

Sedimentología y geoquímica del contacto entre las formaciones Napo y Tena en el afloramiento de Puerto Napo, Tena: Descifrando cambios en las condiciones deposicionales en la Cuenca Oriente, Ecuador

Sedimentology and geochemistry of the contact between the Napo and Tena formations at the Puerto Napo outcrop, Tena: Deciphering changes in depositional conditions in the Oriente Basin, Ecuador

Jordy Morocho¹, Oswaldo Guzman², Corina Campos³, Juan Escobar⁴

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. <https://orcid.org/0009-0004-9982-2481>

2 Grupo de Investigación en Ciencias de La Tierra y Clima. Universidad Regional Amazónica Ikiam. <https://orcid.org/0000-0001-7326-1082>

3 Grupo de Investigación en Ciencias de La Tierra y Clima. Universidad Regional Amazónica Ikiam. <https://orcid.org/0000-0002-2785-5469>

4 Universidad Amantay Wasi.

Autor de correspondencia: jordy.morocho@est.ikiam.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e10>

Resumen

El presente estudio caracteriza el contacto entre las formaciones Napo y Tena en el afloramiento de Puerto Napo Cuenca Oriente del Ecuador mediante análisis sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos. Los resultados evidencian que el límite entre ambas unidades corresponde a una transición gradual, sin presencia de superficies erosivas ni disconformidades. La Formación Napo se compone de litologías carbonatadas con abundante microfauna planctónica, mientras que la Formación Tena está dominada por areniscas y limolitas siliciclásticas con aporte terrígeno andino y fragmentos volcánicos. Los perfiles geoquímicos (Ca/Fe, Ca/Si, Ca/Ti, Ca/Al, Ca/Sr) muestran un comportamiento gradual desde la Napo hacia la Tena, reflejando la disminución progresiva de la influencia marina y el incremento del aporte continental. El carbono orgánico (COT) evidencia variabilidad en la Formación Napo con valores de hasta 0,8%, mientras que en la Formación Tena los valores son bajos y estables (0,1–0,3%). La susceptibilidad magnética presenta valores bajos en la Napo, asociados a un ambiente marino con predominio carbonatado, y valores más altos en la Tena, vinculados a un mayor contenido de minerales ferromagnesianos. Estos resultados permiten interpretar

el contacto transicional ligada a un evento transgresivo–regresivo durante el Maastrichtiense, controlado por procesos eustáticos y tectónicos.

Palabras clave: Sedimentología, Geoquímica, Cuenca Oriente, Napo, Tena, Maastrichtiense.

Abstract

This study characterizes the contact between the Napo and Tena formations at the Puerto Napo outcrop in the Oriente Basin of Ecuador through sedimentological, petrographic, and geochemical analyses. The results indicate that the boundary between both units corresponds to a gradual transition, without evidence of erosive surfaces or unconformities. The Napo Formation is composed of carbonate lithologies with abundant planktonic microfauna, whereas the Tena Formation is dominated by siliciclastic sandstones and siltstones with Andean terrigenous input and volcanic fragments. Geochemical profiles (Ca/Fe, Ca/Si, Ca/Ti, Ca/Al, Ca/Sr) display a gradual trend from the Napo to the Tena formations, reflecting the progressive decrease in marine influence and the increase in continental input. Total organic carbon (TOC) showed variability within the Napo Formation, with values reaching up to 0.8%, whereas the Tena Formation exhibited low and stable values (0.1–0.3%). Magnetic susceptibility presented low values in the Napo Formation, associated with a marine carbonate-dominated environment, and higher values in the Tena Formation, linked to a greater content of ferromagnesian minerals. These results support the interpretation of a transitional contact related to a transgressive–regressive event during the Maastrichtian, controlled by eustatic and tectonic processes.

Keywords: Sedimentology, Geochemistry, Oriente Basin, Napo, Tena, Maastrichtian.

Introducción

La Cuenca Oriente del Ecuador constituye un registro geológico fundamental para comprender la interacción entre procesos tectónicos y eustáticos durante el Cretácico Superior. A lo largo de su evolución, esta cuenca ha experimentado múltiples fases tectónicas y transgresiones marinas globales, que han dejado registros sedimentarios bien preservados (Jaillard et al., 2005; Baby et al., 2013). En este contexto, las formaciones Napo y Tena representan unidades contrastantes que reflejan la transición desde ambientes marinos someros carbonatados con abundante fauna planctónica (Rivadeneira et al., 2015) hacia sistemas fluvio-deltaicos de alta energía con aporte terrígeno y volcánico derivado del arco andino (Romero-Cóndor et al., 2024). El estudio detallado del contacto entre estas formaciones en el afloramiento de Puerto Napo constituye una oportunidad clave para refinar los modelos de evolución sedimentaria y tectónica de la región, aportando evidencia sobre el control combinado de procesos eustáticos

y subsidencia cortical en la acomodación de sedimentos (Vallejo et al., 2018; Jaillard et al., 2020). De esta manera, la investigación contribuye al entendimiento paleoambiental de la cuenca y tiene aplicaciones directas en la estratigrafía y la exploración de recursos naturales.

Metodología

El estudio se desarrolló en dos fases: campo y laboratorio. En campo, se realizó la descripción sedimentológica del afloramiento de Puerto Napo, construyendo una columna estratigráfica detallada y aplicando un muestreo sistemático de 33 muestras de roca, con 2 kg por metro en las unidades principales y 1 kg cada 20 cm en la zona de transición para asegurar un control estratigráfico preciso (Vallejo et al., 2018). En laboratorio, se aplicaron análisis de fluorescencia de rayos X (FRX) para determinar concentraciones elementales (Ni Zou et al., 2010; Sánchez et al., 2019), carbono orgánico total (COT) mediante combustión controlada (Wang et al., 2011; Pons et al., 2013), y susceptibilidad magnética (SM) para identificar el aporte mineralógico continental (Estupiñán et al., 2010; Enríquez et al., 2023). Además, se elaboraron láminas delgadas analizadas en microscopio de polarización para caracterizar mineralogía, texturas y fósiles, resaltando la presencia de foraminíferos planctónicos como evidencia del carácter transicional del contacto Napo–Tena (Jaillard et al., 2005; Romero-Cóndor et al., 2024).

Resultados y discusión

La caracterización litológica y petrográfica del afloramiento de Puerto Napo permite reconocer la transición entre las formaciones Napo y Tena. La Formación Napo se compone de rocas carbonatadas como grainstones, packstones y wackestones, con abundantes foraminíferos planctónicos, lo que evidencia un ambiente marino somero (Rivadeneira et al., 2015; Jaillard et al., 2005). La Formación Tena presenta areniscas feldespáticas, limolitas y fragmentos volcánicos, asociados a un sistema fluvio-deltaico con fuerte aporte terrígeno del arco andino (Romero-Cóndor et al., 2024; Vallejo et al., 2018). La presencia residual de foraminíferos indica cierta influencia marina en la zona de transición (Dashwood & Abbots, 1999).

Los análisis geoquímicos muestran un cambio gradual entre ambas unidades. La Formación Napo registra altos niveles de calcio (Ca) y manganeso (Mn), característicos de ambientes marinos carbonatados (Ni Zou et al., 2010). En la Formación Tena se incrementa progresivamente la sílice (Si) y el aluminio (Al), evidenciando aporte siliciclástico continental (Sánchez et al., 2019). Las relaciones elementales (Ca/Fe, Ca/Si, Ca/Ti, Ca/Al y Ca/Sr) mantienen tendencias continuas, lo que descarta un contacto erosivo y respalda un límite transicional (Jaillard et al., 2020). Asimismo, el carbono orgánico refuerza este patrón, con mayores valores en la Napo y bajos registros en la Tena, vinculados a cambios eustáticos y

tectónicos (Pons et al., 2013; Piva et al., 2008).

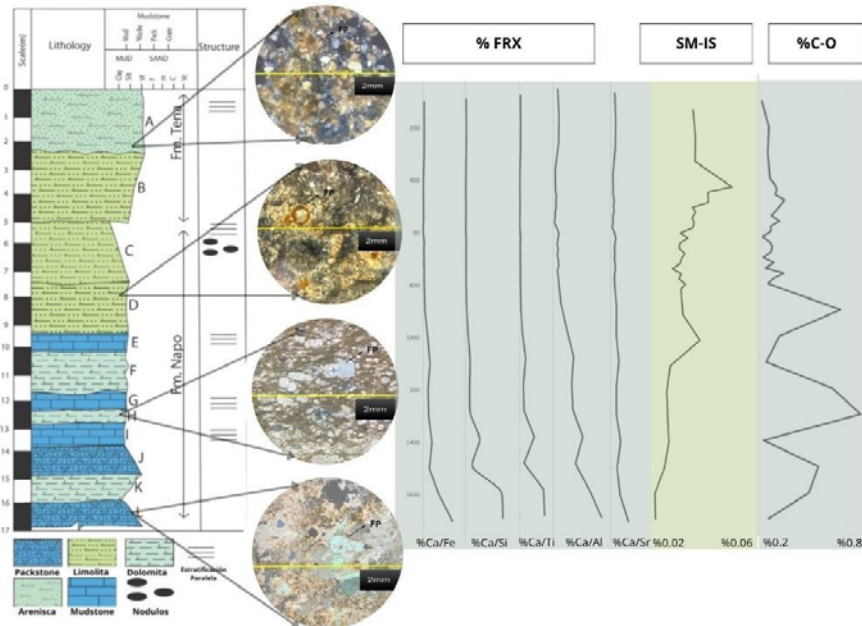


Figura 5. Columna estratigráfica del afloramiento de Puerto Napo

La figura presenta la columna estratigráfica del afloramiento de Puerto Napo, integrando descripciones litológicas, petrográficas y geoquímicas. En la base se observa la Formación Napo, de origen marino somero, mientras que hacia la parte superior aflora la Formación Tena, dominada por depósitos siliciclásticos continentales. Las imágenes petrográficas evidencian fósiles, principalmente foraminíferos planctónicos, que confirman el carácter transicional entre ambas unidades. Los perfiles geoquímicos y la susceptibilidad magnética muestran cambios graduales en la procedencia sedimentaria, mientras que el carbono orgánico total refleja variaciones ligadas a fluctuaciones eustáticas y a la preservación de materia orgánica.

La susceptibilidad magnética (SM) confirma estas diferencias. En la Formación Napo los valores son bajos, reflejando su carácter marino con escasa influencia volcánica (Estupiñán et al., 2010). En la Tena los valores aumentan, indicando aporte de minerales paramagnéticos de origen andino (Enríquez et al., 2023; Baby et al., 1999). Este contraste valida un cambio progresivo en el sistema de sedimentación, influido tanto por variaciones eustáticas como por subsidencia tectónica (DeCelles & Giles, 1996). En conjunto, las evidencias permiten interpretar el contacto Napo–Tena como una transición transgresiva–regresiva del Maastrichtiense temprano, vinculada a la máxima transgresión marina global y a procesos tectónicos regionales (Haq et al., 1987; Jaillard et al., 2020).

Conclusiones

El análisis integrado de campo y laboratorio en el afloramiento de Puerto Napo demuestra que el contacto entre las formaciones Napo y Tena corresponde a un contacto transicional, sin evidencias de erosión ni disconformidad (Dashwood & Abbots, 1999). La Formación Napo registra un dominio marino carbonatado con abundante fauna planctónica (Rivadeneira et al., 2015), mientras que la Formación Tena refleja un sistema fluvio-deltaico siliciclástico con aporte terrígeno y volcánico de procedencia andina (Romero-Cóndor et al., 2024).

Las relaciones geoquímicas, junto con los perfiles de carbono orgánico total y susceptibilidad magnética, sustentan un cambio progresivo desde condiciones marinas hacia ambientes continentales, controlado por un evento transgresivo-regresivo durante el Maastrichtiense temprano (Haq et al., 1987; Jaillard et al., 2005). Este contacto constituye una superficie clave en la estratigrafía de la Cuenca Oriente, ya que documenta la interacción entre pulsos eustáticos y procesos tectónicos de subsidencia (Vallejo et al., 2018; Montero & Bachmann, 2023). De esta manera, los resultados permiten descartar la existencia de un contacto erosivo o abrupto, en el afloramiento de Puerto Napo y plantean un ambiente de depositación como un régimen marino–continental transicional (DeCelles & Giles, 1996; White et al., 2005).

Referencias Bibliográficas

Haq, B. U., Hardenbol, J., & Vail, P. R. (1987). Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235(4793), 1156–1167. <https://doi.org/10.1126/science.235.4793.1156>

DeCelles, P. G., & Giles, K. A. (1996). Foreland basin systems. *Basin Research*, 8(2), 105–123. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2117.1996.01491.x>

Dashwood, M. F., & Abbots, I. L. (1999). Aspects of stratigraphic and structural evolution of the Oriente Basin, Ecuador. In *Petroleum basins of South America* (pp. 415–425). AAPG Memoir.

Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (1999). La cuenca Oriente: Geología, evolución y recursos. *Revista Geológica del Ecuador*, 12, 67–85.

Jaillard, E., Soler, P., Carlier, G., & Mourier, T. (2005). Andean geodynamics: main issues and contributions from the Ecuadorian Andes. *Journal of the Geological Society*, 162(3), 535–541. <https://doi.org/10.1144/0016-764904-017>

Piva, A., Tribovillard, N., Montanari, A., Dinelli, E., & Trincardi, F. (2008). Cycle-related productivity and diagenesis in the Mediterranean during the Late Quaternary. *Paleoceanography*, 23(1), PA1203. <https://doi.org/10.1029/2007PA001566>

Ni Zou, S., et al. (2010). Geochemistry as a proxy for paleoenvironmental reconstructions in sedimentary basins. *Sedimentary Geology*, 229(1–2), 95–110.

Estupiñán, J., Vallejo, C., & Barragán, R. (2010). Magnetic susceptibility as an indicator of terrigenous input in Andean basins. *Revista Escuela Politécnica Nacional*, 31(1), 23–34.

Wang, G., et al. (2011). Organic carbon preservation and paleoenvironmental implications in foreland basins. *Marine and Petroleum Geology*, 28(6), 1236–1248.

Pons, J., et al. (2013). Organic matter accumulation and preservation in different depositional environments. *International Journal of Coal Geology*, 120, 25–36.

Rivadeneira, M., Baby, P., & Barragán, R. (2015). Estratigrafía y paleoambientes de la Formación Napo en la Cuenca Oriente del Ecuador. *Revista Geológica del Ecuador*, 28, 15–32.

Vallejo, C., et al. (2018). Tectonic controls on sedimentation in the foreland basins of Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences*, 87, 240–255.

Sánchez, J., et al. (2019). Geochemical proxies for sedimentary environments: A review from South American basins. *Sedimentary Geology*, 385, 1–15.

Jaillard, E., et al. (2020). Stratigraphic architecture and tectonic evolution of the Oriente Basin (Ecuador). *Basin Research*, 32(3), 565–585. <https://doi.org/10.1111/bre.12415>

Enríquez, M., Romero-Cóndor, J., & Vallejo, C. (2023). Magnetic susceptibility and provenance in foreland basin successions, Ecuadorian Andes. *Andean Geology*, 50(2), 223–242.

Montero, J., & Bachmann, G. (2023). Eustatic and tectonic signals in the stratigraphic record of the Ecuadorian Oriente Basin. *Sedimentary Geology*, 431, 106223.

Romero-Cóndor, J., Vallejo, C., & Enríquez, M. (2024). Petrography and provenance of Cretaceous–Paleogene siliciclastic successions in the Oriente Basin, Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences*, 123, 104207.