley & Sons.

Walker, R. G. (1990). Facies modeling and sequence stratigraphy. *Journal of Sedimentary Research*, 60(5), 777-786.

Waresback, D. B., & Turbeville, B. N. (1990). Evolution of a Plio-Pleistocene volcanogenic-alluvial fan: the Puye Formation, Jemez Mountains, New Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 102(3), 298-314.

Yeste, L. M., Varela, A. N., Viseras, C., McDougall, N. D., & García-García, F. (2020). Reservoir architecture and heterogeneity distribution in floodplain sandstones: Key features in outcrop, core and wireline logs. *Sedimentology*, 67(7), 3355-3388.