



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Microestructuras de diatomitas obtenidas por petrografía de sección delgada y micro tomografía computarizada (micro-ct), formación pisco, mioceno,

Taylor Kelln¹, Kevin Nick², Leroy Leggitt², Gina Roque Torres³

Taylor Kelln¹, Kevin Nick², Leroy Leggitt², Gina Roque Torres³

¹ Imerys Performance Minerals Americas, 4000 Johns Creek Ct, Suite 500, Suwanee, GA 30024, EEUU

² Loma Linda University. Department of Earth and Biological sciences, Griggs Hall Rm 101 Loma Linda, CA 92350, EEUU

³ Loma Linda University. School of Dentistry. 11175 Campus Street, Chan Shun Pavilion, Loma Linda, CA, 92350, EEUU

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Pisco Oriental en la costa central de Perú contiene abundantes depósitos diatomáceos y la diatomita más pura se encuentra en la región superior de la Formación Pisco. El interés reciente en los reservorios no convencionales ha llevado al desarrollo de herramientas analíticas y al aumento de los estudios petrográficos sobre rocas sedimentarias de grano fino. Aplicamos algunas de estas herramientas a la diatomita limosa de la Formación Pisco. En el afloramiento, la mayoría de estas diatomitas están finamente laminadas y dispuestas en estratificación ondulada (swaley) y

de tipo humocky de gran longitud de onda (0,7 - 1,7 m). Este estudio examinó las microestructuras y micro-variedades en la textura de estas rocas utilizando tanto petrografía de sección delgada como micro-tomografía computarizada.

MÉTODOS

Se exploró la Formación Pisco en el Valle del Río Ica y recolectó muestras de las diatomitas que aparecían más puras para inspeccionar una gama completa de estructuras sedimentarias. Tres ubicaciones arrojaron muestras excepcionales que se examinaron en detalle (Figura 1). En cada lugar,



Figura 1. Ubicación de los tres sitios de muestra en este estudio. El río Ica divide los sitios. Las exposiciones a la luz son sedimentos ricos en diatomeas.

se documentó la litología y se recolectaron muestras orientadas directamente del afloramiento. Se prepararon muestras orientadas para secciones delgadas, superficies usando el microscopio electrónico de barrido (SEM) y bloques de micro-CT según métodos derivados de O'Brien y Slatt (1990).

Las microestructuras internas de la diatomita fueron reveladas por la novedosa aplicación de micro-CT y petrografía de sección delgada. Las muestras de micro-CT se prepararon cortando y reduciéndolos a bloques de 5 mm. Las muestras se escanearon en el escáner micro-CT Bruker SkyScan 1272 con la siguiente configuración: resolución de vóxel de 3 a 6 μm , con o sin filtro de aluminio, rotación de 0.2° , voltaje y corriente 50 kV y 200 μA respectivamente. La representación del modelo, la reconstrucción de vóxeles y las mediciones cuantitativas se llevaron a cabo utili-

zando los softwares NRecon, CTAn and CTVol de la misma empresa.

MICROESTRUCTURAS

Varias microestructuras observadas mostraron signos de clasificación, secuestro de granos y truncamiento a escala de la lámina. Se observa que las dobletes de limo clástico se afinan hacia arriba en la diatomita, comprendiendo tanto la laminación como el lecho de gran parte de la diatomita de Pisco y las limolitas de diatomeas. Estos se definen por una base erosiva rica en limo, que a menudo trunca los depósitos anteriores y se caracteriza por una abundancia de limo relativamente más grueso, seguido por una intercalación de diatomeas en la region de arriba que contienen finas inclusiones de limo (Figura 2). El limo basal se encuentra secuestrado tanto como láminas continuas como en lentes. La clasificación entre el componente limo

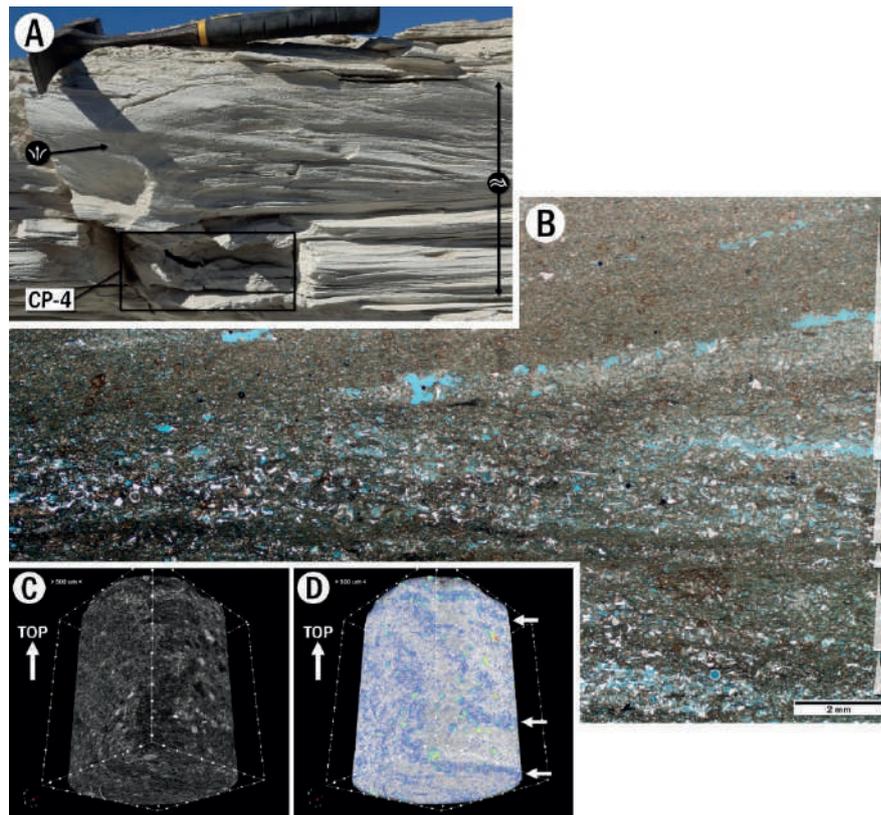


Figura 2. Diatomita ondulada de estratificación moderadamente continua a discontinua de el Cerro Pileta que alberga un rastro de escape de fluido (A, la flecha apunta al rastro). En la sección delgada (B), la muestra se revela como una combinación de pareados graduados, algunos con un grado nítido y otros que muestran un grado más gradual. Nótese el truncamiento suave entre los pareados, particularmente los pellizcos hacia la izquierda de la imagen (B), ya que algunos muestran bases erosivas. (C) y (D) son modelos de micro-TC que muestran una vista de la superficie del rastro de escape del fluido. (C) es un modelo de micro-radiografía sin marcar, donde en (D) el contenido de diatomeas de la roca se ha vuelto blanco y el limo se ha codificado con colores para el tamaño (siendo más rojo más grande, y más azul más pequeño). Las flechas blancas en (D) apuntan a secuestros de sedimentos deformados por sedimentos. Escaneamiento realizado con una resolución de 1 μm .

de los pareados se observa abrupto y gradual. También se ha encontrado que los secuestros de limo sobreviven al escape de fluidos (Figura 2C, D) a través del modelo reconstruido del mirco-CT, lo que ilustra que los signos de la tela depositacional original se pueden preservar contra la deformación de sedimentos blandos.

Se ha observado interlaminación y secuestro de limo a lo largo del registro de rocas en lutitas siliciclásticas. Yawar y Scheiber (2017) han replicado texturas similares a través del experimento de canal en mezclas de arcilla y limo debido a la

migración en tándem de ondulaciones ricas en limo y ondulaciones de flóculos de arcilla durante el transporte de carga de lecho bajo corrientes unidireccionales. Por lo tanto, sugerimos que las sucesiones dobles de diatomita de Pisco pueden haberse acumulado bajo el tándem, debido a la migración de la carga de lecho de ondas ricas en limo y de diatomeas.

Se observan tripletes de gradación dentro de un complejo de canales interlaminados en el Cerro Mamá y la Hija (Figura 3). Estos fueron escaneados, modelados e identificados primero a través

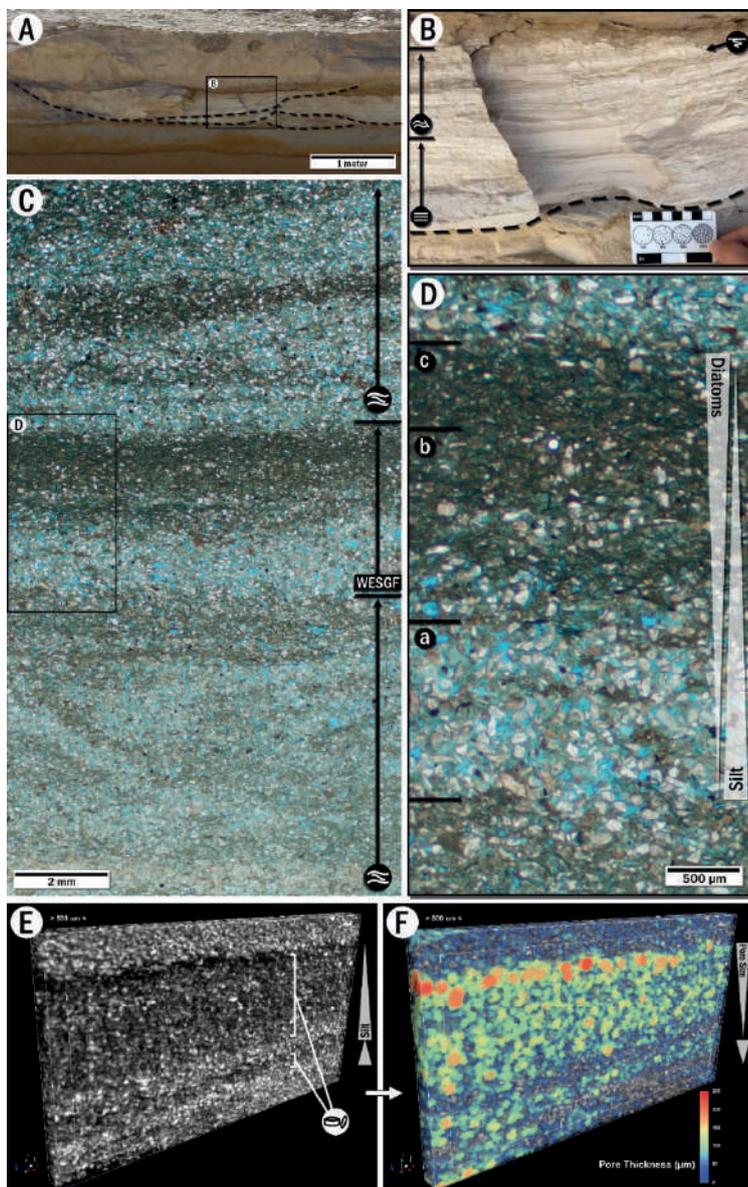


Figura 3. Vista general de un complejo de canales interlaminados en el Cerro Mamá y la Hija. (A) muestra el complejo en afloramiento con bases de canales delimitadas por líneas. (B) muestra el relleno del canal, que consiste en láminas alternas de diatomita-limolita, que más tarde se reveló como micro-pareados graduados. En el afloramiento, también se gradúa hacia arriba desde un laminado más plano en la base del canal hasta un tipo hummocky a medida que avanza el relleno. La parte superior está levemente bioturbada. En la sección delgada (C), se pueden ver dobles que se ajustan a una variedad de telas, incluidas la deformación (parte inferior del medio), las ondulaciones de ángulo bajo (parte superior, tenga en cuenta los pellizcos suaves). También se pueden ver tripletes graduados, interpretados como flujos de gravedad de sedimentos mejorados por olas. (E) muestra una proyección de intensidad máxima en el modelo micro-CT, utilizado para aislar el componente de limo de mayor densidad de un triplete superpuesto a un pareado. En (F), el tamaño de los poros ha sido “mapeado por calor” en el modelo, mostrando una clasificación inversa en el tamaño de los poros que es mayor dentro de los casquetes de diatomeas de los tripletes. Escaneo tomado con una resolución de 5 μm .

de micro-CT y muestran un perfil ascendente de afinación en tres intervalos distintos: una limolita relativamente más gruesa con una base erosiva, que se afina hacia arriba en una intercalación de

diatomeas y limo más fino, y finalmente cubierta con diatomita (Figura 3C-F). La clasificación entre tripletes quizás se reconozca mejor a través del “mapa de calor” del tamaño de los poros que

se muestra en la Figura 3F, donde se muestra la mayor porosidad en los casquetes de diatomeas de los tripletes. Los pareados también están presentes y tienden a mostrar un suave hundimiento, truncamiento o contorsión, mientras que los trillizos tienden a ser más continuos y uniformes.

Los tripletes observados dentro del complejo de canales interlaminados en el Cerro Mamá y la Hija se interpretan como flujos de sedimentación-gravedad mejorados por olas donde las olas de tormenta arrastraron sedimentos de diatomeas para producir un fluido de mayor densidad que procedió mar adentro y canal descendente (Maquaker et al. al., 2010).

CONCLUSIONES

La diatomita de la Formación Pisco contiene texturas y micro-texturas que parecen reflejar la deposición como resultado del transporte lateral de la carga de lecho, como lo demuestra la presencia de micro-pareados, tripletes y micro-laminación cruzada. La formación de micro-pareados, especialmente en el Cerro Pileta, se atribuyen a la migración de ondas ricas en limo y ricas en diatomeas. Estas se encuentran protegidas, donde las ondas se acumulan uniformemente como drapeados, aunque la mayoría parece haber estado sujeta a la modificación de las olas durante condiciones similares a las de una tormenta, produciendo sucesiones significativas de diatomita hummocky-swaley de ángulo bajo. Asimismo, los flujos gravitacionales de sedimentos modificados por las olas pueden haber producido coplas graduadas más gradualmente.

Los tripletes en un complejo de canales apilados interlaminados de diatomita-limolita, como se ve en el Cerro Mamá y la Hija, probablemente fueron el producto de flujos de gravedad de sedimentos mejorados por olas y se atribuyen a pulsos cíclicos de sedimentos arrastrados por las olas de tormentas para formar un fluido de mayor densidad antes de ser conducidos mar adentro y canal descendente. También se observaron pareados en el relleno del canal superior, posiblemente reflejando tripletes truncados o migratina de diatomeas y rizado de limo intermitente a flujos de gravedad de sedimentos mejorados por olas. La aplicación del análisis de micro-CT demostró ser fundamental en la identificación volumétrica de micro-pareados y tripletes, es decir, mediante el mapeo del tamaño de los poros y la codificación de colores, se reveló claramente una clasificación interna consistente

que inicialmente se oscureció en las imágenes de sección delgada y SEM.

Con base en estos hallazgos, se insta a que los estudios futuros tomen precauciones al asignar un entorno de depósito de baja energía a la diatomita basándose solo en la litología. Los parámetros posicionales asociados con las lutitas se han anulado en gran medida en las últimas décadas, lo que ha llevado a comprender que la deposición puede ocurrir en condiciones de mayor energía de lo que se suponía anteriormente (Yawar y Schieber, 2017 y otros), y parecería que la diatomita puede acumularse bajo regímenes similares, y en casos excepcionales como el de la Formación Pisco, pueden hacerlo en sucesiones significativas.

BIBLIOGRAFÍA

Maquaker, J. H., Bentley, S. J., & Bohacs, K. M. (2010). Wave-enhanced sediment-gravity flows and mud dispersal across continental shelves: Reappraising sediment transport processes operating in ancient mudstone successions. *Geology*, 38(10), 947-950.

O'Brien, N. R., & Slatt, R. M. (1990). *Argillaceous rock atlas*. Springer Science & Business Media.

Yawar, Z., & Schieber, J. (2017). On the origin of silt laminae in laminated shales. *Sedimentary Geology*, 360, 22-34.