

**XVI
RAS**

TALLERES



**SEDIMENTOLOGÍA
SIN FRONTERA**

**26 al 30 de noviembre de 2018
General Roca - Río Negro**



Libro de Talleres de la XVI Reunión Argentina de Sedimentología:
Sedimentología Sin Frontera. 26 al 30 de noviembre de 2018. General Roca,
Río Negro, Argentina.

Edición: Alejandro David Báez y Ricardo Gómez

Diseño Visual: Julio Bariani y Manuela Zalazar

ORGANIZAN



Asociación Argentina de Sedimentología



AUSPICIAN



COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente

Juan José Ponce (CONICET-UNRN)

Vice-Presidente

Aldo Omar Montagna (YPF-UNRN)

Secretaria

Nerina Canale (CONICET-UNRN)

Tesorera

Débora Mical Campetella (CONICET-UNRN)

Vocales

Noelia Beatriz Carmona (CONICET-UNRN)

Alberto Tomás Caselli (CONICET-UNRN)

Emiliano Santiago (YPF)

Silvio Casadío (CONICET-UNRN)

Fabián Gutiérrez (YPF)

Josefina Pons (CONICET-UNRN)

Martín Cevallos (CGC-UNSJ)

Nayibe Otalora Ardila (YPF)

Julieta Omarini (CONICET-UNRN)

Manuela Zalazar (CONICET/YTEC-UNRN)

Alejandro David Báez (CONICET-UNRN)

Ricardo Gómez (AGENCIA-UNRN)

Maximiliano Nicolás Rodríguez (CONICET-UNRN)

ÍNDICE

TALLERES

1 T-S1: Ambiente Lacustre

Cecilia Eugenia del Papa, Eduardo Luis Piovano, Matías Miguel Salvarredy Aranguren y Gastón Matías Iovine Palafox

5 T-S2: Edafología y Paleosuelos

Marcelo Krause, Eduardo Sergio Bellosi y Pablo José Bouza

14 T-S3: Ambiente Marino Profundo

Carlos Alberto Zavala, Ricardo Gómez Omil y Juan José Ponce

21 T-S5: Petrología de Rocas Clásticas y Carbonáticas

Carlos Oscar Limarino, Maisa Andrea Tunik y Ezequiel González Pelegrí

26 T-S6: Ambiente Volcaniclástico

Alberto Tomás Caselli, Walter Báez, Romina Daga y Mario Schiuma

37 T-S8: Ambiente Eólico

Gonzalo Diego Veiga, Alfonsina Tripaldi y Agustín Arguello Scotti

43 T-S9: Ambiente Fluvial

José Oscar Allard, Nicolás Foix y Jorge Hechem

51 T-S10: Ambiente de Transición

Carlos Daniel Arregui, Miguel de Moraes Lima Silveira y Diana Cuadrado

61 T-S11: Sistemas No Convencionales

Ivan Lanusse Noguera y Diego Licitra

68 T-S12: Enseñanza de la Geología

María Diez, Leandro D'elía y Silvio Casadío

T-S1

AMBIENTE LACUSTRE

Limnogeología y Paleolimnología

Cecilia Eugenia del Papa¹, Eduardo Luis Piovano¹, Matías Savarredy Aranguren² y Gastón Iovine Palafox³

¹ CICTERRA, CONICET-Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina;
delpapacecilia@yahoo.com, eduardopiovano@unc.edu.ar

² UNPSJB, YPF S.A. Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina;
matias.salvarredyaranguren@ypf.com

³ YPF S.A. Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina;
gaston.iovinepalafox@ypf.com

“By nature, lakes are not permanent features in earth’s history: they develop, gradually fill up, and disappear”, Meybeck, (1995)

VERDADERO O FALSO?

Los ambientes lacustres representan una oportunidad para el estudio integral de los procesos continentales. Los lagos y una gran variedad de cuerpos de aguas someros denominados humedales (“*wetlands*”) cubren millones de kilómetros cuadrados de áreas continentales y constituyen los componentes esenciales del balance de agua regional y global (Meybeck, 1995).

Los sistemas lacustres son uno de los ambientes continentales más sensibles en reaccionar frente a las perturbaciones del Sistema Tierra, que pueden ser causadas por influencias astronómicas externas (*e.g.* cambios en la luminosidad solar), influencias internas (fenómenos tectónicos, cambios en la circulación atmosférica, volcanismo, etc.) y por la acción antrópica (Talbot y Allen, 1996). Asimismo, los registros sedimentarios lacustres presentan alto potencial de preservación (en general buena acomodación) comparado con otros sistemas continentales (Carroll y Bohacs, 1999). Los aspectos mencionados combinados con la diversidad de ámbitos continentales y

climáticos en los que se pueden formar, convierten a este ambiente en el ideal para efectuar reconstrucciones paleoambientales a diferentes escalas temporales (anuales a $> 10^6$ años). Asimismo, un aspecto destacable es que ofrecen la posibilidad de generar modelos útiles para efectuar la reconstrucción de condiciones pasadas y también modelos predictivos.

En los últimos años se avanzó considerablemente en el conocimiento de la paleolimnología aplicada a la variabilidad climática del Pleistoceno-Holoceno (Cohen, 2003). Dos aspectos fueron los detonantes de este avance (1), por un lado la necesidad de conocer la frecuencia e impacto de las variabilidad climática pasada con miras a establecer modelos y series temporales para analizar el escenario actual de cambio global y (2) los avances tecnológicos y científicos que permitieron aplicar nuevas metodologías analíticas (e.g., dataciones, determinaciones isotópicas y geoquímicas, propiedades petrofísicas, etc.).

Al mismo tiempo, el estudio de los depósitos sedimentarios de ambientes lacustres presenta un interés aplicado dado que pueden actuar como fuentes de acumulaciones de minerales (arcillas y sales de interés económico), rocas de aplicación e incluso actuar como rocas madres. A este respecto, al actuar como ámbitos locales de nivel de base, constituyen buenos sumideros de materia orgánica, y además pueden ofrecer, en muchos casos, condiciones óptimas para la generación y preservación de materia orgánica, por lo que tienen potencial para conformar rocas madres de hidrocarburos (Bohacs *et al.*, 2000). En especial en posiciones de lago interno donde condiciones de mayor batimetría y anoxia de fondo favorecen la preservación de la misma. Asimismo, las retracciones y expansiones de la línea de costa, pueden generar niveles condensados que son de utilidad a la hora de un abordaje estratigráfico secuencial para determinar superficies de máxima inundación. Bajo condiciones de niveles altos en las zonas costeras se pueden formar pantanos que favorecen la generación de niveles de carbones (Catuneanu, 2017).

OBJETIVOS

El taller tiene como principal objetivo establecer un ámbito de discusión y de reflexión sobre las metodologías de estudios y distintas miradas para

abordar el estudio de series antiguas y sistemas actuales. Asimismo se pretende generar una discusión sobre el alcance y las limitaciones de los modelos actualistas bajo la dinámica del Cambio Global.

DINÁMICA DEL TALLER

Las actividades comprenderán:

1- Introducción y marco teórico en la que se dejarán plasmadas las distintas perspectivas de análisis que se tienen sobre este ambiente. A los fines de iniciar una discusión se expondrán las contradicciones y las limitaciones de las metodologías de estudio. La generación de modelos actualistas que sirvan como análogos, el Antropoceno. marco geocronológico y las nuevas técnicas de datación. Los lagos como “servicios ambientales”. Se abordará la complejidad de trabajar con diferentes escalas (regional, afloramiento, pozo y detalle) en las unidades lacustres, con casos de estudio de subsuelo a modo de ejemplo: Formación Pozo D129 y de registros sedimentarios de lagos actuales (Paleolimnología de sistemas lacustres pampeanos y de Patagonia).

2- Actividades prácticas: Comprenderán dos bloques, por un lado el estudio de series en subsuelo y, por otro, el estudio comparativo de depósitos antiguos a partir de afloramiento y testigos corona de lagos actuales. Para el primer bloque se trabajará con distintos tipos de información de subsuelo del caso de estudio Formación Pozo D129 (registro sísmico y perfiles geoeléctricos). En el segundo bloque se trabajará con registros fotográficos e información de multi-indicadores de testigos sedimentarios de lagos actuales y se comparará con registro similares de lagos antiguos.

Las actividades planteadas permitirán tener una visión más acabada del alcance en cada una de las escalas de trabajo con las que se puede abordar el estudio del sistema lacustre.

CIERRE DEL TALLER

Se espera generar un espacio de intercambio de ideas y experiencias que resulten de utilidad para todos los participantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Bohacs, K.M.; A. R. Carroll, J.E. Neal y P.J. Mankewicz, 2000. Lake-Basin type, Source Potential, and Hydrocarbon Character: an Integrated Sequence-Stratigraphic-Geochemical Framework. In (Gierlowski-Kordesch, E.H. & K.R. Kelts Eds). Lake Basins Through Space and Time. AAPG Studies in Geology, N°46, pp. 3-33.
- Carroll, A., y K. Bohacs, 1999, Stratigraphic classification of ancient lakes: Balancing tectonic and climatic controls: GEOLOGY, 99-102 p.
- Catuneanu, O. 2017. Sequence Stratigraphy: Guide lines for a Standard Methodology. In: Stratigraphy & Timescales, Volume 2 # 2017 Elsevier Inc. ISSN 2468-5178, <http://dx.doi.org/10.1016/bs.sats.2017.07.003>
- Cohen, A. S. 2003. Paleolimnology. The history and evolution of lake systems. Oxford University Press, New York, 500 p.
- Maybeck M 1995. Global distribution of lakes. In: Physics and chemistry of lakes, (Eds A. Lerman, D. M. Imboden and J. R. Gat) 2nd edn, pp. 37-82, Springer-Verlag, Heidelberg
- Talbot, M.R. y Allen P.A., 1996. Lakes. In. H.G. Reading (Ed.). Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell Science, 3rd edición, p. 83:123.

T-S2

EDAFOLOGÍA Y PALEOSUELOS

Marcelo Krause¹, Eduardo Sergio Bellosi² y Pablo José Bouza³

¹ CONICET–Museo Paleontológico Egidio Feruglio. Avenida Fontana 140, (9100) Trelew, Chubut, Argentina; mkrause@mef.org.ar

² CONICET – Museo Argentino de Ciencia Naturales. Avenida Ángel Gallardo 470, (1405) Buenos Aires, Argentina; ebellosi@sei.com.ar

³ Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC), CONICET, CCT CENPAT. Boulevard Almirante G. Brown 2915, (9120) Puerto Madryn, Chubut, Argentina; bouza@cenpat-conicet.gob.ar

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Paleosuelos pre-cuaternarios

La Paleopedología pre-Cuaternaria (>2,58 Ma) se ha expandido notablemente en los últimos 15 años debido a su efectividad para descifrar incertidumbres geológicas de diverso carácter (*e.g.* paleoclima, estratigrafía, paleopaisaje vinculado al bioma). La translocación, biorreciclaje y transformación de los materiales que ocurre en suelos es también aplicable a paleosuelos (Buol *et al.*, 2011). En un sentido paleobiológico, los paleosuelos constituyen el registro de ecosistemas fósiles; y por otro lado como ambientes preservacionales de diferentes fósiles (Retallack, 2001). El reconocimiento y tipificación de sus propiedades se ha vuelto más riguroso, accesible y objetivo, permitiendo explotar la utilidad de las características que presentan tanto paleosuelos individuales como sucesiones continentales dominadas por ellos. Con todo, son aun necesarios más esfuerzos para que los geólogos se familiaricen con el lenguaje y sus atributos, y sepan reconocer y aprovechar sus factores de formación.

La formación de suelos es un proceso multivariado, por lo que los paleosuelos aportan información sobre diferentes factores genéticos (*i.e.* relieve, material parental, clima, organismos y tiempo). De igual forma es dable examinar procesos y factores intrínsecos (*e.g.* frecuencia de avulsión) y alocíclicos (*e.g.* clima) que a su vez gobiernan el desarrollo de secuencias

sedimentarias. En todos los casos, resulta imprescindible considerar las posibles alteraciones diagenéticas post-soterramiento, que modifican o se confunden con los rasgos edáficos.

La posición del suelo en el **relieve** afecta sus propiedades debido a la vegetación, textura, porosidad y lluvias (Buol *et al.*, 2011; Retallack, 2001; Birkeland, 1999; Kraus, 1999; McCarthy y Plint, 1998). La reconstrucción de la topografía suele llevarse a cabo a partir de las condiciones de drenaje inferidas por macro y micro-rasgos de paleosuelos. El reconocimiento de cambios laterales (paleo-catena), de niveles aterrizados, de horizontes cumúlicos o sobrecrecidos y de cárcavas erosivas, resultan útiles para inferir antiguas posiciones geomorfológicas, zonas interfluvio y profundidad del paleonivel freático (Kraus, 1999; McCarthy y Plint, 1998). La evaluación de las características de **material original**, sea roca o sedimento, como factor formador de suelos resulta significativa pues es una variable independiente. Más allá de los procesos pedogénicos, las propiedades del material original condicionan el suelo resultante y su grado de desarrollo (Buol *et al.*, 2011; Retallack, 2001; Birkeland, 1999; Kraus, 1999). El **clima** puede ser inferido de forma cualitativa y cuantitativa. Las técnicas utilizadas incluyen técnicas de campo y laboratorio (*e.g.* micromorfología y geoquímica) (Sheldon y Tabor, 2009). Estudios multi-*proxy* aumentan la confiabilidad de los resultados. Una primera aproximación al régimen climático surge de la clasificación de paleosuelos (órdenes taxonómicos), basada sobre comparaciones con análogos actuales (Retallack, 2001; Kraus, 1999; Bellosi *et al.*, 2016). Otras formas de conocer condiciones paleoclimáticas consideran la profundidad de niveles cálcicos, o el espesor de horizontes argílicos (Sheldon y Tabor, 2009). Las trazas fósiles también brindan información sobre condiciones del suelo y paleohidrología (Bellosi *et al.*, 2016; Genise, 2017). Los métodos cuantitativos comprenden la mineralogía de arcillas (DRX) y técnicas analíticas en roca total (FRx, ICP/AES) de elementos principales, traza y raros (Sheldon y Tabor, 2009). Estas últimas permiten evaluar diferentes procesos de meteorización química durante la pedogénesis (*e.g.* hidrólisis, salinización, calcificación, hidratación, lixiviación y oxidación-reducción) (Retallack, 2001; Sheldon y Tabor, 2009). Dependiendo del tipo de paleosuelo, diversas relaciones moleculares (climofunciones) permiten calcular la precipitación (PMA) y

temperatura (TMA) media anual, aunque esta última posee mayor incertidumbre (Sheldon y Tabor, 2009; Krause *et al.*, 2010). Mediante el modelado termodinámico también se han establecido condiciones paleo-atmosféricas (Sheldon y Tabor, 2009). Finalmente, la composición isotópica de minerales pedogénicos puede ser utilizada para inferir el tipo de agua, gases, humedad y temperatura del suelo. La **biota** como factor pedogénico interno y externo, resulta el menos cuantificable (Buol *et al.*, 2011). Vegetación y clima se hallan ampliamente vinculados y ejercen un fuerte control sobre los suelos. En menor medida, la fauna se relaciona con ambos factores. En paleosuelos, estas variables pueden ser evaluadas por las trazas fósiles, y otras evidencias menos directas (estructura y perfil del suelo). Los microorganismos, numerosos e importantes en suelos actuales, son raramente reconocidos en paleosuelos. La conjunción de fósiles corpóreos y su paleosuelo guarda valiosa información sobre el paleoecosistema terrestre y procesos tafonómicos. La integración de las trazas fósiles con su paleosuelo (orden y grado de desarrollo) permite distinguir además comunidades tempranas, intermedias y clímax (Genise, 2017). Las trazas vegetales más frecuentes corresponden a raíces (Kraus y Hasiotis, 2006; Genise, 2017; Klappa, 1980). La caracterización de su morfología, disposición, composición química y mineral, y su agrupamiento permiten hacer inferencias sobre el tipo y densidad de vegetación, drenaje y humedad del suelo. Su taxonomía es aun materia pendiente para la Icnología. En contraposición, las trazas de invertebrados y vertebrados en paleosuelos poseen un tratamiento más completo y riguroso (Icnotaxonomía). Últimamente el conocimiento (neo y paleoicnológico) de trazas producidas por invertebrados e insectos ha crecido notablemente, posibilitando avanzar en la caracterización del ambiente biótico y en la definición de diferentes icnofacies de paleosuelos (Genise, 2017). El **tiempo** involucrado en la formación del suelo es un factor independiente. Su significado en estudios de pre-Cuaternarios refiere al lapso de estabilidad ambiental en el que actúan principalmente clima y biota. Suele asumirse que durante la pedogénesis la superficie (y el volumen) del suelo se mantiene constante, sin embargo la erosión y adición de material son procesos comunes (Buol *et al.*, 2011; Retallack, 2001; Birkeland, 1999; Kraus, 1999). Los paleosuelos y secuencias de paleosuelos permiten interpretaciones a diferentes escalas cronológicas, desde eventos que registran periodos de 1-10

ka en suelos individuales, a lapsos de prolongada estabilidad de 0,1-1 ma. Las estimaciones del grado de desarrollo (“madurez”) y los cálculos de edad (cronofunciones) de paleosuelos pueden concretarse de diversas formas cuali y cuantitativas, y en parte dependen del tipo de suelo. Tanto la tasa de pedogénesis (1–750 años/cm, Buol *et al.*, 2011), como la formación de determinados rasgos edáficos son muy variables y están controlados básicamente por el material parental y el clima. El tiempo de formación calculado para cada paleosuelo puede utilizarse para conocer el tiempo total de una secuencia de determinado espesor. Las tasas de acumulación así obtenidas suelen ser un orden de magnitud mayores que las calculadas con datos radimétricos y/o paleomagnéticos. En el análisis **estratigráfico**, los paleosuelos permiten evaluar superficies de discontinuidad y establecer capas-guía en correlaciones a escala variada (McCarthy y Plint, 1998; Markewich *et al.*, 1990; Wright y Marriott, 1993). Los paleosuelos son también útiles para interpretar la historia y relaciones entre agradación/erosión y no-depositación (Kraus, 1999; Wright y Marriott, 1993); para reconocer variaciones de aporte clástico, y acomodación/ subsidencia; y para estudiar cambios en los procesos de meteorización física, química y biológica. Los paleosuelos de secuencias aluviales registran la tasa puntual de acumulación (*short-term*), longevidad de las planicies y la frecuencia y extensión de los desbordes de canal (Kraus, 1999) y su ordenamiento en la vertical permite detectar cambios en el espacio de acomodación del sistema (Kraus, 1999; Shanley y McCabe, 1994).

Relaciones suelo-geomorfología y rasgos pedológicos como indicadores paleoambientales en el registro estratigráfico o en cronosecuencias

La diferenciación de horizontes edáficos (horizontalización) en la columna estratigráfica, es la evidencia principal de la pedogénesis, esto es - considerando un sistema abierto, la acción combinada entre adiciones, pérdidas, translocaciones, transformaciones y neoformaciones es producto de una serie de factores activos (clima, organismos, relieve y tiempo) sobre un material pasivo (material parental) (Buol *et al.*, 2011). El estudio de la relación suelo-geomorfología ha cobrado interés, especialmente para las investigaciones sobre la evolución del paisaje y del suelo, y sobre la estratigrafía del Cuaternario (Birkeland, 1999). El estudio de la relación suelo-

geomorfología, requiere de tres aspectos investigativos: 1) el conocimiento de la estratigrafía superficial y de los materiales parentales, 2) la superficie geomórfica definida en espacio y tiempo (Ruhe, 1975), y 3) la correlación de las propiedades del suelo con los rasgos del paisaje (Olson, 1989). La superficie geomórfica es una unidad que puede ser mapeada y que incluye una serie de formas de relieve y paisajes. Esta superficie puede ser de erosión o de acumulación y con frecuencia es una combinación de ambos (Daniels *et al.*, 1971). El conjunto de superficies geomórficas de igual génesis y materiales parentales, constituyen una cronosecuencia. En general, ésta puede ser post-incisiva (e.g., terrazas fluviales, marinas, glaciares, etc.) o pre-incisiva, es decir cuando los suelos comienzan a formarse al mismo tiempo, pero el desarrollo de algunos de ellos fue interrumpido por enterramientos a diferentes tiempos. En este esquema, se reconocen tres tipos de suelos cuaternarios (enterrados, relícticos y exhumados) (Ruhe, 1965). Los suelos enterrados están sepultados por depósitos sedimentarios y son los que se identifican en las sucesiones cuaternarias. Los suelos relícticos y los suelos exhumados son paleosuelos situados en la superficie actual, la diferencia entre ambos estriba en la historia geomorfológica experimentada. Los suelos relícticos han estado siempre en la superficie y tienen rasgos adquiridos tanto en condiciones ambientales del pasado (clima, vegetación) como actuales. Los suelos exhumados son aquellos que estuvieron enterrados, pero la erosión eliminó la cubierta sedimentaria que los sepultaba, exponiéndolos a la superficie nuevamente y a la pedogénesis actual. En estas dos últimas situaciones pueden ocurrir suelos soldados (Olson y Nettleton, 1998) donde se registra una pedogénesis sobreimpuesta, incluso sobre paleosuelos, que fueron truncados. Los suelos/paleosuelos exhiben discontinuidades que delimitan unidades de sedimentación, alternativamente afectadas por procesos pedogenéticos. El rasgo en común es la poligénesis determinada por episodios de acumulación y erosión (Amiotti *et al.*, 2001; Bouza *et al.*, 2005).

Los rasgos pedológicos que evidencian condiciones paleoambientales pueden ser observados a partir de una muestra en todas las escalas de observación, siendo la micromorfología y las observaciones submicroscópicas (microscopía electrónica de barrido o de transmisión; SEM, TEM) unas de las técnicas utilizadas a la hora de identificar indicadores de procesos formadores

de paleosuelos (Kemp, 1998). Los rasgos pedológicos preservados fueron formados bajo una misma condición estable o afectados por una combinación de procesos pedológicos (pedogénesis sobreimpuesta) o geomórficos (erosión, adición). Entre los indicadores indirectos (proxy) en paleosuelos cuaternarios, existe una variedad basada sobre las propiedades físico-químicas que imperaron durante la pedogénesis.

La presencia de **carbonatos pedogenéticos** indicaría, no solo evidencias de paleo-precipitaciones (profundidad de ocurrencia), sino también de paleo-temperaturas y de paleo-vegetación, estas dos últimas a partir de las composiciones isotópicas $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$, respectivamente (Kemp, 1998; Cerling *et al.*, 1991). El $\delta^{13}\text{C}$ del carbonato pedogenético refleja la composición isotópica del CO_2 del suelo, la cual se relaciona con el $\delta^{13}\text{C}$ de la biomasa (proporciones de plantas C3 y C4). Por otro lado el $\delta^{18}\text{O}$ del carbonato pedogenético es controlado por el $\delta^{18}\text{O}$ de las aguas de precipitación de la superficie del suelo, la cual es determinada por la temperatura. Los **argilominerales** formados por neoformación y transformación constituyen otro indicador paleo-pedológico (Ruffell *et al.*, 2002). La formación de **hierro pedogenético** evaluada a través de la relación Fe_o/Fe_d (óxidos de hierro extraídos con soluciones de oxalato amónico y ditionito-citrato-bicarbonato, respectivamente), en combinación con la mineralogía de los óxidos de hierro, constituye una herramienta para determinar la edad relativa de los suelos y las condiciones paleoclimáticas (McFadden y Hendricks, 1985). El contenido de Fe_o -que representa ferrihidrita- se relaciona con la materia orgánica, dado que ésta forma complejos con óxidos amorfos de hierro e inhibe la formación de óxidos de hierro cristalinos (Schwertmann y Taylor, 1989). La relación Fe_o/Fe_d (relación de actividad) y la diferencia $\text{Fe}_d - \text{Fe}_o$ (menos activo) son usadas generalmente para indicar el grado de cristalinidad de las formas del hierro pedogenético y la edad de los suelos (Kendrick y McFadden, 1986). Luego, el mineral de óxido de Fe predominante que se forma en un suelo es en parte una función del régimen climático. Un régimen climático fresco y húmedo favorece el desarrollo de los colores pardos amarillentos asociados a goethita (10YR), mientras que los climas más cálidos con estaciones contrastantes tienden a favorecer los colores del suelo más rojos (5 YR-10R) que indican que la hematita es

dominante (Kendrick y McFadden, 1986). Finalmente, los procesos de acumulación de carbonatos pedogénicos, de iluviación de arcillas y de Fe_o son dependientes del tiempo, por lo que también son usados para correlacionar depósitos inconsolidado y paleosuelos (Gile *et al.*, 1966). Estos indicadores pueden a su vez estar afectados por algún cambio en las condiciones del ambiente (climático, diagenético), por lo que es necesario un estudio integral convergente.

OBJETIVOS

El objetivo del Taller T-S2 es dar a conocer y discutir algunos criterios para la obtención de indicadores pedológicos directos o indirectos (proxy) que nos ayuden a dilucidar las condiciones paleoambientales, no solo en secuencias estratigráficas (suelos cumúlicos y compuestos), sino también en cronosecuencias, estas últimas definidas por superficies geomórficas.

METODOLOGÍA APLICADA EN EL TALLER

El Taller se iniciará con exposiciones acerca del estado del conocimiento de la Paleopedología pre-cuaternaria y cuaternaria y las principales líneas de estudio vigentes, mostrando ejemplos colectados por los coordinadores. La segunda parte del Taller estará orientada a la Discusión de las contribuciones, especialmente aquellas referidas a la utilización de diferentes *proxies* y el registro de incongruencias con el *status quo* paleopedológico. Una tercera parte estará orientada a la revisión de coronas, la cual mediante el reconocimiento de rasgos paleopedológicos, permitirá mostrar el potencial de su estudio en subsuelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Amiotti N., Blanco M., Sanchez L.F. 2001. Complex pedogénesis related to differential aeolian sedimentation in microenvironments of the southern part of the semiarid region of Argentina. *Catena* 43, 137-156.
- Bellosi E., Genise J, Gonzalez M, Verde M. 2016. Paleogene laterites bearing the highest insect ichnodiversity in paleosols. *Geology* 44, 119-122.
- Birkeland, P. 1999. *Soils and Geomorphology*, (3th ed.). Oxford Univ Press, 448 pp.

- Bouza, P., Simón, M., Aguilar, J., Rostagno, M., del Valle, H. 2005. Genesis of some selected soils in the Valdés Peninsula, NE Patagonia, Argentina. En: Faz Cano, A. *et al* (eds.), *Advances in Geo Ecology*, vol. 36. Catena Verlag GMBH, Reiskirchen, pp. 1-12.
- Buol, S.W., Southard, R.J., Graham, R.C., McDaniel, P.A. 2011. *Soil genesis and classification* (6th ed.). John Wiley & Sons, Ltd., Publication. 542 pp.
- Cerling, T.E., Quade, J. 1993. Stable carbon and oxygen isotopes in soil carbonates. En: Swart, P.K. *et al* (eds) *Climate change in continental isotopic records*. Geop. Monog. 78, 217-231.
- Cerling, T.E., Solomon, D.K., Quade, J., Bowman, J.R. 1991. On the isotopic composition of carbon in soil carbon dioxide. *Geochim. et Cosmochim.* 55, 3403-3405.
- Daniels R.B., Gamble E.E. y Cady J.G. 1971. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. *Adv. Agron.* 23, 51-88.
- Genise, J.F. 2017. *Ichnoentomology. Insect traces in soils and paleosols*. Springer, 695 pp.
- Gile, L., Peterson, F., Grossman, R.B. 1966. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. *Soil Science* 101, 347-360.
- Kemp, R.A. 1998. Role of micromorphology in paleopedological research. *Quatern. Int.* 51-52, 133-141.
- Kendrick, K.J., McFadden, L.D. 1996. Comparison and contrast of processes of soil formation in the San Timoteo Badlands with chronosequences in California. *Quaternary Research* 46:149-160.
- Klappa, C.F. 1980. Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance. *Sedimentology* 27, 613-629.
- Kraus M, Hasiotis S. 2006. Significance of different modes of rhizolith preservation to interpreting paleoenvironmental and paleohydrologic settings: examples from Paleogene paleosols, Bighorn Basin, Wyoming, U.S.A. *J. Sed. Res.* 76, 633-646.
- Kraus M.J. 1999. Paleosols in clastic sedimentary rocks. *Earth Sci. Rev.* 47, 41-70.
- Krause M., Bellosi E., Raigemborn M. 2010. Lateritized tephric palaeosols from Central Patagonia, Argentina: a southern high-latitude archive of Palaeogene global greenhouse conditions. *Sedimentology* 57, 1721-1749.
- Markewich H., Pavich M., Buell G. 1990. Contrasting soils and landscapes of the Piedmont and Coastal Plain, eastern United States. *Geomorphology* 3, 417-447.
- McCarthy P, Plint A. 1998. Recognition of interfluvial sequence boundaries: integrating paleopedology and sequence stratigraphy. *Geology* 26, 387-390.
- McFadden L.D., Hendricks D.M. 1985. Changes in the content and composition of pedogenic iron oxyhydroxides in a chronosequence of soils in Southern California. *Quatern. Res.* 23, 189-204.
- Olson C.G. 1989. Soil geomorphic research and the importance of paleosol stratigraphy to quaternary investigations, midwestern USA, *Catena supplement*. 16, 129-142.
- Olson C.G., Nettleton W.D. 1998. Paleosols and the effects of alteration. *Quatern. Int.* 51-52, 185-194.

- Retallack G. 2001. Soils of the past. An introduction to Paleopedology. Blackwell, 404 pp.
- Ruffell A., McKinley J.M., Worden R.H. 2002. Comparison of clay mineral stratigraphy to other proxy palaeoclimate indicators in the Mesozoic of NW Europe. Roy. Soc. 360, 675-693.
- Ruhe, R.V. 1965. Quaternary paleopedology. In: Wright, H.E. and Frey, D.G. (eds). The Quaternary of the United States, pp. 755-764, Princeton University Press.
- Ruhe, R.V. 1975. Geomorphology, geomorphic processes, and surficial geology. Houghton Mifflin Co., p. 24.
- Schwertmann U., Taylor R.M. 1989. Iron oxides. En: Minerals in soil environments (2th ed.) Soil Sci. Soc. Am. 8, 379-438.
- Shanley K., McCabe P. 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. AAPG Bull. 78, 544-568.
- Sheldon N., Tabor N. 2009. Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. Earth Sci. Rev. 95, 1-52.
- Wright V, Marriott S. 1993. The sequence stratigraphy of fluvial depositional systems: the role of floodplain storage. Sed. Geol. 86, 203-210.

T-S3

AMBIENTE MARINO PROFUNDO

Carlos Alberto Zavala¹, Ricardo Gómez Omil² y Juan José Ponce³

¹ GCS ARGENTINA-UNS; czavala@gcsargentina.com

² WINTERSHAL; ricardo.gomez-omil@wintershall.com

³ CONICET-UNRN; jponce@unrn.edu.ar

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

La sedimentación en ambientes marinos profundos resulta fundamentalmente de la acción combinada del aporte de corrientes de densidad y de la decantación de partículas pelágicas y hemipelágicas. Sus depósitos pueden ser reelaborados por una serie de corrientes tractivas producidas por la circulación termohalina, siendo las corrientes de contorno las más significativas en este proceso. Las corrientes de contorno son producidas por el movimiento de masas de agua fría oxigenadas formadas a gran latitud en los Océanos Pacífico y Atlántico (Stow *et al.*, 1998; Shanmugan, 2008). La velocidad media de estas corrientes es de 10 a 30 cm s⁻¹ (McCave *et al.*, 1980; Stow *et al.*, 2002), aunque ocasionalmente pueden fluctuar entre un estado de reposo y el de las tormentas de fondo, donde las velocidades pueden superar los 70 cm s⁻¹ (Richardson *et al.*, 1981, Wetzel *et al.*, 2008). De este modo, las corrientes de fondo pueden transportar en suspensión una cantidad considerable de nutrientes y material fino, que conforman la llamada capa nefeloide (Thomsen *et al.*, 2002). Este sistema de circulación hace que las corrientes de contorno suministren alimento a los organismos bentónicos (Wetzel *et al.*, 2008). La interacción de todos estos procesos afecta no sólo las propiedades físicas y químicas de la columna de agua, sino también la cantidad, tipo y calidad de nutrientes que transportan, modificando significativamente las condiciones de oxigenación y turbidez, ejerciendo un importante impacto sobre el hábitat bentónico.

En los últimos años, el análisis de los procesos de sedimentación en ambientes marinos profundos, tanto en cuencas de margen activo como pasivo, experimentó un importante desarrollo, no sólo a partir de estudios de afloramiento, sino también con la aplicación de nuevas técnicas, como la sísmica 3D y las imágenes de sonar (Plink-Björklund y Steel, 2004; Kolla *et al.*, 2007; Normark *et al.*, 2002; Piper y Normark, 2009, Carmona y Ponce, 2011; Ponce y Carmona, 2011a,b). Estos avances demostraron que la sola aplicación de modelos depositacionales clásicos (*e.g.* abanicos submarinos, contornitas) en la interpretación de muchas de estas sucesiones marinas profundas es limitado. Aún más, el análisis e interpretación de las facies y sus procesos sedimentarios en depósitos marinos profundos, permitieron reconocer la presencia de una asociación compleja de estructuras sedimentarias que no puede ser interpretada como típica de turbiditas clásicas (Ta-e de Bouma) o como corrientes de contornos, y que han sido explicada como el resultado de descargas de densidad fluvio-derivadas (flujos hiperpícnicos). Estos nuevos avances han permitido reconocer dos tipos principales de turbiditas diferenciadas de acuerdo a su origen primario: turbiditas intracuencales y turbiditas extracuencales (Zavala *et al.* 2014; Zavala & Arcuri 2016). Las turbiditas intracuencales se generan por la inestabilidad gravitacional de materiales existentes dentro de la cuenca, los cuales son redepositados en zonas más profundas. Este tipo de turbiditas se basa en el paradigma tradicional de la sedimentación turbidítica (Kuenen y Migliorini, 1950). Por el contrario las turbiditas extracuencales se originan en el continente como flujos densos subaéreos, los cuales al llegar a la cuenca se comportan como una pluma hiperpícnica.

Los flujos hiperpícnicos permiten explicar la acumulación de grandes espesores de sedimentos clásticos en ambientes marino profundos. Dado que las descargas hiperpícnicas ocurren durante períodos de alta descarga fluvial (*e.g.* crecidas excepcionales), la capacidad de erosión y transporte puede ser muy alta, a menudo equivalente a varios años de descarga fluvial en condiciones “normales” (Mulder *et al.*, 2003). Juntamente con los materiales clásticos, estos flujos a menudo transportan grandes cantidades de materia orgánica de tipo extracuencial (restos vegetales) e intracuencial (cargada en el flujo durante su viaje cuenca adentro). Estudios recientes (Baudin *et al.*, 2017;

Mignard *et al.*, 2017; Otharan *et al.*, 2018) han demostrado la importancia de los flujos fluidos de fango (*muddy hyperpycnites*) en la acumulación de lutitas con alto contenido orgánico. De esta manera las turbiditas extracuenciales son muy importantes para la industria petrolera, ya que no sólo son capaces de proveer reservorios clásticos, sino también rocas madre.

Además de grandes volúmenes de sedimentos y restos orgánicos, los flujos hiperpícnicos introducen a la cuenca enormes volúmenes de agua dulce los cuales pueden alcanzar grandes profundidades (Gwiazda *et al.*, 2015), modificando sustancialmente el sensible ecosistema marino. Esta alteración no solo está relacionada a cambios en la salinidad, sino también en la turbidez y aporte de nutrientes.

Los estudios de biomasa en ambientes marinos profundos indican que en áreas donde los parámetros físicos son estables a largo plazo, como es el caso de las llanuras abisales, las comunidades bentónicas son generalmente diversas, con organismos que muestran comportamientos bien especializados, y que presentan estrategias de equilibrio. Contrariamente, en ambientes marinos profundos donde los parámetros físicos son altamente variables y las condiciones son menos predecibles, como el caso de zonas afectadas por corrientes de densidad, las comunidades tienden a ser menos diversas y los organismos se encuentran adaptados a tolerar condiciones ecológicas fluctuantes, mostrando usualmente estrategias oportunistas (Sanders, 1969; Wetzel, 1991). Si bien no se cuenta actualmente con modelos icnológicos definitivos para diferenciar entre turbiditas intracuenciales, extracuenciales (hiperpícnitas) y contornitas, los estudios realizados hasta el momento muestran algunas diferencias en la abundancia, diversidad y grado de bioturbación que cada uno de estos depósitos presentan (Wetzel, 2008; Carmona y Ponce, 2011).

Las turbiditas intracuenciales (corrientes de densidad episódicas) muestran una muy baja diversidad y abundancia de trazas fósiles en posiciones proximales del sistema, donde la colonización ocurre principalmente en los albardones. Por el contrario, tanto la diversidad como la abundancia en estos sistemas se incrementa en posiciones distales (lóbulos), donde es frecuente reconocer la icnofacies de *Nereites* (ver Buatois *et al.*, 2002; Buatois y Mángano, 2011). En las hiperpícnitas (corrientes de densidad sostenidas), la

alta tasa de sedimentación, las fluctuaciones de salinidad y el alto suministro de material orgánico, constituyen los factores limitantes más importantes para explicar la ausencia o la muy baja diversidad y abundancia de trazas fósiles en estos depósitos (Wetzel 2009; Buatois y Mángano, 2011; Carmona y Ponce, 2011; Ponce y Carmona, 2011). Si bien los depósitos de lóbulos hiperpícnicos muestran la mayor intensidad de bioturbación en el sistema, su icnodiversidad es de baja a moderada respecto a los depósitos de lóbulos generados por turbiditas intracuencales (Carmona y Ponce, 2011). Asimismo, a diferencia de las turbiditas intracuencales, en las hiperpícnitas los grafoglíptidos están prácticamente ausentes. Las contornitas (corrientes sostenidas) son las que muestran el mayor grado de bioturbación cuando se las compara con las turbiditas extracuencales e intracuencales (Wetzel *et al.*, 2008). Sus depósitos muestran una reelaboración completa o casi completa de los sedimentos, sin preservación de las estructuras físicas primarias. Si bien la tasa de bioturbación es típicamente alta, la misma varía debido a fluctuaciones en la tasa de sedimentación y suministro de materia orgánica.

OBJETIVOS

El principal objetivo del taller es proporcionar un ámbito de discusión y de reflexión sobre las distintas miradas y metodologías que pueden ser aplicadas para abordar el estudio de depósitos acumulados en ambientes marinos profundos. Asimismo se pretende generar una discusión sobre el alcance y las limitaciones que tiene la aplicación de modelos actuales al estudio de las sucesiones fósiles.

METODOLOGÍA APLICADA EN EL TALLER

La metodología de trabajo durante el taller contempla dos etapas:

-Una primera etapa estará orientada a dar una introducción y un marco teórico conceptual, abarcando aspectos sedimentológicos e icnológicos dominantes en ambientes marinos profundos. En cada uno de estos casos se indicarán los alcances y las limitaciones de cada una de estas herramientas de análisis.

-Una segunda etapa estará centrada en discutir las distintas escalas de análisis y reconocimiento provistas por la prospección sísmica, los registros de

pozo, y los testigos corona y afloramientos. Para esta discusión se trabajará sobre líneas sísmicas de ambientes marinos profundos de distintas cuencas del mundo (*e.g.* Brasil, México), y sobre casos locales (*e.g.* Cuenca Neuquina). También se evaluará el rol que cumple el análisis icnológico en la diferenciación y determinación de los ambientes y sus parámetros de control.

CIERRE DEL TALLER

Se espera generar un espacio de intercambio de ideas y experiencias. Se efectuará una discusión final centrada en determinar el estado actual del conocimiento de la sedimentología de ambientes marinos profundos y las futuras direcciones y campos de investigación que se deberían mejorar en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Baudin, F.; Martinez, P.; Dennielou, B.; Charlier, K.; Marsset, T.; Droz, L.; Rabouille, C. 2017b. Organic carbon accumulation in modern sediments of the Angola basin influenced by the Congo deep sea fan. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2011. *Ichnology: Organism-Substrate interactions in Space and Time*. Cambridge University Press. 358 pp.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G. y Aceñolaza, F.G. 2002. Trazas Fósiles: Señales de comportamiento en el registro estratigráfico. Publicación del Museo Egidio Feruglio. 382 pp.
- Carmona, N.B.; Ponce, J.J. 2011. Ichnology and sedimentology of Miocene hyperpynites of the Austral foreland basin (Tierra del Fuego, Argentina): Trace fossil distribution and paleoecological implications. In *Sediment transfer from shelf to deep water-Revisiting the delivery system* (Slatt, R.M.; Zavala, C.; editors). *American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology* 61:171-192.
- Gwiazda, R., Paull, C.K., Ussler III, W., y Alexander, C.R., 2015. Evidence of modern fine grained sediment accumulation in the Monterey Fan from measurements of the pesticide DDT and its metabolites. *Marine Geology* 363, 125–133.
- Kolla, V., Posamentier H.W. y Word L.J. 2007. Deep-water and fluvial sinuous channels- Characteristics, similarities and dissimilarities, and modes of formation. *Marine and Petroleum Geology*. 24, pp. 388-405.
- Kuenen, P.H., Migliorini, C.I., 1950. Turbidity currents as a cause of graded bedding. *The Journal of Geology* 58, 91–127.
- Mignard, S. L. A.; Mulder, T.; Martinez, P.; Charlier, K.; Rossignol, L.; Garlan, T. 2017. Deep-sea terrigenous organic carbon transfer and accumulation: Impact of sea-level

- variations and sedimentation processes off the Ogooue River (Gabon). *Marine and Petroleum Geology*, 85, 35-53.
- McCave, I.N., Lonsdale, P.F., Hollister, C.D., Gardner, W.D., 1980. Sediment transport over the Hatton and Gardar contourite drifts. *Journal of Sedimentary Petrology*. 50: 1049-1062.
- Mulder, T., Syvitski, J.P.M., Migeon, S., Faugères, J.C., Savoye, B., 2003. Marine hyperpycnal flows: initiation, behavior and related deposits. A review. *Marine and Petroleum Geology* 20, 861–882.
- Normark W. R., Piper D. J. W., Posamentier H., Pirmez C. y Migeon S. 2002. Variability in form and growth of sediment waves on turbidite channel levees. *Marine Geology*, 192, pp. 23-58.
- Piper, D.J.W., Normark, W.R., 2009, Processes that initiate turbidity currents and their influence on turbidites: A marine geology perspective: *Journal of Sedimentary Research*, v. 79, p. 347–362.
- Plink-Björklund, P. y R. J. Steel, 2004, Initiation of turbidity currents: Outcrop evidence for Eocene hyperpycnal flow turbidites: *Sedimentary Geology*, 165: 29–52.
- Ponce, J.J., y Carmona N.B. 2011a. Coarse-grained sediment waves in hyperpycnal clinoform systems, Miocene of the Austral foreland basin, Argentina. *Geology*, V. 39 (8), pp. 763-766.
- Ponce, J. J., y Carmona N. B. 2011b. Miocene deep-marine hyperpycnal channel levee complexes, Tierra del Fuego, Argentina: Facies associations and architectural elements, in R. M. Slatt and C. Zavala, eds., *Sediment transfer from shelf to deep water-Revisiting the delivery system: AAPG Studies in Geology* 61, p. 75–93.
- Richardson, M.J., Wimbush, M., Mayer, L., 1981. Exceptionally strong near-bottom flows on the continental rise of Nova Scotia. *Science*. 213: 887-888.
- Sanders, H. L.; Hessler. R. R. 1969. Ecology of the deep sea benthos: *Science*. 163:1419-1424.
- Shanmugam, G., 2008. Deep-water bottom currents and their deposits. In: Rebesco, M., Camerlenghi, A. (Eds), *Contourites. Developments in Sedimentology* 60, 59-81.
- Stow, D. A.V., Faugères J.C., Viana, A., Gonthier E. 1998. Fossil contourites: a critical review. *Sedimentary Geology*. 115: 3-31.
- Stow, D.A.V., Pudsey, C.J., Howe, J.A., Faugères, J.-C., Viana, A.R. (Eds), 2002. *Deep-Water Contourite Systems: Modern Drifts and Ancient Series, Seismic and Sedimentary Characteristics*. Geological Society London Memoir. 22. 464 pp.
- Thomsen, L., Van Weering, T., Gust, G., 2002. Processes in the benthic boundary layer at the Iberian continental margin and their implication for carbon mineralization. *Progress in Oceanography*. 52: 315-329.
- Wetzel, A., 1991, Ecologic interpretation of deep-sea trace fossil communities: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 85, p. 47–69.
- Wetzel, A., Werner, F. y Stow, D. A.V. 2008. Bioturbation and biogenic sedimentary structures in contourites. In: M. Rebesco y A. Camerlenghi (Eds.) 2008, *Contourites. Developments in Sedimentology*. 60: 183-202.

- Zavala, C., Arcuri, M., Di Meglio, M. y Zorzano, A., 2014. Depósitos de turbiditas intra y extracuencas: Origen y Características distintivas. IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. 225-244.
- Zavala, C., and Arcuri, M., 2016. Intrabasinal and Extrabasinal turbidites: origin and distinctive characteristics. *Sedimentary Geology*. *Sedimentary Geology*. 337: 36-54.

TS5

PETROLOGÍA DE ROCAS CLÁSTICAS Y CARBONÁTICAS

Técnicas y metodologías de estudio

Oscar Limarino¹, Maisa Andrea Tunik² y Ezequiel González Pelegrí³

¹ Universidad de Buenos Aires – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Área de Sedimentología y Ambientes sedimentarios; oscarlimarino@gmail.com

² Instituto de Investigaciones en Paleobiología y Geología (CONICET-UNRN), General Roca, Río Negro; mtunik@unrn.edu.ar

³ Y-TEC SA. Laboratorio de Sedimentología y Petrografía. Berisso, provincia de Buenos Aires; ezequiel.gonzalez.p@ypftecnologia.com

Las rocas clásticas y carbonáticas contemplan varias líneas de investigación de gran importancia que abarcan estudios sedimentológicos, paleoambientales, composicionales, diagenéticos y de procedencia, entre otros. Estos tipos de rocas presentan interés en el ámbito académico y privado siendo de gran relevancia su correcto entendimiento y procesos asociados. Si bien a nivel mundial la sedimentología de depósitos clásticos y carbonáticos cuenta con una larga historia, en las últimas décadas el avance tecnológico permitió el análisis de este tipo de depósitos con mayor grado de detalle y la digitalización de las propiedades texturales y/o parámetros físico-químicos de la roca para la generación de modelos 2D y 3D. En este sentido, es fundamental contar con información confiable y altamente sustentada para la construcción de un correcto modelo sedimentológico y paleoambiental. Otro aspecto que cobra cada vez más importancia en nuestro país es el estudio de los depósitos clásticos tipo *shale* y *tight* como reservorios no convencionales en la industria de hidrocarburos.

Para estimar el potencial del reservorio es necesario comprender la microestructura y las características del sistema poral. De acuerdo a la técnica de medición utilizada se obtiene un resultado diferente según la escala u objetivo de trabajo. Por esta razón se hará hincapié en las distintas

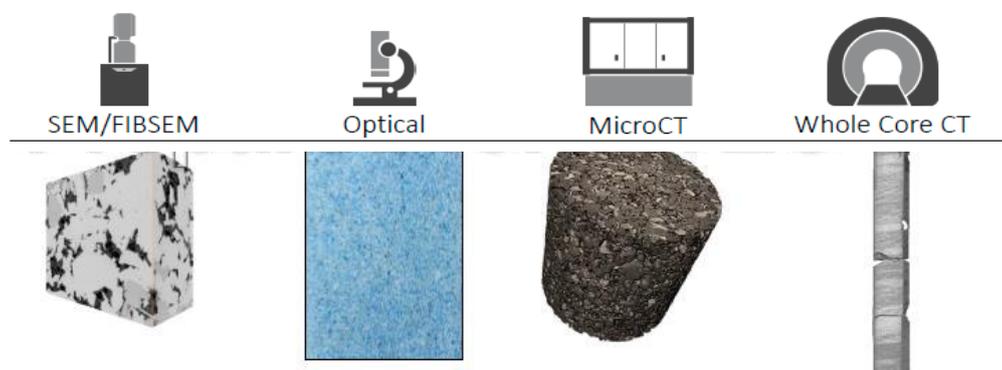
metodologías y técnicas empleadas para la caracterización de diferentes tipos de reservorios.

OBJETIVOS

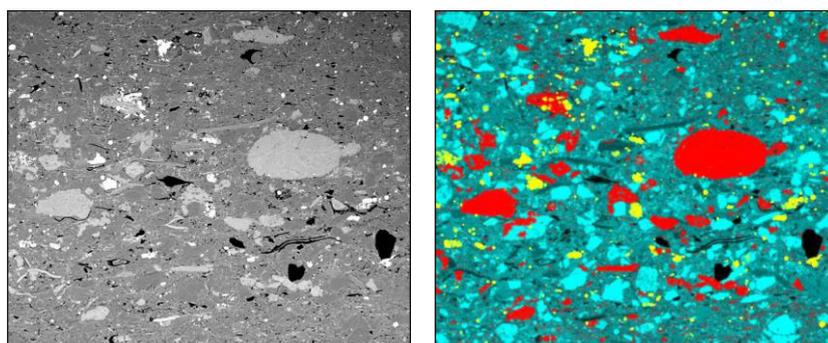
- Exponer trabajos realizados con distintas técnicas que sirvan como ejes de la discusión durante el desarrollo de la sesión temática, en diferentes ambientes sedimentarios y a diferentes escalas.
- Generar un espacio de debate para analizar las distintas metodologías aplicadas desde el momento de muestreo hasta los diferentes tipos de análisis, las desventajas y potencialidades de cada método/técnica.
- Lograr un ámbito propicio para el intercambio de ideas y experiencias que resulten de utilidad para todos los participantes.

Ejes temáticos:

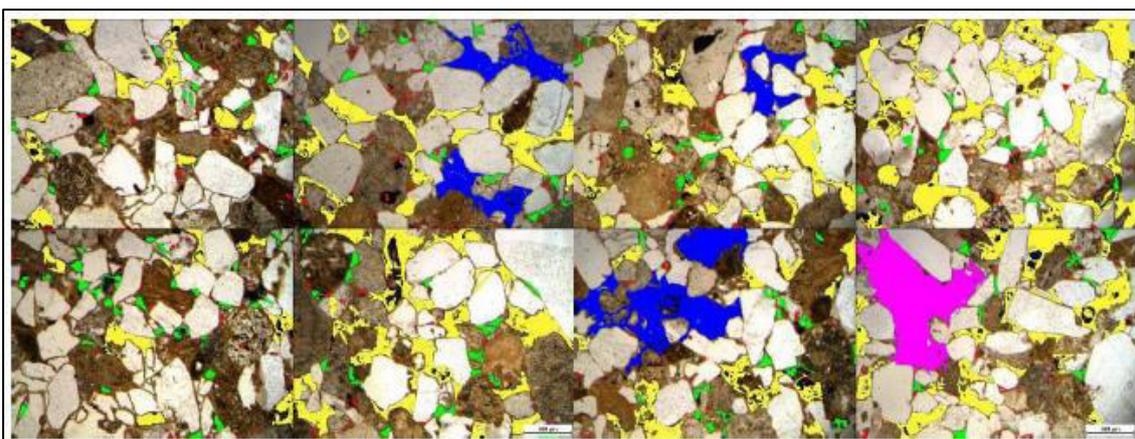
- Aplicación de técnicas complementarias (procesamiento de imágenes, preparación de muestras, mapeos de elementos, tomografía computada, etc): utilidades y limitaciones.



- Determinaciones mineralógicas con EDS, mapeos de elementos con microscopio electrónico de barrido y análisis de imágenes de alta resolución para estudios texturales, petrográficos y diagenéticos.



- Hacia una interpretación petrofísica-geológica de la porosidad, las porofacies como herramienta de trabajo.
- Mecanismos frecuentes en la formación de porosidad secundaria, la disolución de los feldespatos, factores controlantes y su relación con el cemento de caolinita.



- Taller práctico con muestras de trabajos presentados dentro de la temática del taller. Se invita a los participantes a traer sus muestras (rocas, cortes petrográficos, etc) para su observación en escala mesoscópica y microscópica. Se contará con un microscopio petrográfico con cámara y monitor dentro de la sala.

BIBLIOGRAFÍA

- Abouelresh, M.O., 2017. An integrated characterization of the porosity in Qusaiba Shale, Saudi Arabia. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 149 (2017) 75–87.
- Beard, D.C. & Weyl, P.K. (1973) Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand. *American Association Petroleum Geologists Bulletin*, 57, 348–369.
- Beaufort, D., Cassagnabere, A., Petit, S., Lanson, B., Berger, G., Lacharpagne, J.C. & Johansen, H. (1998) Kaolinite-to-dickite reaction in sandstone reservoirs. *Clay Minerals*, 33, 297–316.
- Bjørkum, P.A. & Gjelsvik, N. (1988) An isochemical model for the formation of authigenic kaolinite, Kfeldspar and illite in sandstones. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58, 506–511.
- Bjørlykke, K., & Jahren, J. (2010). Sandstones and sandstone reservoirs. In *Petroleum Geoscience* (pp. 113-140). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Burley, S.D. (1986) The development and destruction of porosity in Upper Jurassic reservoir sandstones of the Piper and Tartan oilfields, Outer Moray Firth, North Sea. *Clay Minerals*, 21, 706–720.
- Burley, S.D., Kantorowicz, J.D. & Waugh, B. (1985) Clastic diagenesis. En *sedimentology: Recent and Applied Aspects* (Eds P. Brenchley & B.P.B. Williams). Spec. Publ. Geol. Soc. London, No. 18, 189–226. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Ehrenberg, S.N. (1993) Preservation of anomalously high porosity in deeply buried sandstones by grain coating chlorite: examples from the Norwegian continental shelf. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 77, 1260–1286.
- Ehrenberg, S.N. & Jacobsen, K.G. (2001) Plagioclase dissolution related to biodegradation of oil in Brent Group sandstones (Middle Jurassic) of Gullfaks Field, northern North Sea. *Sedimentology*, 48, 703–722.
- Ehrenberg, S.N., Aagaard, P., Wilson, M.J., Fraser, A.R. & Duthie, D.M.L. (1993) Depth-dependant transformation of kaolinite to dickite in sandstones of the Norwegian continental shelf. *Clay Minerals*, 28, 325–352.
- Fairbridge, R. W. (1967). Phases of diagenesis and authigenesis. In *Developments in sedimentology* (Vol. 8, pp. 19-89). Elsevier.
- Han, M.; Han, Ch.; Han, Z.; Song, Z.; Zhong, W.; Li, H. y Xu W, 2018. Mineral compositional controls on the porosity of black shales from the Wufeng and Longmaxi Formations (Southern Sichuan basin and its surroundings) and insights into shale diagenesis. *Special Collection: Advances of Petroleum Exploration and Geology Research in West China's petroliferous basins. Energy Exploration & Exploitation* 0(0) 1–21.
- Limarino, C. O., Giordano, S. R., & Albertani, R. J. R. (2017). Diagenetic model of the Bajo Barreal formation (Cretaceous) in the southwestern flank of the Golfo de San Jorge Basin (Patagonia, Argentina). *Marine and Petroleum Geology*, 88, 907-931.
- Listiyowati, L. N., 2018. Laboratory characterization of shale pores. *Global Colloquium on GeoSciences and Engineering 2017 IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 118 (2018).
- Ma, L.; Slater T.; Dowe P. J.; Yue S.; Rutter E. H.; Taylor K. G y Lee, P. D., 2018. Hierarchical integration of porosity in shales. *SciEntific ReportS* | (2018) 8:11683.
- Milliken, K.L., McBride, E.F. & Land, L.S. (1989) Numerical assessment of dissolution versus replacement in the subsurface destruction of detrital feldspars, Oligocene Frio Formation, South Texas. *Journal of Sedimentary Petrology*, 59, 740–757.
- Morad, S., Marfil, R. & de la Pena, J.A. (1989) Diagenetic K-feldspar pseudomorphs in the Triassic Buntsandstein sandstones of the Iberian Range, Spain. *Sedimentology*, 36, 635–650.
- Morad, S., Ketzer, J.M. and De Ros, L.F. (2000) Spatial and temporal distribution of diagenetic alterations in siliciclastic rocks: implications for mass transfer in sedimentary basins. *Sedimentology*, 47 (Millenium Reviews), 95–120.

- Morad, S., Al-Ramadan, K., Ketzer, J. M., & De Ros, L. F. (2010). The impact of diagenesis on the heterogeneity of sandstone reservoirs: A review of the role of depositional facies and sequence stratigraphy. *AAPG bulletin*, 94(8), 1267-1309.
- Ramseyer, K., Boles, J.R. & Lichtner, P.C. (1992) Authigenic K–NH₄–feldspar in sandstones: a fingerprint of the diagenesis of organic matter. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62, 349–356.
- Ramseyer, K., Diamond, L.W. & Boles, J.R. (1993) Mechanism of plagioclase albitisation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 63, 1092–1099.
- Schmidt, V., & McDonald, D. A. (1979). The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis.
- Worden, R.H., Mayall, M.J. & Evans, I.J. (1997) Predicting reservoir quality during exploration: lithic grains, porosity and permeability in Tertiary clastics of the south China Sea basin. In: *Petroleum Geology of South East Asia* (Eds A.J. Fraser, S.J. Matthews & R.W. Murphey). Spec. Publ. Geol. Soc. London, No. 124, pp. 107–115. Geological Society Publishing House, Bath.
- Worden, R.H., Mayall, M.J. & Evans, I.J. (2000) The effect of ductile–lithic sand grains and quartz cement on porosity and permeability in Oligocene and Lower Miocene clastics, South China Sea: prediction of reservoir quality. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 84, 345–359.
- Worden, R. H., & Burley, S. D. (2003). Sandstone diagenesis: the evolution of sand to stone. *Sandstone Diagenesis: Recent and Ancient*, 4, 3-44.

T-S6

AMBIENTE VOLCANICLÁSTICO

Técnicas y metodologías de estudio

Alberto Tomás Caselli^{1, 5}, Walter Báez^{2, 5}, Romina Daga^{3, 5} y Mario Schiuma⁴

¹ LESVA. Laboratorio de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos, IIPG - Universidad Nacional de Río Negro-CONICET; atcaselli@unrn.edu.ar

² GEONORTE -INENCO, Universidad Nacional de Salta – CONICET; geowbsalta@gmail.com

³ Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica, Bariloche; romina@cab.cnea.gov.ar

⁴ YPF S.A; mario.schiuma@ypf.com

⁵ CONICET

BREVE RESEÑA SOBRE EL ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

La sedimentología de depósitos volcanoclásticos constituye una línea de investigación de gran relevancia para el correcto entendimiento de los procesos volcánicos y en última instancia para mejorar nuestra capacidad para evaluar la peligrosidad y el riesgo asociado al volcanismo. Si bien la observación directa de los fenómenos volcánicos brinda un enorme volumen de información, dado el carácter hostil intrínseco de los procesos volcánicos, en gran medida el conocimiento actual sobre los mismos deriva del estudio de los materiales emitidos durante las erupciones. Por otro lado, en las últimas décadas el desarrollo del modelado analógico, sobre todo numérico, ha permitido un avance significativo en el grado de entendimiento de los procesos volcánicos. En este sentido, uno de los grandes desafíos para los vulcanólogos es la obtención de parámetros físicos cuantitativos que “alimenten” los modelos analógicos y numéricos a partir de las características faciales y texturales de los depósitos piroclásticos. Otro aspecto que cobra cada vez más importancia en nuestro país es el estudio de los depósitos volcanoclásticos como reservorios no convencionales en la industria del petróleo, así como en el contexto de exploraciones geotérmicas y mineras.

Si bien a nivel mundial la sedimentología de depósitos piroclásticos cuenta con una larga historia, que se aceleró a partir de los años 80, en nuestro

país su desarrollo es todavía limitado si consideramos el número de publicaciones enfocadas en esta temática.

OBJETIVOS DEL TALLER

-Abrir un ámbito de discusión e intercambio académico que permita diagnosticar el estado del arte actual respecto al estudio de depósitos volcaniclásticos en nuestro país.

-Generar un espacio de debate para analizar las distintas metodologías aplicadas desde el momento de muestreo hasta los diferentes tipos de análisis, las desventajas y potencialidades de cada método/técnica, con el objetivo de potenciar futuras investigaciones.

-Lograr un ámbito propicio para fomentar la colaboración entre distintos grupos de investigación.

-Abrir el diálogo para la transferencia científica entre la Universidad, el ámbito de la industria y la sociedad.

-Exponer trabajos realizados con distintas técnicas que sirvan como ejes de la discusión durante el desarrollo de la sesión temática, con énfasis en la comparación de los estudios que se realizan en depósitos correspondientes a distintos momentos geológicos (recientes y antiguos), en diferentes ambientes sedimentarios y a diferentes escalas.

METODOLOGÍA APLICADA EN EL TALLER

Los ejes temáticos que se plantean desarrollar, a partir del análisis y discusión de las contribuciones, son los siguientes:

-Estudio de niveles volcaniclásticos de caída modernos, correlación y tefrocronología

-Análisis morfológico, mineralógico, textural y geoquímico de componentes juveniles

-Estratigrafía de secuencias volcaniclásticas

-Análisis de facies de depósitos volcaniclásticos

-Estudio de depósitos volcaniclásticos a partir de geología de subsuelo

El grado de exactitud y detalle con el que se realiza la descripción de depósitos volcaniclásticos es fundamental para lograr interpretaciones atendibles respecto a los mecanismos de fragmentación, transporte y

acumulación de los mismos. Es importante resaltar que la correcta descripción e interpretación de los depósitos volcániclasticos no solo reviste un interés académico sino que representa la base necesaria para la definición de la amenaza volcánica en sistemas activos.

Si bien esta premisa es clara y ampliamente aceptada, la evolución acelerada de la volcanología en las últimas décadas ha dado lugar a la proliferación de terminologías y clasificaciones muy variadas en relación a los depósitos volcániclasticos. Esta situación en muchos casos ha sido contraproducente respecto a la calidad de las descripciones realizadas, pero sobre todo respecto a la posibilidad de comparar resultados obtenidos por diferentes autores en diferentes sistemas volcánicos o incluso en áreas de estudio afines. Esto es particularmente cierto en la aplicación de terminologías en lengua castellana traducidas desde otros idiomas, donde además se suman numerosos términos locales para describir los diferentes tipos de depósitos volcániclasticos. En este sentido existen diferentes intentos de homogeneizar las clasificaciones y terminologías entre las que sobresale, en lengua castellana, la presentada por Murcia *et al.*, (2013). Esta clasificación está acorde con otras propuestas internacionales (*e.g.* Cas y Wright, 1987; McPhie *et al.*, 1993; White y Houghton, 2006) y se basa fundamentalmente en la definición de la génesis del material piroclástico y los mecanismos de transporte y depositación de los mismos. Sin embargo, la aplicación de terminologías genéticas para la descripción de depósitos volcániclasticos puede acarrear diferentes problemáticas derivadas de carácter interpretativo intrínseco de la misma. Por esta razón, existen autores que sugieren la utilización de una nomenclatura no-genética para describir los depósitos volcániclasticos (*e.g.* Fisher, 1961; Branney y Kokelaar, 2002). Cuando se trabaja con este enfoque se pretende definir una facies en función de su geometría, litología (composición) y estructuras internas, para luego identificarla con un nombre que refleje algunas de esas características, esencialmente las más representativas dentro de la facies descripta. Luego de la fase descriptiva la facies puede ser interpretada en función de los diferentes modelos conceptuales teóricos disponibles. Esta metodología se presenta como una opción mucho más versátil capaz de ser aplicada en depósitos o secuencias

relativamente simples así como para reconstruir depósitos o secuencia muy complejas internamente.

El análisis de los depósitos piroclásticos de erupciones modernas, las cuales pueden observarse en el momento que ocurren, brinda la mejor información tanto sobre los procesos que ocurren como sobre los depósitos que generan, pero son fenómenos naturales relativamente escasos en comparación a otros. Sin embargo, cuando ocurren, son ampliamente analizadas y estudiadas desde diversos puntos de vista, tanto desde el proceso geológico en sí como de los impactos.

Particularmente, una serie de erupciones de importancia ocurrieron en la Zona Volcánica Sur durante la última década, lo que llevó a numerosos especialistas a realizar importantes avances en el conocimiento de algunos sistemas volcánicos poco conocidos. En el año 2008, por ejemplo, el volcán Chaitén entró repentinamente en erupción generando la primer erupción riolítica en ser registrada por métodos geofísicos (sismología, sensoramiento remoto), a pesar del aislamiento de la zona donde ocurrió (Carn *et al.*, 2009; Lara, 2009). La erupción del 2011 del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle, donde numerosos estudios de los depósitos resultantes también aportaron valiosa información para el mejor entendimiento de dicho sistema y su comparación con erupciones anteriores (Castro *et al.*, 2013; Daga *et al.*, 2013; Bertrand *et al.*, 2014). Del mismo modo, los volcanes Copahue (ciclo 2012-2018; Caselli *et al.*, 2014, 2016; Petrinovic *et al.*, 2014; Daga *et al.*, 2017; entre otros) y Calbuco (año 2015; Castruccio *et al.*, 2016; Romero *et al.*, 2016).

El estudio de erupciones históricas, sin embargo, no siempre es sencillo. Si bien los depósitos de caída piroclástica poseen la característica de cubrir de manera mantiforme todo tipo de superficies, en sitios proximales suelen ser fácilmente sepultados por los eventos posteriores, y en ambientes superficiales medios y distales, dependiendo del tipo de depósito generado, pueden ser rápidamente erosionables por procesos atmosféricos. Desde este punto de vista, los cuerpos de agua, como los ambientes lacustres, localizados adecuadamente de acuerdo a las direcciones de los vientos predominantes, actúan como los sitios más propicios para la acumulación y preservación de niveles volcánicos de caída, incluso aquellos generados por erupciones de baja magnitud. El desarrollo de este registro es posible ya que los sedimentos de

fondo de lago están menos expuestos a procesos de meteorización y mezcla post-depositacional, generando las condiciones óptimas para la acumulación de material y el desarrollo de secuencias sedimentarias continuas. La ausencia de procesos modificadores permite además la preservación de las características texturales, químicas y petrográficas de los materiales que alcanzan el fondo del lago reflejando las condiciones y los procesos de sedimentación actuantes en el momento de depositación. El depósito de estos niveles volcánicos es el resultado de procesos catastróficos generados por la actividad volcánica, alterando completamente las reglas normales que gobiernan los patrones de sedimentación de un lago, proporcionando sedimentos clásticos en enormes cantidades sobre cortos espacios de tiempo (Reading y Levell, 1996). Si bien los ambientes lacustres son los más apropiados para este tipo de estudios, cuando estos niveles son identificados en cualquier tipo de ambientes (secuencias lacustres, secuencias marinas, turberas, afloramientos superficiales, u otros ambientes) pueden ser utilizados como horizontes marcadores temporales, ya que pueden ser asociados a eventos volcánicos de edad conocida, técnica denominada tefrocronología (Olago *et al.*, 2000, Lowe, 2011; Lane *et al.*, 2017). Este tipo de estudios, además, permite un mejor conocimiento del registro de la actividad volcánica que afecta una determinada área, de gran importancia en sitios de baja densidad de población, sitios de difícil acceso, o donde el asentamiento de las poblaciones no cubre grandes periodos de tiempo, como en la zona sur de la Zona Volcánica Sur.

Este tipo de estudios es ampliamente utilizado en zonas volcánicas activas de todo el mundo desde las décadas del 50-60 (Lowe y Walker, 1997). En Argentina, las cenizas volcánicas se encuentran dispersas a través de toda la Patagonia, como también en las regiones Chaqueña y Pampeana, aunque estos depósitos no han sido objeto de estudios tefrocronológicos detallados (Toms *et al.*, 2004). La mayor cantidad de trabajos han sido realizados en Patagonia, con los trabajos tefrocronológicos pioneros de Auer (1965, 1974) en el extremo sur de la misma, refinados más recientemente por Stern (1990, 2000, entre otros). En Patagonia Norte, comenzaron a realizarse este tipo de trabajos desde las últimas décadas en zonas aledañas al Parque Nacional Nahuel Huapi mediante el desarrollo de marcos tefrocronológicos holocenos

(Villarosa *et al.*, 2001, 2002, 2006; Tatur *et al.*, 2002). Por otra parte, durante la última década, se han realizado estudios tefrocronológicos detallados sobre eventos volcánicos históricos en secuencias lacustres recientes de Patagonia Norte, incluyendo ambientes en las provincias de Chubut, Río Negro, Neuquén, Mendoza (Daga *et al.*, 2010, 2016; Rovere *et al.*, 2012; Villa *et al.*, 2017; entre otros). Si bien ha habido un avance en estos estudios durante las últimas décadas, es mucho lo que resta saber y el potencial que ofrece esta metodología en el conocimiento de erupciones volcánicas históricas y holocenas para mejorar el conocimiento del registro eruptivo de la Zona Volcánica Sur y disminuir la vulnerabilidad de la población.

Una vez identificados los niveles volcánicos, ya sea en afloramientos, testigos lacustres o marinos, turberas, u otros ambientes, el estudio de dichos niveles involucra aspectos sedimentológicos, morfológicos, texturales, mineralógicos, y geoquímicos, de manera similar a cuando se estudian materiales volcánicos de otras edades o de otros tipos de depósitos. El análisis morfológico y textural de los componentes juveniles, son utilizados por los vulcanólogos para identificar los procesos que ocurren antes, durante e inmediatamente después de la erupción del magma. Las vesículas son el registro de los procesos de desgasificación en magmas. Estos documentan los procesos de extracción, expansión y escape de gases que generan la mayoría de las erupciones volcánicas. La exsolución de gases es controlada por la descompresión del magma y los consecuentes cambios en las condiciones de saturación de volátiles (Papale *et al.*, 1998). Las tasas relativas de nucleación y crecimiento de burbujas controlan las texturas de las vesículas primarias. Estas se determinan, tanto por las propiedades intensivas de magma (por ejemplo, el contenido volátil inicial y la viscosidad del fundido), como por las propiedades extensivas (por ejemplo, la velocidad de ascenso de magma, la fragmentación y enfriamiento; estas texturas primarias pueden modificarse aún más por deformación de burbujas, coalescencia, expansión o escape de gas (ver por ejemplo, Sparks, 1978; Cashman y Mangan, 1994; Klug y Cashman, 1994; Toramaru, 1995; Simakin y otros, 1999; Klug y otros, 2002; Polacci y otros, 2003; Gurioli y otros, 2005; Allen, 2005; Piochi *et al.*, 2005; Sable *et al.*, 2006; Adams *et al.*, 2006; Noguchi *et al.*, 2006; Mastrolorenzo y Pappalardo, 2006; Lautze y Houghton 2007; Cigolini *et al.*, 2008).

La cuantificación e interpretación de las vesículas ha sido un tema de investigación importante en volcanología. Sin embargo, se han utilizado diversas metodologías para describir las texturas vesiculares. Como resultado, las comparaciones entre diferentes estudios se han visto obstaculizadas por diferencias en los enfoques de muestreo y cuantificación de texturas. Una estrategia eficiente y precisa para adquirir información textural de muestras vesiculares son presentadas por Shea *et al.* (2010). Dichos autores muestran protocolos de muestreo de campo, métodos de procesamiento de muestras y las técnicas de adquisición y rectificación de imágenes que emplean un nuevo sistema basado en Matlab ("FOAMS", Sistema de Medición y Adquisición Rápida de Objetos). Dicho programa permite el cálculo de parámetros que describen la disposición espacial, así como el tamaño y el número de vesículas en muestras volcánicas.

En los últimos años, la microtomografía de rayos X (XRCMT) se ha aplicado a la caracterización de texturas en rocas volcánicas. Esta técnica permite obtener imágenes de decenas a cientos de cortes a través de una muestra de roca en un intervalo de tiempo relativamente corto. Los cortes 2D obtenidos se fusionan para crear una representación 3D de la muestra. Proussevitch *et al.* (1998) fueron los primeros en aplicar XRCMT a vesículas en basaltos hawaianos. Sólo recientemente, la técnica se ha aplicado de manera muy amplia, como Song *et al.* (2001) que examinaron escoria basáltica y Polacci *et al.* (2006, 2009) muestras de escoria y piedra pómez. Polacci *et al.* (2008, 2009) también proporcionó un ejemplo de cómo la tomografía puede usarse para inferir la desgasificación durante el ascenso de los magmas en Stromboli. Desafortunadamente, la técnica todavía no es capaz de resolver paredes de vidrio muy finas presentes en fragmentos pumiceos (Song *et al.*, 2001; Bai *et al.*, 2008).

La sedimentología de depósitos volcaniclásticos es también de gran relevancia, además de conocer el correcto entendimiento de los procesos volcánicos, por tratarse de rocas reservorios no convencionales en la industria del petróleo, así como para las exploraciones geotérmicas y mineras, que cobran cada vez más importancia en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, N.K., Houghton, B.F., Fagents, S.A., Hildreth, W., 2006. The transition from explosive to effusive eruptive regime: the example of the 1912 Novarupta eruption, Alaska. *Geol. Soc. Am. Bull.* 118, 620–634. doi:10.1130/B25768.1.
- Allen, S.R., 2005. Complex spatter- and pumice-rich pyroclastic deposits from an andesitic caldera-forming eruption: the Siwi pyroclastic sequence, Tanna, Vanuatu. *Bull. Volcanol.* 67, 27–41.
- Bai, L., Baker, D.R., Rivers, M., 2008. Experimental study of bubble growth in Stromboli basalt melts at 1 atm. *Earth Planet. Sci. Lett.* 267, 533–547. doi:10.1016/j.epsl.2007.11.063.
- Branney, M. J., Kokelaar, B. P., 2002. *Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites*. Geological Society of London, 136 p., Londres.
- Carn, S.A., Pallister, J.S., Lara, L., Ewert, J.W., Watt, S., Prata, A.J., Thomas, R.J., Villarosa, G., 2009. The unexpected awakening of Chaitén Volcano, Chile. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 90, 205-206.
- Cas, R.A.F., Wright, J.V., 1987. *Volcanic successions modern and ancient. A geological approach to process, products and successions*. Unwin Hyman, 528 p., London.
- Caselli, A., Daga, R., Albite, J., Agosto, M., Ribeiro Guevara, S., 2014. Caracterización del material eyectado en la erupción del volcán Copahue del año 2012. XIX Congreso Geológico Argentino 2014, Córdoba.
- Caselli, A.T., Agosto, M.R., Velez, M.L., Forte, P., Bengoa, C., Daga, R., Albite, J.M., Capaccioni, B., 2016. The 2012 eruption. En Vaselli, O., Tassi, F., y Caselli, A.T. (ed.) *Copahue Volcano, Active volcanoes of the world*, Springer-Verlag: 61-77, Berlín-Heidelberg.
- Cashman, K.V., Mangan, M.T., 1994. Physical aspects of magmatic degassing II: constraints on vesiculation processes from textural studies of eruptive products. In: Carroll, M. (Ed.), *Volatiles in Magmas*. *Min. Soc. Am., Washington, D. C.*, pp. 447–478.
- Castro, J.M., Schipper, C.I., Mueller, S.P., Miltzer, A.S., Amigo, A., Parejas, C.S., Jacob, D., 2013. Storage and eruption of near-liquidus rhyolite magma at Cordón Caulle, Chile. *Bull Volcanol* 75, 702-719.
- Castruccio, A., Clavero, J., Segura, A., Samaniego, P., Roche, O., Le Pennec, J., Droguett, B., 2016. Eruptive parameters and dynamics of the April 2015 sub-Plinian eruptions of Calbuco volcano (southern Chile). *Bull Volcanol* 78:62, doi.org/10.1007/s00445-016-1058-8.
- Cigolini, C., Laiolo, M., Bertolino, S., 2008. Probing Stromboli volcano from the mantle to paroxysmal eruptions. In: Annen, C., Zellmer, G.F. (Eds.), *Dynamics of Crustal Magma Transfer, Storage and Differentiation*. : Special Publications, vol. 304. Geological Society, London, pp. 33–70.
- Daga, R., Bertrand, S., Bedert, R., Ribeiro Guevara, S., Ghazoui, Z., 2013. Lacustrine records of the June 2011 eruption of the Puyehue-Cordón Caulle Volcanic Complex, Central Chile (40°30'S, 72°10'W). *Geophysical Research Abstracts Vol. 15*, EGU2013-1045.

- Daga, R., Caselli, A., Ribeiro Guevara, S., Agosto, M., 2017. Tefras emitidas durante la fase inicial hidromagmática (julio de 2012) del ciclo eruptivo 2012-actual (2016) del volcán Copahue (Andes del Sur). *Rev Asoc Geol Arg* 74: 191-206.
- Daga, R., Ribeiro Guevara, S., Arribére, M., 2016. New records of late Holocene tephros from Lake Futalaufquen (42.8°S), northern Patagonia. *J South Am Earth Sci* 66: 232-247.
- Daga, R., Ribeiro Guevara, S., Sanchez, M.L., Arribére, M., 2010. Tephrochronology of recent events in the Andean Range (Northern Patagonia): spatial distribution and provenance of lacustrine ash layers in the Nahuel Huapi National Park. *J Quat Sci* 25, 1113-1123.
- Fisher R., 1961. Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. *Geological Society American Bulletin* 72: 1409-1414
- Gurioli, L., Houghton, B.F., Cashman, K.V., Cioni, R., 2005. Complex changes in eruption dynamics during the 79AD eruption of Vesuvius. *Bull. Volcanol.* 67, 144–159.
- Klug, C., Cashman, K.V., 1994. Vesiculation of May 18, 1980, Mount St. Helens magma. *Geology* 22, 468–472.
- Klug, C., Cashman, K.V., Bacon, C., 2002. Structure and physical characteristics of pumice from the climactic eruption of Mount Mazama (Crater Lake), Oregon. *Bull. Volcanol.* 64, 486–501.
- Lane, C., Lowe, D., Blockley, S., Suzuki, T., Smith, V., 2017. Advancing tephrochronology as a global dating tool: applications in volcanology, archaeology, and palaeoclimatic research. *Quat Geochronol* 40, 1-7.
- Lara, L.E., 2009. The 2008 eruption of the Chaitén Volcano, Chile: a preliminary report. *Andean Geol* 36, 125–129.
- Lautze, N.C., Houghton, B.F., 2007. Linking variable explosion style and magma textures during 2002 at Stromboli volcano, Italy. *Bull. Volcanol.* 69, 445–460.
- Lowe, D., 2011. Tephrochronology and its application: a review. *Quat Geochronol* 6: 107-153.
- Lowe, J. y Walker, M., 1997. *Reconstructing Quaternary Environments*. Second Edition. Longman. England. 446 pp.
- Mastrolorenzo, G., Pappalardo, L., 2006. Magma degassing and crystallization processes during eruptions of high-risk Neapolitan-volcanoes: evidence of common equilibrium rising processes in alkaline magmas. *Earth Planet. Sci. Lett.* 250, 164–181.
- McPhie, J., Doyle, M., Allen, R., 1993. *Volcanic Textures: A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rocks*. Hobart, Codes Key Centre, University of Tasmania, 196 p., Tasmania.
- Murcia, H.G., Borrero, C.A., Pardo, N., Alvarado, G.E., Arnosio, M. y Scolamacchia, T., 2013. Depósitos volcanoclasticos: términos y conceptos para una clasificación en español. *Revista Geológica de América Central* 48: 15-39.
- Noguchi, S., Toramaru, A., Shimano, T., 2006. Crystallization of microlites and degassing during ascent: Constraints on the mechanical behavior of magma during the Tenjo Eruption on Kozu Island, Japan. *Bull. Volcanol.* 68, 432–449.

- Olago, D., Stree-Perrott, F., Perrott, R., Ivanovich, M., y Harkness, D., 2000. Late Quaternary primary tephra in Sacred Lake sediments, northeast Mount Kenya, Kenya. *J Afr Earth Sci* 30: 957-969.
- Papale, P., Neri, A., Macedonio, G., 1998. The role of magma composition and water content in explosive eruptions. 1. Conduit dynamics. *J. Volcanol. Geotherm. Res* 87, 75–93.
- Petrinovic, I.A., Villarosa, G., D'Elia, L., Guzmán, S.P., Páez, G.N., Oues, V., Manzoni, C., Delmónico, A., Balbis C., Carniel, R., Hernando, I.R., 2014. La erupción del 22 de diciembre de 2012 del volcán Copahue, Neuquén, Argentina: caracterización del ciclo eruptivo y sus productos. *Rev Asoc Geol Arg* 71: 161-173.
- Piochi, M., Mastrolorenzo, G., Pappalardo, L., 2005. Magma ascent and eruptive processes from textural and compositional features of Monte Nuovo pyroclastic products, Campi Flegrei, Italy. *Bull. Volcanol.* 67, 663–678.
- Polacci, M., Baker, D.R., Bai, L., Mancini, L., 2008. Large vesicles record pathways of degassing at basaltic volcanoes. *Bull. Volcanol.* 70, 1023–1029. doi:10.1007/s00445-007-0184-8.
- Polacci, M., Baker, D.R., Mancini, L., Favretto, S., Hill, R.J., 2009. Vesiculation in magmas from Stromboli and implications for normal Strombolian activity and paroxysmal explosions in basaltic systems. *J. Geophys. Res.* 114, B01206. doi:10.1029/2008JB005672
- Polacci, M., Baker, D.R., Mancini, L., Tromba, G., Zanini, F., 2006. Three-dimensional investigation of volcanic textures by X-ray microtomography and implications for conduit processes. *Geophys. Res. Lett.* 33, L13312.
- Polacci, M., Pioli, L., Rosi, M., 2003. The Plinian phase of the Campanian Ignimbrite eruption (Phlegrean Fields, Italy): evidence from density measurements and textural characterization of pumice. *Bull. Volcanol.* 65, 418–432. doi:10.1007/s00445-002-0268-4.
- Proussevitch, A., Ketcham, R.A., Carlson, W.D., Sahagian, D., 1998. Preliminary results of X-ray CT analysis of Hawaiian vesicular basalts. *Eos* 79 (17), 360.
- Reading, H., y Levell, B., 1996. Controls on the sedimentary rock record. In *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Ed. Blackwell Science, 688pp.
- Romero JE, Morgavi D, Arzilli F, Daga R, Caselli A, Reckziegel F, Viramonte J, Díaz-Alvarado J, Polacci M, Burton M, Perugini D (2016) Eruption dynamics of the 22–23 April 2015 Calbuco volcano (Southern Chile): Analyses of tephra fall deposits. *J Volcanol Geotherm Res* 317: 15-29.
- Shea T, Houghton B, Gurioli L, Cashman K, Hammer J, Hobden B, 2010. Textural studies of vesicles in volcanic rocks: An integrated methodology. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 190: 271–289.
- Simakin, A.G., Armienti, P., Epel'baum, M.B., 1999. Coupled degassing and crystallization: experimental study at continuous pressure drop, with application to volcanic bombs. *Bull. Volcanol.* 61, 275–287.

- Song, S.R., Jones, K.W., Lindquist, W.B., Dowd, B.A., Sahagian, D.L., 2001. Synchrotron X-ray computed microtomography: studies on vesiculated basaltic rock. *Bull. Volcanol.* 63, 252–263.
- Sparks, R.S.J., 1978. The dynamics of bubble formation and growth in magmas: a review and analysis. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 3, 1–37.
- Stern, C.R., 1990. Tephrochronology of southernmost Patagonia. *Natl Geogr Res* 6: 110-126.
- Stern, C.R., 2000. The Holocene Tephrochronology of southernmost Patagonia and Tierra del Fuego. *Congreso Geológico Chileno*, No. 9, Actas, Vol. 2, p. 77-80. Puerto Varas.
- Toms, P., King, M., Zarate, M., Kemp, R., Foit, F. Jr., 2004. Geochemical characterization, correlation, and optical dating of tephra in alluvial sequences of central western Argentina. *Quat Res* 62: 60-75.
- Toramaru, A., 1995. Numerical study of nucleation and growth of bubbles in viscous magmas. *J. Geophys. Res.* 100, 1913–1931.
- Villa, S., Daga, R., Caselli, A., 2017. Caracterización y correlación de niveles volcánicos identificados en la Lag. Portezuelo (37°S) en los últimos 200 años. XX Congreso Geológico Argentino, Tucumán.
- White J.D.L., Houghton B.F., 2006. Primary volcanoclastic rocks. *Geology* 34: 677-680.

T-S8

AMBIENTE EÓLICO

Gonzalo Diego Veiga¹, Alfonsina Tripaldi² y Agustín Argüello Scotti³

¹ CIG (UNLP-CONICET); veiga@cig.museo.unlp.edu.ar

² IGEBA (UBA-CONICET); alfo@gl.fcen.ub.ar

³ YPF S.A.; agustin.arguello@ypf.com

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Si bien los procesos de erosión, transporte y acumulación eólica pueden ser identificados en diferentes contextos tectónicos y climáticos, son, sin lugar a dudas, preponderantes en climas áridos-semiáridos y en cuencas intermontanas, donde escasas precipitaciones y cobertura vegetal, favorecen al viento como principal mecanismo de redistribución de sedimentos. En la actualidad, el 30% de los continentes corresponden a zonas áridas a semiáridas y los procesos eólicos resultan fundamentales en, al menos, el 20% de éstas (Mountney, 2006). Desde el inicio de las reconstrucciones paleoambientales la gran homogeneidad litológica de los depósitos eólicos ha significado una limitación importante a la hora de identificar los procesos de transporte y depositación en sucesiones antiguas. Fueron los estudios detallados, que combinaron análisis en simuladores de viento, con observaciones en ambientes actuales y en sucesiones sedimentarias, los que permitieron definir los tipos de laminaciones producidas por el viento (Hunter, 1977). Estos y otros estudios pioneros (e.g. McKee, 1979) promovieron un auge en las investigaciones en sistemas eólicos, y muestran la importancia de los análisis en ambientes actuales a la hora de interpretar sucesiones antiguas (e.g. Kocurek y Dott, 1981). Dentro de este contexto, el estudio de patrones de dunas en ambientes actuales, combinado con modelos numéricos (autómata celular), dio lugar a pensar a los campos de dunas mediante el concepto de auto-organización de sistemas (*aeolian dune field self-organization*; Kocurek y Ewing, 2005). Este nuevo paradigma ha permitido estudiar los patrones

complejos de dunas, muy frecuentes en los desiertos actuales, desde una perspectiva evolutiva y ha provisto herramientas tanto para elaborar reconstrucciones del desarrollo de campos de dunas durante el Cuaternario (e.g. Génois *et al.*, 2013), como para analizar e interpretar el registro de sucesiones antiguas (e.g. Kocurek y Mackenzie, 2018).

Existen evidencias de la acción de los procesos de erosión y acumulación eólica a lo largo de casi toda la historia de la Tierra. Desde el Arqueano a la actualidad, un sinnúmero de unidades estratigráficas registran la acción del viento ya sea asociados a la preservación del registro de grandes mares de arena, como a su interacción con sistemas aluviales, fluviales, lacustres y marinos (Rodríguez-López *et al.*, 2014). Es por eso que uno de los desafíos más importantes en el análisis del registro eólico es entender en qué medida la complejidad de procesos que se observan en los sistemas actuales, tanto asociados a la dinámica propia del sistema como a su evolución temporal debido a cambios externos al sistema (clima, tectónica, cambios en el nivel del mar), es transferida al registro (Kocurek y Mackenzie, 2018). Allí cobran importancia dos elementos clave del análisis de secuencias fósiles como son la aplicación del uniformitarismo (¿en qué medida es el presente la clave para entender el pasado?) y la no singularidad del registro. En este sentido, por ejemplo, resulta aún complejo definir exactamente cuál es el registro de los diferentes tipos de dunas identificadas en desiertos modernos, razón tal vez por la que existen tan pocos ejemplos de registro antiguo de formas lineales (Agrüello Scotti y Veiga, 2015), mientras que en la actualidad constituyen las formas más comunes en los desiertos arenosos. Estudios recientes han demostrado que la dinámica de migración lateral de formas lineales puede tener un resultado muy similar a la migración de formas crecientes (Besly *et al.*, 2018), complicando su identificación en el registro, con la consiguiente incertidumbre en las reconstrucciones paleoambientales resultantes. Igualmente, el registro de la evolución de largo término de los sistemas eólicos y su interacción con otros sistemas es motivo de creciente debate, muchas veces centrado en la naturaleza de las superficies de discontinuidad encontradas en el registro y su significado en la evolución de los sistemas. En este sentido, la interacción de procesos fluviales y eólicos es una de las más frecuentes, con variados tipos de interconexiones (Langford, 1989) y diversidad

de depósitos (e.g. Tripaldi y Limarino, 2008). Aunque existen abundantes estudios sobre estas facies mixtas persisten interrogantes sobre los depósitos resultantes y dinámica actual, su potencial de preservación en el registro y posibilidad de reconocimiento.

Respecto a la importancia aplicada de los depósitos eólicos en torno a su potencial como reservorios de hidrocarburos y acuíferos, los intervalos de areniscas de origen eólico generalmente poseen propiedades petrofísicas muy favorables, exceptuando casos donde procesos diagenéticos intensos hayan alterado las propiedades originales (North y Prosser, 1993). Esto se relaciona a la buena selección y a la ausencia de una matriz arcillosa considerable. Dichas características han destacado a este tipo de intervalos como reservorios convencionales de primera calidad y, por lo tanto, en su mayoría conforman reservorios maduros en la actualidad. Uno de los mayores desafíos a futuro respecto a estos reservorios se relaciona a los requerimientos de proyectos de desarrollo avanzados (Ciftci, 2004), como por ejemplo recuperación mejorada de petróleo (EOR). En estos casos, la caracterización detallada de las heterogeneidades sedimentarias que, aunque sutiles, tienen una distribución muy compleja (Mountney, 2006), es necesaria para la construcción de modelos sectoriales tridimensionales que son la base de posteriores simulaciones dinámicas. La utilidad del estudio de ejemplos de afloramiento como análogos resulta clara en este sentido, debido a las limitaciones de la información de subsuelo (Fischer *et al.*, 2007). La distribución de procesos de pequeña escala en función de los tipos de duna asociados a la acumulación, la identificación de múltiples secuencias de acumulación dentro de un intervalo eólico, la relación del sistema con el nivel freático, y los procesos de preservación en el registro (que condiciona la presencia o no de topografía preservada), entre otros aspectos, serán clave en la elaboración de modelos conceptuales que tengan una aplicabilidad directa en la construcción de modelos de subsuelo.

El estudio de los sistemas eólicos no se limita a la Tierra y desde la década del 50 se ha tratado de identificar y analizar la variabilidad de procesos eólicos que ocurren en condiciones extraterrestres. Desde los primeros modelos teóricos de transporte de sedimentos en Marte, Venus y Titán (Greeley e Iversen, 1985) y pasando por el análisis espacial de formas, tanto erosivas como depositacionales desde las primeras imágenes obtenidas de la

superficie de Marte, hoy podemos afirmar que los procesos de sedimentación eólica son relativamente comunes en nuestro Sistema Solar (Hayes, 2018). El avance de la tecnología y las diferentes misiones enviadas a Marte en las últimas décadas no sólo brindan un panorama más claro de los procesos que ocurren en la actualidad, sino que también han permitido identificar evidencias de la acción del viento como agente de transporte y acumulación en el registro sedimentario de ese planeta (Grotzinger *et al.*, 2005; Banham *et al.*, 2018).

OBJETIVOS

El objetivo principal de este taller es generar un espacio de análisis y discusión de las principales problemáticas a las que se identifican en las diferentes ramas del estudio de los sistemas eólicos. Se espera que los participantes puedan interactuar en un clima de debate constructivo en pos de acercar metodologías, discutir su aplicabilidad y analizar estrategias para la resolución de las diferentes problemáticas que surgen del estudio del ambiente eólico en los diferentes aspectos mencionados.

METODOLOGÍA APLICADA EN EL TALLER

La metodología de trabajo durante el taller contempla dos segmentos de acuerdo con el cronograma estipulado. Durante el primer segmento, se realizará una presentación inicial describiendo el estado actual del conocimiento, las principales líneas de investigación y aplicación en el presente y los desafíos pendientes en el análisis de la sedimentación en sistemas eólicos. También durante esta apertura, aquellos participantes que hayan enviado su trabajo a este taller, dispondrán de tiempo para comentar el mismo en el marco de las discusiones generales. También se espera que los participantes que presenten posters puedan hacer una breve descripción de su trabajo en el marco de este espacio. Posteriormente la discusión estará centrada en torno a problemas específicos en el marco de un abordaje complejo que el análisis de estos sistemas requiere. Para ello se contará con material proveniente de estudios de sistemas actuales, de sucesiones antiguas en afloramiento y subsuelo y de casos de aplicación específicos.

CIERRE DEL TALLER

El cierre del taller estará enfocado a la generación de conclusiones respecto de los problemas y metodologías planteados, así como a la identificación de potenciales líneas de vacancia en el estudio de estos sistemas en el país y su posible aplicación. También se espera que de esta interacción puedan surgir futuras cooperaciones entre los participantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Argüello Scotti, A., y Veiga, G.D., 2015. Morphological characterization of an exceptionally preserved eolian system: the Cretaceous Troncoso Inferior Member in the Neuquén Basin (Argentina). *Latin Am. J. of Sedimentology and Basin Analysis* 22(1):29–46.
- Banham, S.G., Gupta, S., Rubin, D.M., Watkins, J.A., Sumner, D.Y., Edgett, K.S., Grotzinger, J.P., Lewis, K.W., Edgar, L.A., Stack-Morgan, K.M., Barnes, R., Bell, J.F., Day, M.D., Ewing, R.C., Lapotre, M.G., Stein, N.T., Rivera-Hernandez, F. y Vasavada, A.R., 2018. Ancient Martian aeolian processes and palaeomorphology reconstructed from the Stimson formation on the lower slope of Aeolis Mons, Gale crater, Mars. *Sedimentology* 65: 993–1042.
- Besly, B., Romain, H.G. y Mountney, N.P., 2018. Reconstruction of linear dunes from ancient aeolian successions using subsurface data: Permian Auk Formation, Central North Sea, UK. *Marine and Petroleum Geology* 91:1–18.
- Ciftci, B.N., Aviantara, A.A., Hurley, N.F. y Kerr, D.R., 2004. Outcrop-based three-dimensional modeling of the Tensleep Sandstone at Alkali Creek, Bighorn Basin, Wyoming, in *Integration of Outcrop and Modern Analogs in Reservoir Modeling*:235–259.
- Fischer, C., Gaupp, R., Dimke, M. y Sill, O., 2007. A 3D high resolution model of bounding surfaces in aeolian-fluvial deposits: an outcrop analogue study from the Permian Rotliegend, northern Germany. *Journal of Petroleum Geology* 30:257–274.
- Greeley, R. e Iversen, J.D., 1985. *Wind as a geological process on Earth, Mars, Venus and Titan*. Cambridge University Press, 333 pp.
- Grotzinger, J.P., Arvidson, R.E., Bell, J.F., Calvin, W., Clark, B.C., Fike, D.A., Golombek, M., Greeley, R., Haldemann, A., Herkenhoff, K.E., Jolliff, B.L., Knoll, A.H., Malin, M., McLennan, S.M., Parker, T., Soderblom, L., Sohl-Dickstein, J. N., Squyres, S.W., Tosca, N.J. y Watters, W.A., 2005. Stratigraphy and sedimentology of a dry to wet eolian depositional system, Burns Formation, Meridiani Planum, Mars. *Earth and Planetary Science Letters* 240:11–72.
- Génois, M., du Pont, S.C., Hersen, P. y Grégoire, G., 2013. An agent-based model of dune interactions produces the emergence of patterns in deserts. *Geophysical Research Letters* 40:3909–3914.
- Hayes, A.G., 2018. Dunes across the Solar System. *Science* 360:960–961.

- Hunter, R.E., 1977. Basic types of stratification in small eolian dunes. *Sedimentology* 24:361–387.
- Kocurek, G. y Dott, R.H., 1981. Distinctions and uses of stratification types in the interpretation of eolian sand. *Journal of Sedimentary Petrology* 51(2):579–595.
- Kocurek, G. y Ewing, R., 2005. Aeolian dune field self-organization – Implications for the formation of simple versus complex dune-field patterns. *Geomorphology* 72:94–105.
- Kocurek G. y Mackenzie D., 2018. What is preserved in the aeolian rock record? A Jurassic Entrada Sandstone case study at the Utah–Arizona border. *Sedimentology* 65(4):1301–1321.
- Langford, R.P., 1989. Fluvial-aeolian interactions: Part I, modern systems. *Sedimentology* 36:1023–1035.
- McKee, E.D., 1979. A Study of Global Sand Seas. US Geological Survey, Professional Papers 1052, 429 pp.
- Mountney, N.P., 2006. Eolian Facies Models. En: Posamentier, H. y Walker, R.G. (Eds.) *Facies Models Revisited*. SEPM Special Publication 84:19–83.
- North, C.P. y Prosser, D.J., 1993. Characterization of fluvial and aeolian reservoirs: problems and approaches. En: North, C.P. y Prosser, D.J. (Eds.) *Characterization of fluvial and aeolian reservoirs*. Geological Society, Special Publications 73:1–6.
- Rodríguez-López, J.P., Clemmensen, L., Lancaster, N., Mountney, N.P. y Veiga, G.D., 2014. Archean to Recent aeolian sand systems and their sedimentary record: Current understanding and future prospects. *Sedimentology* 61:1487–1534.
- Tripaldi, A. y Limarino, C.O., 2008. Ambientes de interacción eólica-fluvial en valles intermontanos: ejemplos actuales y antiguos. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 15(1):43–66.

T-S9

AMBIENTE FLUVIAL

Arquitectura Fluvial Multiescala: métodos, aplicaciones y perspectivas

José Oscar Allard¹, Nicolás Foix^{1,2} y Jorge Hechem³

¹ Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB); joseoallard@yahoo.com.ar;
nicofoix@hotmail.com

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)

³ YPF S.A.

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Los sistemas fluviales se caracterizan por ser uno de los ambientes sedimentarios más importantes para la transferencia de sedimentos desde las áreas de aporte hasta las cubetas sedimentarias (Miall, 1996; Bridge, 2003). Los modelos *source to sink* caracterizan esta relación basados en estudios multidisciplinarios (Allen *et al.*, 2017; Gawthorpe *et al.*, 2017). En particular, el estudio de los sistemas fluviales ha experimentado importantes progresos en las últimas décadas. Estos surgen y se retroalimentan de los avances tecnológicos que permiten el acceso a nuevos datos de superficie y de subsuelo. Entre los más destacados pueden mencionarse las nuevas tecnologías de teledetección y sensores remotos (ej. Imágenes Satelitales, Drones) (Hartley *et al.*, 2010), los sistemas de posicionamiento geoespacial de alta resolución (ej. LIDAR, GPS Diferencial) (Del Val *et al.*, 2015; Ninfo *et al.*, 2016), las mejoras en la adquisición y procesamiento de sísmica 3D (Ethridge y Schumm, 2007), el uso de nuevos instrumentales como GPR (*Ground Penetrating Radar*) (Best *et al.*, 2006) y los avances informáticos que permiten realizar modelos matemáticos más complejos (Karssenbergy Bridge, 2008; Labourdette, 2011). Cada uno de estos nuevos estudios aporta a la construcción de puentes que permitan vincular los sistemas fluviales actuales y fósiles (Miall, 2006). Al mismo tiempo, las nuevas bases de datos y casos de estudio fomentan la revisión y calibración de modelos sedimentarios

tradicionales utilizados para el estudio del registro fósil. De esta forma, las metodologías clásicas como el análisis de litofacies y asociaciones de litofacies (Miall, 1996; Bridge, 2003; Bridge y Lunt, 2006) se aplican a modelos sedimentológicos que contemplen mejor la caracterización de estos sistemas (Fielding *et al.*, 2009; Fielding *et al.*, 2012). La variabilidad espacio-temporal de los sistemas fluviales actuales y fósiles se incrementa con cada contribución científica, ampliando los horizontes para comprender los controles autocíclicos y externos de las secuencias fluviales-aluviales. Se plantean nuevos desafíos enfocados en evaluar los controles *up-stream* de los sistemas fósiles como ser litologías de las áreas fuentes, dimensiones de cabeceras y tectonismo activo. Para esto se recurre a análisis de alta resolución como las dataciones SHRIMP (Cawood *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2018; Žák *et al.*, 2018) y a los aportes de otras disciplinas de las geociencias como la geoquímica (Ratcliffe *et al.*, 2015). Un caso particular lo constituye las inferencias paleoclimáticas, para las cuales recurren a inferencias paleohidráulicas y paleohidrológicas (Sheldom y Tabor, 2009; Leclair, 2011). Los recientes avances no se restringen al planeta tierra, ya que la adquisición de imágenes satelitales de alta resolución de Marte y su disponibilidad para la comunidad científica general, incrementó las evidencias de cauces fluviales en el pasado de dicho planeta (Williams *et al.*, 2009). Estos avances demuestran el potencial del uso de análogos terrestres para realizar estudios geoplanetarios (Foix *et al.*, 2012).

Desde el punto de vista aplicado, la evolución de la comprensión integral de los sistemas fluviales tiene un impacto socio-económico muy importante. Se puede mencionar el análisis de cuencas hidrográficas que permite modelar escenarios de riesgo geológico en un contexto de cambio climático acelerado (Chen *et al.*, 2018). Por otra parte, el refinamiento de los modelos sedimentarios mejora la caracterización de reservorios y de su conectividad, lo cual tiene un impacto directo en la prospección y desarrollo de recursos naturales como hidrocarburos (Pranter *et al.*, 2007; Keogh *et al.*, 2007).

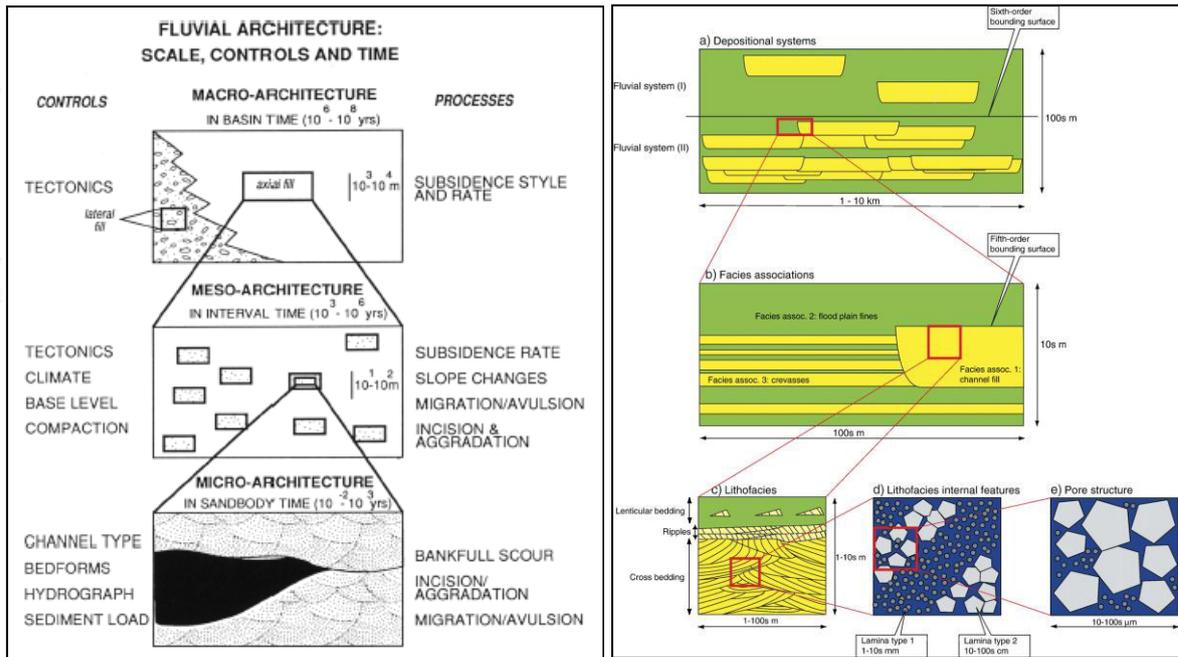


Figura 1: Izquierda. Escalas de arquitectura fluvial con controles y procesos vinculados (Leeder, 1993). Derecha. Gráfico de arquitectura fluvial aplicado a la caracterización de reservorios (Keogh *et al.*, 2007).

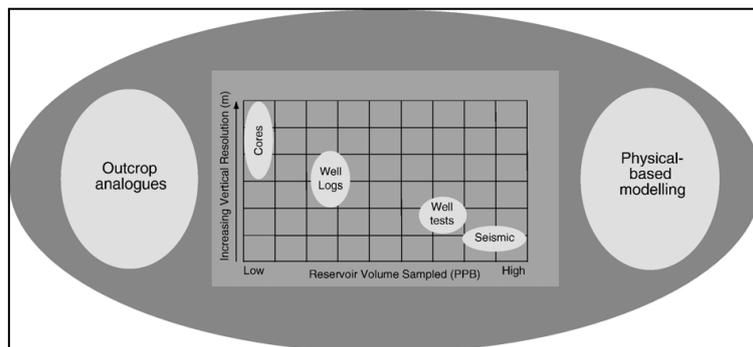


Figura 2: Fuentes de información para el modelado de subsuelo de reservorios fluviales. Notar las diferencias de resolución vertical y del volumen muestreado (Keogh *et al.*, 2007).

OBJETIVOS

- Generar un ámbito de intercambio que permita evaluar las metodologías clásicas y de vanguardia en el estudio de sistemas fluviales fósiles.
- Valorar la integración de datos multiescala para lograr estudios de arquitectura fluvial robustos.
- Analizar y discutir señales estratigráficas utilizadas para interpretar controles sedimentarios externos.
- Analizar casos de estudio que aborden alguno/s de los ejes temáticos.

- Realizar un análisis de arquitectura fluvial de subsuelo a partir de información de directa (coronas) e indirecta (perfiles).
- Articular y fomentar el vínculo entre distintos grupos de investigación, doctorantes y alumnos de grado.

EJES TEMÁTICOS

- Caracterización de depósitos fluviales: metodologías clásicas y nuevas tecnologías.
- Caracterización fluvial multiescala.
- Secuencias fluviales de alta y baja acomodación.
- Estilos fluviales: alcances y limitaciones del registro fósil.
- Geomorfología fluvial: sistemas actuales, fósiles y marcianos.
- Controles fluviales *up-stream*: Paleogeomorfología, Tectónica, Aporte piroclástico.
- Controles fluviales *down-stream*: Nivel de Base, Tectónica, Aporte piroclástico.
- Reservorios fluviales & análogos fluviales de afloramiento.
- Guías prospectivas de reservorios fluviales.
- Arquitectura fluvial a partir de datos 1D, 2D y 3D.
- Geometría de reservorios fluviales: canales principales, secundarios y paleovalles.
- Integración de geomorfología sísmica y sistemas fluviales exhumados.

METODOLOGÍA

El taller prevé una muy breve introducción teórica donde se resumirá el estado de conocimiento del estudio de los sistemas fluviales actuales y fósiles. A continuación se abordarán los conceptos y metodologías tradicionales y de vanguardia desde ejemplos de afloramiento y subsuelo. Las actividades apuntarán a generar un ámbito de análisis crítico de la información de base a distintas escalas de trabajo. Finalmente se prevé integrar los conceptos mediante la descripción e interpretación de información de subsuelo (coronas y perfiles eléctricos).

PROGRAMA EXTENDIDO

Unidad 1. Introducción. Elementos del sistema fluvial. Escalas de estudio. Zonas del sistema fluvial. Clasificación de sistemas fluviales: criterios, alcances y limitaciones. Mecanismos de migración.

Unidad 2. Estudio del registro fósil. Facies, Asociaciones de Facies y Estilos Fluviales. Geometría de cuerpos canalizados. Análisis de paleocorrientes. Cartografía del sustrato. Sistemas tributarios vs. distributarios. Límites de cuencas & paleodivisorias de agua. Estudios avanzados (ej. circones detríticos, paleohidráulica, modelado). *Ejemplo 1:* Redes de paleodrenaje exhumadas en la cuenca de Cañadón Asfalto.

Unidad 3. Controles alocíclicos. Controles *up-stream* vs. *down-stream*. Acomodación vs. aporte. Amplificación y dilución de señales sedimentarias. *Ejemplo 2:* El Gr. Chubut en el Co. Ballena (Cuenca del Golfo San Jorge).

Unidad 3.A. Control tectónico. Análisis estructural geométrico y cinemático. Estratos pre-, sin- y postectónicos. Evolución de pendientes estructurales. Sistemas fluviales como indicadores indirectos de actividad sin-tectónica. *Ejemplo 3:* El Gr. Chubut en la Faja Plegada de San Bernardo (Cuenca del Golfo San Jorge).

Unidad 3.B. Control volcaniclástico. Revisión del Modelo de Smith: aplicabilidad y limitaciones. Tobas piroclásticas vs. tobas volcaniclásticas. Efecto paleogeomorfológico sobre el control volcaniclástico. Umbrales, amplificación y dilución del efecto volcaniclástico. *Ejemplo 4:* Arquitectura fluvial multiescala del Gr. Chubut en las cuencas de Cañadón Asfalto y del Golfo San Jorge.

Unidad 3.C. Nivel de base. Conceptos básicos. Efectos del cambio de nivel de base en sistemas fluviales. Cuencas endorreicas vs. exorreicas. *Ejemplo 5:* Los niveles de base de la cuenca del Golfo San Jorge.

Unidad 3.D. Control geomorfológico. Integración de paleoambientes. Sistemas fluviales y cuerpos lobulados asociados. Inferencias sobre las cabeceras fluviales. *Ejemplo 6:* Análisis del borde occidental de la Cuenca del Golfo San Jorge.

Unidad 4. Desafíos futuros. Secuencias fluviales de alta acomodación en contextos de levantamiento tectónico. Registro de criptotefras. Influencia *up-stream* del nivel de base lacustre. Control climático. Control geoquímico de las

cabeceras. Geomorfología sísmica ¿qué es lo que realmente vemos?
Calibración de geomorfología fluvial marciana a partir de análogos terrestres.

Unidad 5. Estudios aplicados. Afloramiento y subsuelo: el desafío de extrapolar patrones 1D, 2D Y 3D. Variabilidad y complejidad natural vs. simplificación extrema. Estudios multiescala: desafíos y oportunidades. *Ejemplo 7:* Caracterización de reservorios de cuenca Neuquina y del Golfo San Jorge.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen P.A., Nikolaos A.M., D'Arcy M., Roda-Boluda D.C., A.C. Whittaker, Duller R.A., Armitage J.J., 2017. Fractionation of grain size in terrestrial sediment routing systems. *Basin Research* 29, 180-202.
- Bridge J.S., 2003. *Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record*. Wiley-Blackwell, 491 pag.
- Bridge J.S., Lunt I.A., 2006. Depositional models of braided rivers. En: G.H. Sambrook Smith, J.L. Best, C.S. Bristow y G.E. Petts. (Eds.). *Braided Rivers: Process, Deposits, Ecology and Management*. International Association of Sedimentologists Special Publication 36, 11-50.
- Best J., Woodward, J., Ashworth, P., Sambrook Smith, G., Simpson, C., 2006. Bar-top hollows: A new element in the architecture of sandy braided rivers. *Sedimentary Geology* 190 (1-4), 241-255.
- Cawood, P., Hawkesworth, C.J., Duime, B. 2012. Detrital zircon record and tectonic setting. *Geology* 40, 875-878.
- Chen W., Huang G., Zhang H., Wang W., 2018. Urban inundation response to rainstorm patterns with a coupled hydrodynamic model: A case study in Haidian Island, China. *Journal of Hydrology* 564, 1022-1035.
- Del Val M., Iriarte, E., Arriolabengoa, M., Aranburu, A., 2015. An automated method to extract fluvial terraces from LIDAR based high resolution Digital Elevation Models: The Oiartzun valley, a case study in the Cantabrian Margin. *Quaternary International* 364, 35-43.
- Ethridge F.G., Schumm S.A., 2007. Fluvial seismic geomorphology: a view from the surface. En: R.J. Davies, H.W. Posamentier, L.J. Wood, J.A. Cartwright (Eds.), *Seismic Geomorphology: Applications to Hydrocarbon Exploration and Production*. Geological Society, London, Special Publication 277, 121-137.
- Fielding C.R., Allen J.P., Alexander J., Gibling M.R., 2009. Facies model for fluvial systems in the seasonal tropics and subtropics. *Geology*, 37 (7), 623-626.
- Fielding Ch. R., Ashworth P.J., Best J.L., E.W. Prokocki, G. H. Sambrook Smith, 2012. Tributary, distributary and other fluvial patterns: What really represents the norm in the continental rock record? *Sedimentary Geology* 261-262, 15-32.

- Foix N., Allard, J.O., Paredes, J.M., and Giacosa, R.E., 2012, Fluvial styles, palaeohydrology and modern analogues of an exhumed, Cretaceous fluvial system: Cerro Barcino Formation, Cañadón Asfalto basin, Argentina. *Cretaceous Research* 34, 298-307.
- Gawthorpe R.L., Leeder M.R., Kranis H., Skourtsos E., Andrews J.E., Henstra G.A., Mack G.H., Muravchik M., Turner J.A., Stamatakis M., 2017. Tectono-sedimentary evolution of the Plio-Pleistocene Corinth rift, Greece. *Basin Research* 30 (3), 1-32.
- Hartley J., Weissmann G.S., Nichols G.J., Warwick G.L., 2010. Large distributive fluvial systems: characteristics, distribution, and controls on development. *Journal of Sedimentary Research* 80, 167-183.
- Karssen D., Bridge J.S., 2008. A three-dimensional numerical model of sediment transport, erosion and deposition within a network of channel belts, floodplain and hill slope: extrinsic and intrinsic controls on floodplain dynamics and alluvial architecture. *Sedimentology* 55, 1717-1745.
- Keogh K.J., Allard Willem M., Rune O., 2007. The development of fluvial stochastic modelling in the Norwegian oil industry: A historical review, subsurface implementation and future directions. *Sedimentary Geology* 202, 249-268.
- Labourdette R., 2011. Stratigraphy and static connectivity of braided fluvial deposits of the lower Escanilla Formation, south central Pyrenees, Spain. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 95 (4), 585-617.
- Leclair S.F., 2011. Interpreting fluvial hydromorphology from the rock record: Large-river peak flows leave no clear signature. En: S.K. Davidson, S. Leleu y C.P. North (Eds.), *From river to rock record: The preservation of fluvial sediments and their subsequent interpretation*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 97, 113-123.
- Leeder M.R., 1993. Tectonic control upon drainage basin development, river channel migration and alluvial architecture: implication for hydrocarbon reservoir development and characterization. En: C.P. North y D.J. Prosser (Eds.), *Characterization of fluvial and Aeolian Reservoirs*. Geological Society, London, *Special Publications* 73, 7-22.
- Miall, A.D., 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer-Verlag, Berlin. 582 pp.
- Miall A.D., 2006. Reconstructing the architecture and sequence stratigraphy of the preserved fluvial record as a tool for reservoir development: A reality check. *AAPG Bulletin* 90 (7), 989-1002.
- Ninfo A., Mozzi, P., Abba, T., 2016. Integration of LiDAR and cropmark remote sensing for the study of fluvial and anthropogenic landforms in the Brenta-Bacchiglione alluvial plain (NE Italy). *Geomorphology* 260, 64-78.
- Pranter M.J., Ellison A.I., Cole R.D., Patterson P.E., 2007. Analysis and modeling of intermediate-scale reservoir heterogeneity based on a fluvial point-bar outcrop analog, Williams Fork Formation, Piceance Basin, Colorado. *AAPG Bulletin* 91 (7), 1025-1051.

- Ratcliffe K. T., Wilson A., Payenberg T., Rittersbacher A., Hildred G.V., Flint S.S., 2015. Ground truthing chemostratigraphic correlations in fluvial systems. *AAPG Bulletin*, 99, 1, 155–180.
- Sheldon N.D., Tabor N.J., 2009. Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. *Earth-Science Reviews* 95, 1-52.
- Wang C., Wen, S. Liang, X., Shi; H., Liang, X., 2018. Detrital zircon provenance record of the Oligocene Zhuhai Formation in the Pearl River Mouth Basin, northern South China Sea. *Marine and Petroleum Geology* 98, 448-461.
- Williams R.M.E., Irwin, R.P., III, Zimbelman, J.R., 2009, Evaluation of paleohydrologic models for terrestrial inverted channels: implications for application to Martian sinuous ridges. *Geomorphology*, v. 107, p. 300-315.
- Žák J., Svojtka M., Opluštil S., 2018. Topographic inversion and changes in the sediment routing systems in the Variscan orogenic belt as revealed by detrital zircon and monazite U/Pb geochronology in post-collisional continental basins. *Sedimentary Geology* 377 63–81.

T-S10

AMBIENTE DE TRANSICIÓN

Carlos Daniel Arregui¹, Miguel de Moraes Lima Silveira² y Diana Cuadrado³

¹ UNCO; carlosarregui52@gmail.com

² Petrobras S.A.; miguel.silveira@petrobras.com.br

³ CRIBA-CONICET; cuadrado@criba.edu.ar

INTRODUCCIÓN

Resulta difícil definir exactamente cuál es el alcance de lo que llamamos **ambientes de transición** y cuáles son sus límites, ya que la interacción entre la descarga de sedimentos acarreados desde el continente hacia las zonas costeras y su redistribución en los sectores cercanos, abarcan una enorme cantidad de interacciones no simples de clasificar. Estos ámbitos paleogeográficos son de enorme impacto en la naturaleza desde diferentes aspectos como el geomorfológico, biológico, hidrogeológico, sedimentológico, estratigráfico y por supuesto la aplicación de la resultante de todos estos aspectos en la geología del petróleo, la hidrogeología, la geotécnica, geoturismo y muchos otros aspectos de la vida humana.

¿Cuál es la medida en la que los factores externos o la dinámica propia de los ambientes de transición son los responsables de su organización a diferentes escalas?

En el esquema de la Figura 1 se muestra la mayoría de los ambientes sedimentarios relacionados con áreas o sistemas de transición, obtenido de Boyd *et al.* (1992). Dentro de esta gran diversidad de ambientes pasaremos a describir cuales son las líneas de investigación que actualmente se están trabajando para la aplicación de los conocimientos de la sedimentología y estratigrafía en la prospección y desarrollo de los hidrocarburos.

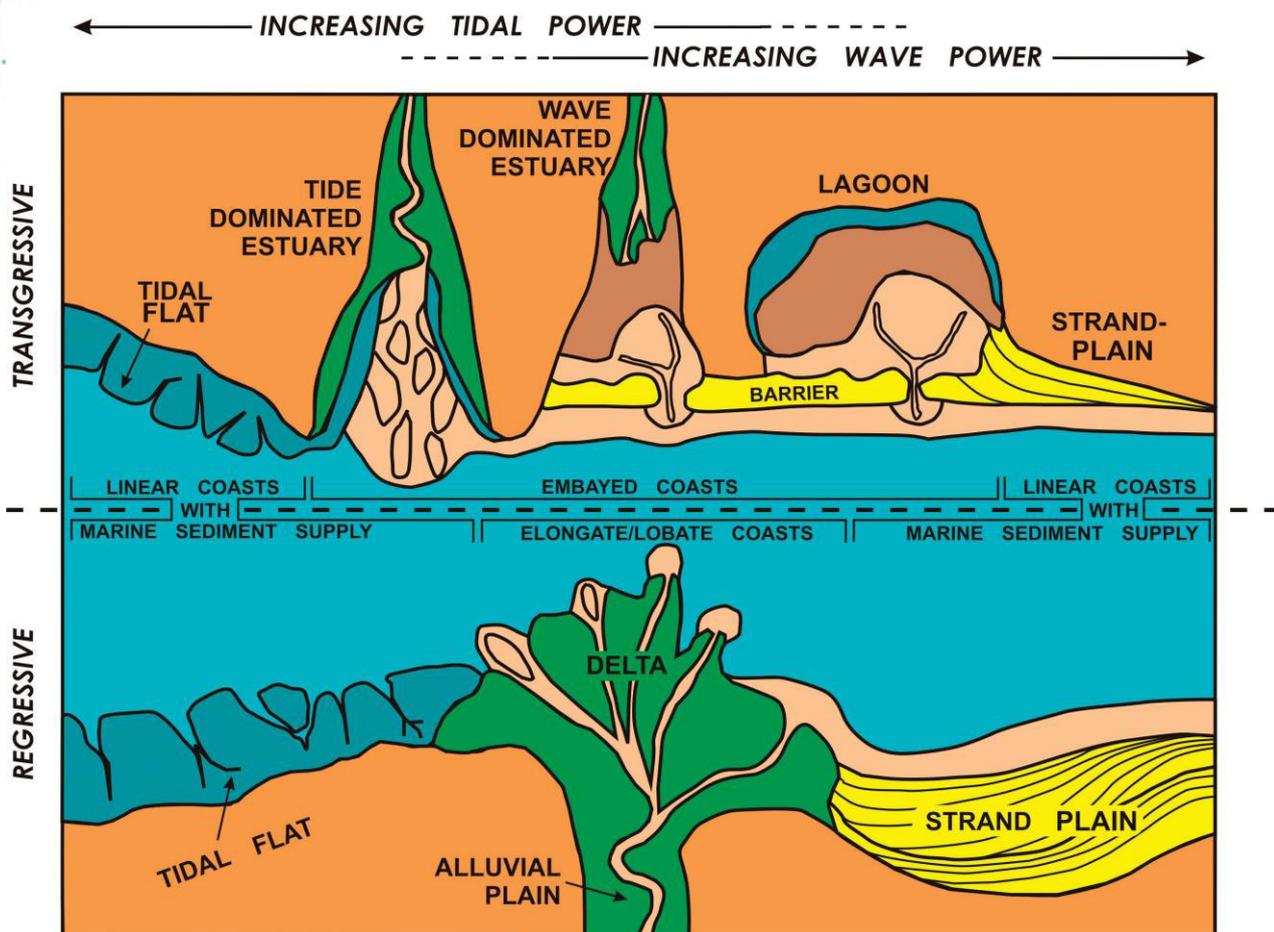


Figura 1. Principales ambientes de transición en ambientes silicoclásticos, teniendo en cuenta la migración de la línea de costa (transgresivo o regresivo).

AMBIENTES DELTAICOS

Los deltas han sido definidos como "Protuberancias en la línea de costa formadas por la desembocadura de ríos en océanos, mares, lagos o lagunas donde la acumulación del aporte sedimentario es más rápido que la redistribución producida por procesos cuencales." (Elliott, 1986).

Estos sistemas son claramente regresivos mostrando las facies más someras localizadas al tope de las sucesiones verticales. Los períodos más favorables para el desarrollo y crecimiento con mayor eficiencia han sido siempre consideradas las regresiones normales de las etapas de nivel de base alto (HST *Highstand System Tract*), aunque se han descrito en sedimentos antiguos formas asignadas a deltas en etapas de regresión normal al inicio del incremento de nivel de base (LST *Lowstand System Tract*) y también durante

caídas del nivel de base (FSST *Falling Stage System Tract*). La adecuada interpretación de estos sistemas no es solo un ejercicio de índole científico ya que tienen enormes aplicaciones prácticas en el caso de la prospección de recursos de hidrocarburos. La localización de los elementos de los sistemas petroleros y de las dimensiones que puedan alcanzar los mismos es significativamente diferente en los tres contextos evolutivos enunciados.

El delta de *Highstand* se desarrolla en momentos en que el nivel de base alcanza su máxima expansión teniendo la oportunidad de ocupar un espacio de acomodación arealmente extendido. Está ubicado encima de las secciones transgresivas donde se concentrarían las rocas generadoras para recibir una migración vertical eficiente y estaría cubierto por nuevas sucesiones transgresivas que podrían oficiar de sellos. El delta de *Lowstand* encuentra el nivel de base en sus etapas iniciales de subida con reducido espacio de acomodación, está cubierto por el intervalo transgresivo que le garantiza sellos eficientes pero la migración hacia zonas inferiores solo se da en particulares condiciones de gradientes de presión que suelen habitualmente ser más

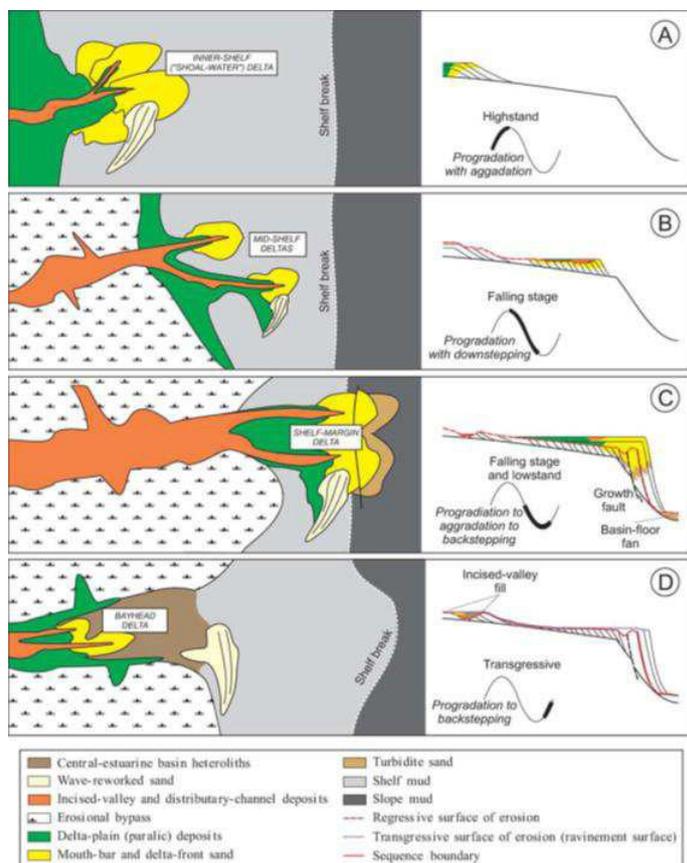


Figura.2 Deltas y su relación con variaciones del nivel de base. Porebsky y Steel (2006).

favorables hacia estratos superiores. Los deltas de Regresión Forzada (*Falling Stage*) ocurren en momentos en que la abrupta caída del nivel de base hace que la mayoría de los sistemas deposicionales están intentando alcanzar su equilibrio lo más rápidamente posible. En estas condiciones la existencia de extensos deltas progradantes no encuentra las condiciones más favorables además de

que se suelen encontrar intervalos costeros escalonados o sea parcialmente conectados. Está cubierto por los depósitos de ascenso del nivel de base que no le garantizan sellos eficientes y por último su comunicación con las secciones generadoras no siempre encuentra las vías de mayor eficiencia para su carga. Todas estas consideraciones hacen que su caracterización sea de una importancia muy grande para su adecuada prospección y definición de sus perspectivas (Fig. 1).

Trabajos recientes (Porebsky y Steel, 2003, 2006) separan lo que ellos denominan deltas dominados por aporte "*supply driven deltas*" de "*acomodacion driven deltas*" destacando, con ejemplos de deltas actuales, las condiciones de desplazamientos a lo largo de la plataforma de estos dos términos extremos.

Los deltas desarrollados durante la subida del nivel de base necesitan de un aporte de elevada persistencia para mantener su avance dada la rapidez, ocurrida en condiciones *icehouse*, de la evolución del nivel de base. Por esta razón los autores consideran más eficiente la migración de estos sistemas en la plataforma cuando el nivel del mar crece a una tasa muy baja o decrece.

Estas consideraciones sin duda deben ser tenidas en cuenta, pero debemos considerar además que gran parte del fanerozoico ocurrió en condiciones de *greenhouse* con variaciones más lentas y de menor magnitud del nivel de base.

Los estudios actuales de *greenhouse* deltas (Zhang *et al.*, 2016) permiten caracterizar sistemas deltaicos con gran desarrollo areal, generados durante etapas de elevado aporte de sedimentos y modestas velocidades de ascenso del nivel de base en etapas terminales de la subida del nivel de base (*Highstand*). Estas condiciones fueron las que prevalecieron durante el desarrollo de los depósitos deltaicos y sus sistemas marinos asociados que constituyen los espesos intervalos clásticos de las formaciones Lajas – Punta Rosada.

EJEMPLO ANTICLINAL PICUN LEUFÚ (GREENHOUSE DELTA)

En un área de 80 km² ubicada en el anticlinal de Picún Leufú (Suroeste de la cuenca Neuquina), a unos 30 km al sur de la ciudad de Zapala, fueron relevados 19 perfiles de campo en escala de detalle (1:100). A partir de los 17

tipos de facies descritas fueron agrupadas 12 asociaciones de facies asignables a subambientes depositacionales (sistemas deltaico y marino somero). También se obtuvieron mediciones de paleocorrientes y datos estratigráficos (identificación/extensión de las superficies estratigráficas, geometrías de los cuerpos de arena, etc.), clasificados como de alta, media y baja frecuencia constituyéndose en los elementos principales utilizados en la elaboración de los modelados 3D de facies.

A partir de los datos de las 953 medidas de paleocorrientes y de la distribución geográfica de las proporciones relativas de facies se determinó – además de la continentalización generalizada del tramo superior en relación al tramo inferior de la Formación Lajas, en el área del anticlinal de Picún Leufú - una diferencia en la distribución y orientación general de los sub-ambientes que componen el sistema depositacional deltaico (Fig. 3).

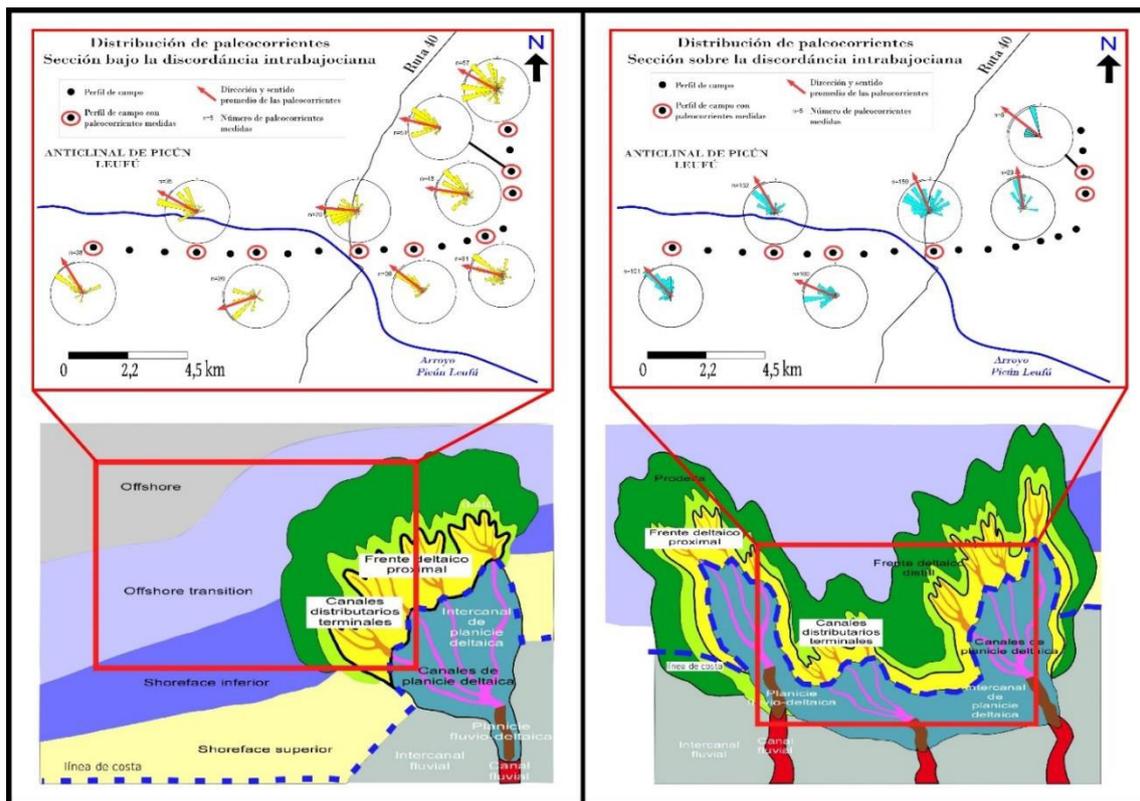


Figura 3. Distribución de paleocorrientes en las secciones inferior (izquierda) y superior (derecha) de la Formación Lajas, separadas por la discordancia intrabajociana y el modelo conceptual de distribución de los sub-ambientes deltaico y marino somero interpretado. El área de estudio está ubicada en los modelos conceptuales adentro de los cuadros de color rojo.

AMBIENTES ESTUARINOS

Los estuarios son sistemas costeros efímeros, sensibles al nivel del mar y a las fluctuaciones climáticas, definidos como sistemas transgresivos costeros con capacidad de relleno con alternancias de sedimentos marinos como continentales, según Dalrymple *et al.* (1992). Sus rellenos sedimentarios constituyen potencialmente buenos reservorios clásticos de petróleo y son económicamente importantes para la exploración y producción de hidrocarburos. Los cuerpos de arenisca generados por corrientes de marea, particularmente cuando están encerrados en intervalos impermeables de sedimentos finos, son fuentes importantes de fluidos como agua, petróleo y gas (por ejemplo, estratos mesozoicos a cenozoicos en América del Norte y el Golfo de México) (Longhitano *et al.*, 2012). La geometría y los caracteres sedimentarios de estos cuerpos de arenisca (incluyendo la fábrica de la roca, porosidad, permeabilidad y saturación) dependen de los procesos sedimentarios originales que se produjeron en entornos depositacionales específicos y de la naturaleza de la diagénesis subsiguiente (Moore, 1989). En ambientes dominados por mareas, los cambios cíclicos en la competencia de la corriente pueden generar depósitos que están organizados internamente en una serie de láminas heterolíticas o conjunto de láminas que pueden actuar como barreras, o deflectores si se someten a una transmisión eventual de fluido post-diagenética (Nemec *et al.*, 2007). Tessier *et al.* (2012) reconstruyeron el relleno del Holoceno de dos estuarios sobre la base de datos sísmicos de muy alta resolución combinados con testigos de sedimentos y dataciones.

La clasificación más común de los estuarios utilizados por los sedimentólogos es la definida por Dalrymple *et al.* (1992, 2006), donde se presenta un esquema de facies. De acuerdo con la hidrodinámica predominante en la desembocadura del estuario (olas o las corrientes de marea) se distinguen dos miembros finales, estuarios dominados por olas y estuarios dominados por mareas. En dicha clasificación se tienen en cuenta los procesos físicos que imperan en las diferentes zonas del estuario (interna, media y externa) considerando la energía procedente de los procesos marinos, como olas y corrientes, y de procesos continentales relacionados con la corriente de los ríos.

En el ambiente actual se han estudiado dos sectores dominados por mareas: el estuario de Bahía Blanca (Gómez *et al.*, 2010) y la entrada de marea de San Blas (Cuadrado y Gómez, 2011). Para reconocer las morfologías de la forma de fondo y determinar su dinámica mediante la comparación de prospecciones sucesivas se utilizó un sistema batimétrico de medición de fase (PMBS) "GeoSwath Plus" (Geo Acoustics Ltd.) con precisión centimétrica y una cobertura media de franja de 160 m. Los estudios se completaron con las mediciones de corrientes durante un ciclo de marea completo mediante un ADCP montado en un barco que opera a una frecuencia de 650 kHz. Los resultados permitieron obtener la compleja morfología de un campo de dunas y el mecanismo de movimiento de las dunas 3-D resultante. En ambos casos se encontraron dunas muy grandes (según la clasificación de Ashley, 1990), en la zona denominada de máxima energía (*tidal maximum*) según Dalrymple y Choi (2007). Este tipo de morfología no es común de encontrar en un estuario mesomareal como el de Bahía Blanca, sin embargo su formación está controlada por un estrechamiento en el fondo del canal por estratos altamente compactados y difíciles de erosionar. El control geológico afecta la dinámica conduciendo a un aumento en las velocidades de corriente de las mareas que profundiza el canal hasta los sedimentos subyacentes altamente compactados y cementados del Plioceno. El sedimento transportado forma dunas muy grandes que se caracterizan por un perfil asimétrico orientado hacia la boca del estuario, migrando en la dirección del reflujó, aunque el aporte de los ríos es despreciable.

Por otra parte, las entradas de marea o *inlets* han sido ampliamente estudiadas por ingenieros costeros y sedimentólogos (Oertel, 1975; Hayes, 1980; Komar, 1996; Bertin *et al.*, 2005) para conocer el transporte de sedimentos y la evolución morfológica resultante. En el caso de la entrada de marea del canal San Blas (sur de la provincia de Buenos Aires), es el más profundo de los tres canales que intercambian agua entre Bahía Anegada y el océano Atlántico. Esta entrada de marea tiene una persistencia histórica que sugiere su vinculación con condiciones geológicas subyacentes (Ambrosini, 1984), a diferencia de la mayoría de los *inlets* mencionados en la literatura que son el resultado de la ruptura de tormentas por procesos marinos. En el sector medio del canal San Blas (ancho de 700 m) se registra la máxima profundidad

(28 m), en un fondo plano (a lo largo de 4 km), sin sedimentos arenosos, con flancos empinados (3%) mayormente formados por rodados. Hacia el interior del *inlet* se encuentra un campo de dunas que tienen diferente sentido de migración. Sobre el flanco norte las dunas muy grandes migran hacia el interior, y sobre el flanco sur el mismo tipo de dunas migran hacia el exterior, en concordancia con las corrientes más intensas.

Por otra parte, Alsharhan y Kendall (2003) proponen el estudio del ambiente sabkha ya que una serie de grandes yacimientos de petróleo en el golfo Pérsico, los Estados Unidos y en otras partes del mundo se producen en antiguas secuencias de carbonato-evaporitas similares a los estudiados en este tipo de ambiente. Alsharhan y Kendall (2003) proponen el estudio de estos ambientes como análogos modernos para las áreas de producción de hidrocarburos en gran parte del registro geológico. Kendall *et al.* (2007) sugieren que la abundancia de cianobacterias asociadas a matas microbianas brinda grandes oportunidades para estudiar estos microorganismos como fuente de carbono y como potenciales rocas generadoras de petróleo. Siguiendo esta línea de investigación, desde hace pocos años se ha comenzado a estudiar un ambiente sabkha en un área costera restringida por la formación de una espiga de arena en la desembocadura de un canal de marea (Cuadrado *et al.*, 2015). Los sedimentos silicoclásticos arenosos que formaban parte del fondo del canal de marea actualmente son tapizados por la formación de espesas matas microbianas que generan una barrera impermeable superficial. Es interesante seguir profundizando en estos estudios para aumentar el conocimiento de potenciales nuevas exploraciones de gas e hidrocarburo.

Surgen como incógnitas a ser debatidas las siguientes preguntas:

¿Cuál sería el orden de los cambios climáticos capaces de lograr modificaciones de gran extensión areal en la distribución de las facies en deltas y estuarios?

¿Cómo los cambios de naturaleza biológica ayudarían a definir las tendencias de variación verticales y laterales de los distintos subambientes de un sistema deltaico/estuarino?

¿Los cambios hidrodinámicos observados en depósitos recientes siempre dejan su impronta en el registro geológico? ¿Cuándo lo dejan, pueden ayudar a comprender y predecir los cambios laterales y verticales de facies?

REFERENCIAS

- Alsharhan, A. y Kendall, C., 2003. Holocene coastal carbonates and evaporites of the southern Arabian Gulf and their ancient analogues. *Earth-Science Reviews* 61: 191–243
- Ambrosini, G.L., 1984. Geomorfología de la Isla Jabalí, departamento de Patagones, provincia de Buenos Aires. Proc. IX Congr. Geol. Arg. AGA, Buenos Aires, pp. 513–519.
- Ashley, G.M., 1990. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. *Journal of Sedimentary Petrology* 60: 160–172.
- Bertin, X., Chaumillon, E., Sottolichio, A. y Pedreros, R., 2005. Tidal inlet response to sediment infilling of the associated bay and possible implications of human activities: the Marennes-Oleron Bay and the Maumusson Inlet, France. *Continental Shelf Research* 25: 1115–1131.
- Cuadrado D.G., Pan J., Gómez E.A. y Maisano L., 2015. Deformed microbial mat structures in a semiarid temperate coastal setting. *Sedimentary Geology* 325: 106-118.
- Cuadrado, D.G. y Gómez, E. A., 2011. Morphodynamic characteristics in a tidal inlet: San Blas, Argentina. *Geomorphology* 135: 203-211.
- Dalrymple, R.W. y Choi, K., 2007. Morphologic and facies trends through the fluvialmarine transition in tide-dominated depositional systems: a schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. *Earth-Science Reviews* 81 (3–4), 135–174.
- Dalrymple, R.W., 1992. Tidal depositional system. In: Waters, C.N., James, N.P. (Eds.), *Facies Models*. Geological Association of Canada, pp. 195–218.
- Dalrymple, R.W., 2006. Incised valleys in time and space: introduction to the volume and an examination of the controls on valley formation and filling. In: Dalrymple, R.W., Leckie, D.A., Tillman, R. (Eds.), *Incised Valleys in Time and Space*. SEPM Special Publication, vol. 85, pp. 5–12.
- Dalrymple, R.W., Zaitlin, B.A. y Boyd, R., 1992. A conceptual model of estuarine sedimentation. *Journal of Sedimentary Petrology* 62, 1130–1146.
- Elliott, T., 1986. Deltas. En Reading, H.G., ed., *Sedimentary Environments and Facies*: Oxford, U.K., Blackwell Scientific Publications, p. 113–154.
- Gómez, E. A., Cuadrado, D. G., y Pierini, J.O., 2010. Sand Transport on an estuarine submarine dunes field. *Geomorphology* 121: 257-265.
- Hayes, M.O., 1980. General morphology and sediment patterns in tidal inlets. *Sedimentary Geology* 26, 139–156.

- Kendall, C.G.S.T.C., Shinn, G. y Janson, X., 2007. Holocene cyanobacterial mats and lime muds: Links to Middle East carbonate source rock potential: Abstract en American Association Petroleum Geologists Search and Discovery Article #900063, Houston, TX.
- Komar, P.D., 1996. Tidal-inlet processes and morphology related to the transport of sediments. *Journal of Coastal Research* 23, 23–45.
- Longhitano S.G., Mellere D., Steel R.J. y Ainsworth R.B., 2012. Tidal depositional systems in the rock record: A review and new insights. *Sedimentary Geology* 279 (2012) 2–22
- Moore, C.H., 1989. *Carbonate Diagenesis and Porosity: Developments in Sedimentology*, 46. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam (338 pp.).
- Nemec, W., Longhitano, S.G. y Messina, C., 2007. Statistical properties of tidal dune complexes. British Sedimentological Research Group Annual Meeting, Birmingham University, pp. 45–46.
- Oertel, G.F., 1975. Ebb-tidal delta of Georgia estuaries. *Estuaries Research* 2, 267–276.
- Porebski, S.J. y R. J. Steel, 2003. Shelf-margin deltas: their stratigraphic significance and relation to deepwater sands. *Earth-Science Reviews* 62: 283–326
- Porebski, S. J., y R. J. Steel, 2006. Deltas and sea-level change: *Journal of Sedimentary Research*, 76: 390–403.
- Tessier, B., Billeaud I., Sorrel P., Delsinne N. y Lesueur P., 2012. Infilling stratigraphy of macrotidal tide-dominated estuaries. Controlling mechanisms: Sea-level fluctuations, bedrock morphology, sediment supply and climate changes (The examples of the Seine estuary and the Mont-Saint-Michel Bay, English Channel, NW France). *Sedimentary Geology* 279: 62–73
- Zhang, J., R.J. Steel, y W. Ambrose, 2016. Greenhouse shoreline migration: Wilcox deltas. *AAPG Bulletin* 100: 1803–1831

T-S11

Sistemas No Convencionales

La caracterización de los potenciales reservorios tipo *shale* desde la Sedimentología

Iván Lanusse Noguera y Diego Licitra

YPF; ivan.lanussenoguera@ypf.com; diego.licitra@ypf.com

Reseña sobre el estado actual del conocimiento

La caracterización sedimentológica de las rocas generadoras, potenciales reservorios de tipo *shale*, es clave dado que parámetros tales como Carbono Orgánico total (COT), tipo de querógeno, mineralogía, fábrica, porosidad y geometría de los depósitos, son producto de los procesos de sedimentación.

Dichos parámetros definen la calidad geoquímica, petrofísica y geomecánica y por ende tienen implicancias directas en la prospectividad de estos *plays* no convencionales, pudiendo enfatizar los siguientes aspectos:

El contenido en materia orgánica, parámetro que define a este tipo de depósitos, dependerá de su preservación (grado de anoxia en columna de agua y sedimentos, tasa de sedimentación, bioturbación), la productividad de los organismos (terrestres, marinos, nutrientes) y la dilución (aporte clástico y esqueletal). El resultado de estas variables asociadas a los procesos sedimentarios prevalentes tiene como resultado un COT original que luego evoluciona al actual en función de la historia de soterramiento, lo que está estrictamente ligado al potencial de generación de hidrocarburo.

El tipo de querógeno estará asociado a la productividad previamente mencionada y la competencia entre el aporte continental y la producción intrínseca del sistema sedimentario. En el caso que el soterramiento de estos depósitos promueva suficiente madurez termal para la generación de hidrocarburos, dicha evolución estará fuertemente influenciada por el tipo de querógeno y su cinética de transformación. La condición más favorable para la

generación y preservación de un *shale play* estará asociada a querógenos tipo II (marino) mientras que las condiciones más desfavorables se vincularán al tipo I (lagunar).

La mineralogía, muy variable en este tipo de sistemas y dependiente del contexto sedimentario y áreas de aporte, tendrá un fuerte impacto en la geomecánica (comportamiento reológico de los minerales) y en la petrofísica (porosidad asociada a la matriz). Un factor determinante será la proporción de mineral arcilla y el tipo de arcillas presentes, siendo el caso más deseable aquel con bajo contenido (<40%) y baja proporción de arcillas expandibles (Esmectitas) para lograr estimulaciones eficientes. El entendimiento de la presencia de sílice o carbonato detríticos o autigénicos, de acuerdo con la posición del depósito dentro de un contexto sedimentario regional, también tiene sus implicancias en el comportamiento geomecánico y petrofísico.

La fábrica de la roca analizada, producto de los procesos sedimentarios, historia diagenética y compactación sufrida, impacta en la anisotropía mecánica, de modo tal que la misma tiende a ser elevada para fangolitas arcillosas y disminuye progresivamente hacia litologías más calcáreas. Del mismo modo, las texturas también tienen influencia directa en el tipo de poros existentes (desarrollo, tamaño, forma, distribución y grado de conectividad).

En la última década se han desafiado algunos paradigmas acerca de los sistemas depositacionales de fangolitas y / o lutitas, también conocidos como depósitos de cuenca, históricamente vinculados con depósitos de decantación de relativa homogeneidad tanto lateral como vertical. En el 2011, Abouelresh y Slatt hicieron mención a la presencia de microestructuras sedimentarias y la variabilidad vertical de facies, asociadas a transporte y depositación de los sedimentos a partir de flujos hipopícnicos, hiperpícnicos, flujos turbidíticos, corrientes de contorno, tormentas y a la lluvia hemipelágica (Figura 1).

En función de la gran variedad de procesos depositacionales actuantes, los intervalos *shale* presentan variabilidad del tamaño de grano de escala milimétrica a centimétrica, laminación paralela y cruzada, patrones de gradación normal e inversa. Esta heterogeneidad resulta en cambios verticales de los parámetros elásticos o intercalación de niveles frágiles y dúctiles a distintas escalas, que afectan el desarrollo de la estimulación hidráulica (Slatt y Abousleiman, 2011).

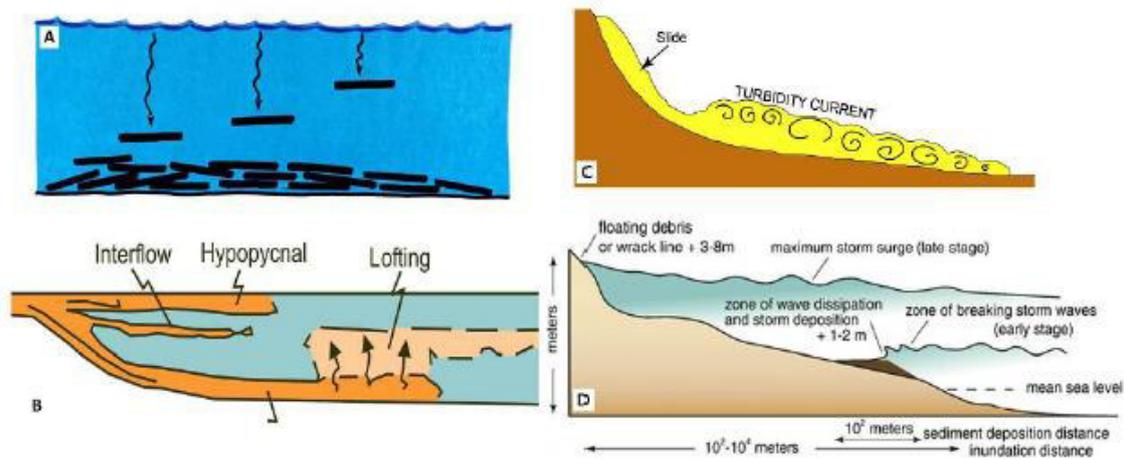


Figura 1: Procesos depositacionales involucrados en la génesis de depósitos de fangolitas (Tomado de Abouelresh y Slatt, 2011). A) Lluvia hemipelágica (O'Brian y Slatt, 1990). B) Flujo hiperpícnico (Mulder *et al* 2003). C) Flujo turbidídico (Morris, 1971). D) Depósito de tormenta (Morton *et al*, 2007).

Es importante señalar el grado de detalle con que se ha descrito este tipo de depósitos, en función de los objetivos y las herramientas utilizadas para su caracterización. De este modo, para depósitos de características similares, puede encontrarse una descripción somera que incluye ciclos donde alternan pelitas y calizas hasta descripciones de detalle a escala centimétrica a métrica (escala parasecuencias), para la definición de los niveles más aptos para la navegación de pozos horizontales (Figuras 2 y 3).

Dentro del flujo de caracterización de reservorios *shale*, se trabaja a escala de coronas y perfiles eléctricos para la definición de las litofacies presentes y las asociaciones correspondientes. Sus características geoquímicas, petrofísicas y geomecánicas permiten el reconocimiento de los intervalos con mayor potencial para ser navegados y estimulados (Figuras 2 y 3).

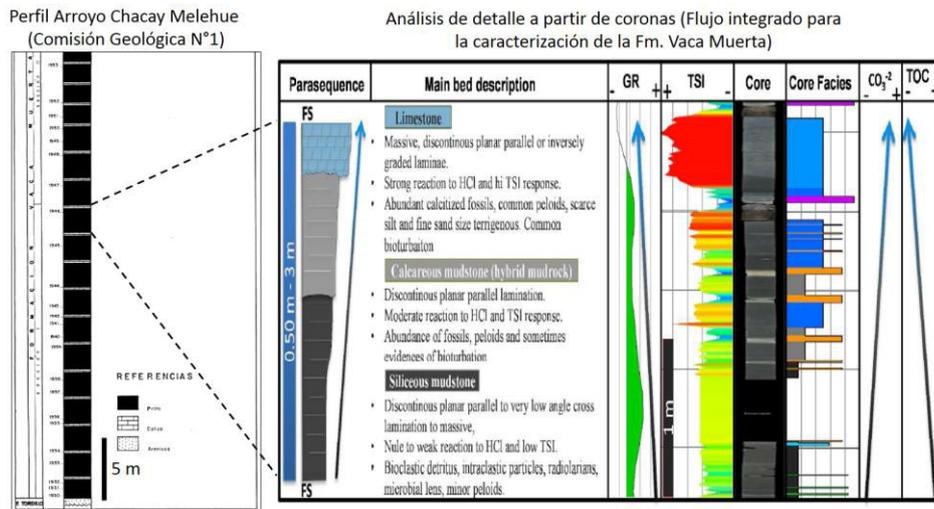


Figura 2: Descripción de perfiles de la Fm. Vaca Muerta con distinto grado de detalle asociado a los objetivos planteados. La caracterización del reservorio tipo *shale* hace que la descripción sedimentológica de detalle sea necesaria para el entendimiento de las distintas litofacies que componen al sistema. Obsérvese en el análisis de detalle de coronas, la heterogeneidad litológica observada a escala de parasecuencia, y consecuente variabilidad en COT, carbonato y perfil de resistencia (Tomado de Gonzalez Tomassini *et al.*, 2016).

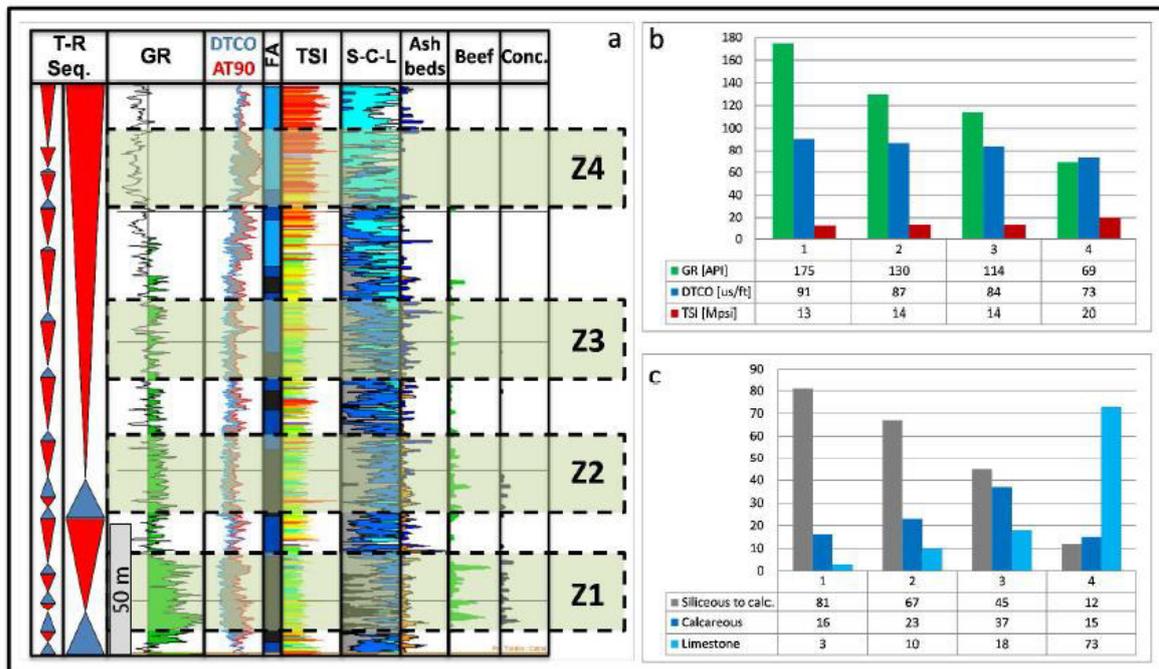


Figura 3: Perfil tipo de la Fm. Vaca Muerta en subsuelo en el que claramente se observan cambios verticales asociados a la evolución del sistema sedimentario, resultando en cambios graduales de asociaciones de facies, perfil de resistencia, mineralogía, niveles volcaniclásticos, beefs y concreciones. A modo de ejemplo se definen 4 potenciales niveles de navegación (tomado de Gonzalez Tomassini *et al*/2016).

¿Como impacta la tecnología de la perforación de pozos horizontales?

La importancia de la identificación de las asociaciones de facies con mayor potencial para el desarrollo efectivo de un *shale play*, resulta en la necesidad de tecnologías de perforación que permitan la navegación a lo largo de dichos intervalos de interés. A partir del año 2015, en el yacimiento Loma Campana se comenzó con el reemplazo de pozos verticales por horizontales y ya en el 2016 perforar en forma exclusiva pozos horizontales.

Inicialmente, la perforación se hacía en forma geométrica (figuras 4 y 5), es decir, se definía un punto de aterrizaje y un punto final de pozo. El sondeo cortaba distintas capas. Con el objeto de mejorar la producción de los pozos, se comenzó a perforar los pozos totalmente paralelos a las capas mediante un control constante. A esta perforación se la denomina geonavegación.

Los parámetros para definir las zonas a navegar se pueden resumir en:

- Porosidad total mayor a 8%
- Carbono orgánico total mayor a 2%
- Módulo de Young relativo bajo. Como valor dinámico podemos decir menor a 3.5 MPSI aproximadamente
- Zona homogénea mayor a 20m

A priori, se esperaría una mejora notable en la producción y no es lo que se ve aún. Si se da una mejora notable en velocidad de penetración (ROP medido en m/h).

Este último punto tiene directa correlación entre dureza de roca y litología, lo que pone en valor la necesidad de un modelo estratigráfico y sedimentológico para la mejor ubicación de los pozos.

En lo que respecta a la, hasta ahora, pobre relación con la producción es un reto aún por definir donde la sedimentología podría aportar una respuesta.

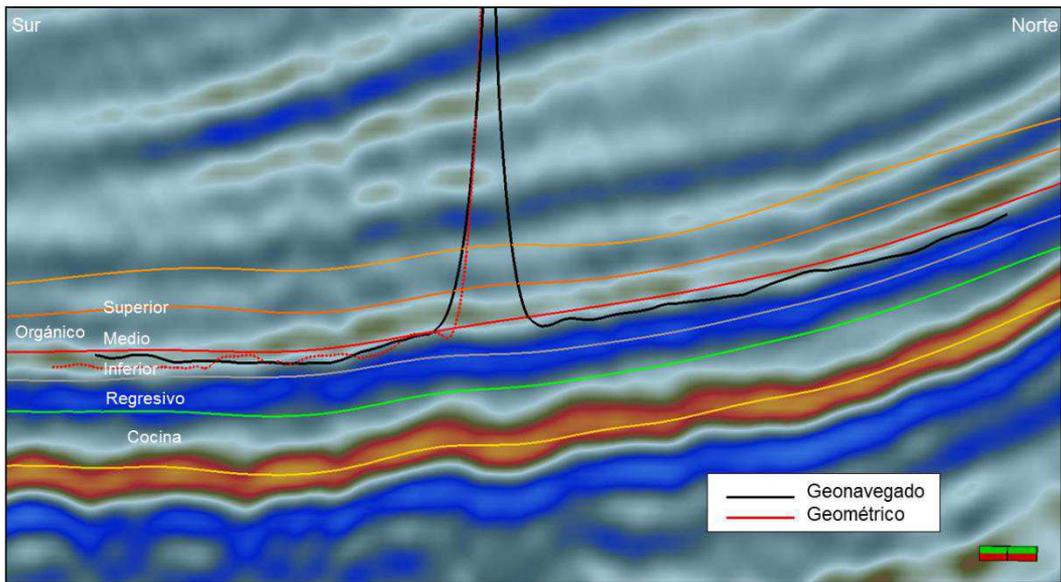


Figura 4. Corte N-S con sísmica de amplitud mostrando dos tipos de pozo horizontal, uno geométrico y otro Geonavegado.

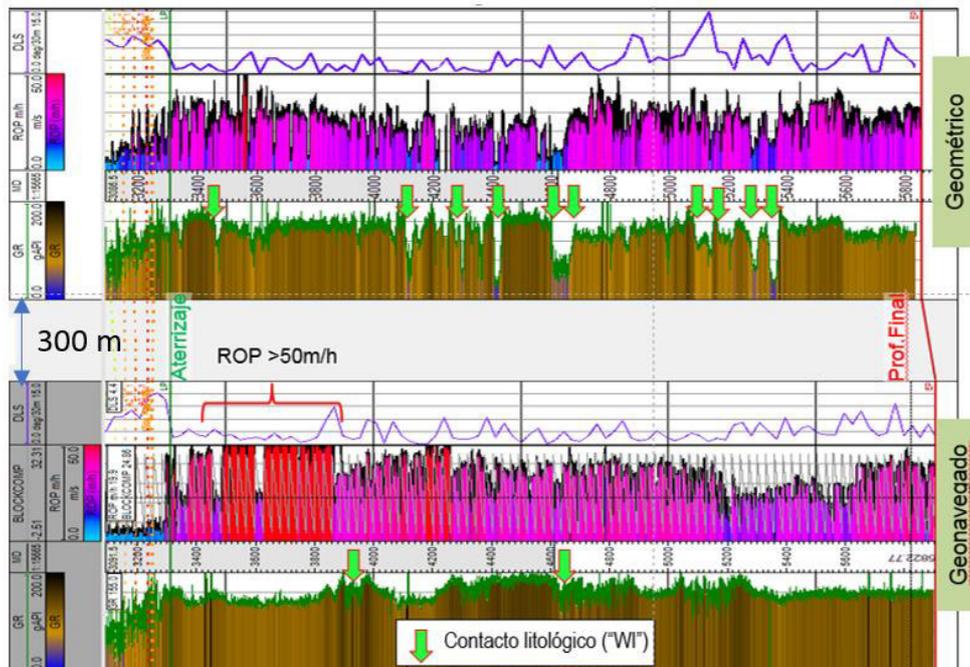


Figura 5. Comparación entre un pozo Geonavegado en una capa de 2 m y otro geométrico

Objetivos del taller

- Compartir flujos de caracterización sedimentológica que permitan determinar potenciales reservorios *shale*.
- Conocer los últimos avances sobre estudios sedimentológicos en las Formaciones Los Molles, Vaca Muerta y Agrio.
- A partir de la caracterización sedimentológica, entender cuáles son los parámetros diagnósticos que principalmente aportan en la evaluación del potencial o derivan en variables comúnmente utilizadas en la industria.
- Discutir escalas de trabajo y posibles sinergias entre la Academia y la industria.

Metodología aplicada en el taller

- Discusión de las contribuciones presentadas en el Taller, tomando como referencia los flujos de trabajo que se aplican hoy en la Formación Vaca Muerta para su caracterización.
- Discusión sobre las principales implicancias de las contribuciones en la evaluación de las Formaciones Los Molles, Vaca Muerta y Agrio, como reservorios tipo *shale*.

Bibliografía

- Federico González Tomassini, Damián Emmanuel Hryb, Guillermina Sagasti, José Luis Massaferro, Langhorne (Taury) Smith. Why do we have to care about detailed reservoir characterization? We will break it all. Do we? DOI 10.15530/urtec-2016-2460837.
- Mohamed O. Abouelresh and Roger M. Slatt. Shale Depositional Processes: Example from the Paleozoic Barnett Shale, Fort Worth Basin, Texas, USA. Central European Journal of Geosciences. DOI: 10.2478/s13533-011-0037-z.
- Guillermina Sagasti, Alberto Ortiz, Damian Hryb, Martin Foster and Victoria Lazzari, YPF S.A. Understanding Geological Heterogeneity to Customize Field Development: An Example from the Vaca Muerta Unconventional Play, Argentina. DOI 10.15530/urtec-2014-1923357.
- Roger Slatt y Youname Abousleiman, Merging sequence stratigraphy and geomechanics for unconventional gas shales. The Leading Edge, March 2011.

T-S12

ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA

María Diez¹, Leandro D'elia² y Silvio Casadio¹

¹ Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología, Ave. Roca 1242, General Roca, Río Negro;
mdiez@unrn.edu.ar; scasadio@unrn.edu.ar

² Centro de Investigaciones Geológicas, Diagonal 113 y 64, B1900 La Plata, Buenos Aires;
leandro.delia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En este taller se analizarán y discutirán diferentes aspectos de la enseñanza de la geología en el nivel universitario. En este sentido, como docentes estamos frente a diversos problemas y desafíos entre los que se cuentan la deserción en los primeros años de la carrera, trabajar en un contexto más acorde al de las nuevas adolescencias y juventudes de las sociedades actuales, donde tanto los vínculos sociales como los aprendizajes por autoformación tienen la base en el desarrollo y sustento de la autonomía. Para ello es importante que los estudiantes cuenten con libertad para la búsqueda de los propios recorridos de aprendizaje, la prueba y el error sin ser evaluados y el soporte de nuevas tecnologías y de comunicación virtual.

En este marco se considera *“necesario que los docentes cedan el escenario, el protagonismo, la palabra y el tiempo a los estudiantes, de modo que, de la educación centrada en la enseñanza, se pase a aquella sustentada en el aprendizaje”* (Beneitone *et al.*, 2017, pag. 25), en este sentido los estudiantes pasan a tener una participación activa en la construcción de su propio aprendizaje, con lo que los profesores se convierten en facilitadores, que aportan información, métodos, herramientas, crean ambientes y acompañan a los estudiantes brindándoles asistencia a lo largo de todo el proceso.

Las transformaciones tecnológicas y culturales de las últimas décadas generaron un fuerte impacto en la educación, donde se observa cómo varían los problemas, expectativas y requerimientos en los espacios profesionales,

entre los estudiantes y en las instituciones educativas, aún con sus inconvenientes y confrontaciones entre la tradición, el *estatus quo* y el cambio.

Se observan diversas dificultades, estancamientos y atrasos en la articulación entre la educación formal y los procesos que transitan las actuales sociedades del conocimiento. Si la universidad ignora esos cambios y sigue anclada a modelos del pasado se hará cada vez más visible la brecha que existe entre la cultura desde la que enseñan los docentes y aquella desde la que aprenden los estudiantes (Fontcuberta, 2003).

Las nuevas ideas que sustentan estos cambios, resaltan la importancia de la construcción de conocimientos inter y transdisciplinarios, flexibles, abarcadores de una multiplicidad de saberes. Estos cambios demandan personas con una consistente formación de base y apertura continua hacia nuevos desarrollos. Se busca la eficiencia unida a la creatividad, que acentúe un pensamiento crítico que articule las diversas áreas del conocimiento científico, tecnológico e incluso artístico en la búsqueda de la resolución de problemas, siendo esto último lo que genera una dinámica constructivista y la demanda de sujetos activos, con dominios tecnológicos y con capacidad de autoformación continua a lo largo de la vida.

En este contexto y desde la enseñanza, es importante para esta búsqueda del conocimiento que los estudiantes interactúen de manera dialógica, crítica, colaborativa y constructiva con docentes de diferentes áreas del conocimiento en continua interacción a través de problemas y saberes transversales para que, de esa manera, se genere un pensamiento colectivo a partir del intercambio, la confrontación y el debate entre diversas perspectivas y disciplinas. Es en este último aspecto, donde el papel del docente asume una renovada importancia y en este contexto se refuerza el concepto y modelo de docente-tutor, que se postula como un motivador, un promotor de ideas propias de los estudiantes, que proponen y resuelven problemas tomando una serie de decisiones con grados elevados de libertad, fortaleciendo de esta manera un aprendizaje autónomo. Esto requiere que el objetivo prioritario de los procesos de enseñanza-aprendizaje, no estén centrados en el contenido disciplinar de manera aislada, sino como saberes significativos para el individuo y para el contexto.

Existe una diversidad de sistemas de tutoría que buscan colocar al docente de una manera diferente al que se asemeja a un conferencista u otros estilos relativamente tradicionales. Las distintas propuestas tutoriales confluyen en la caracterización de motivador, orientador y guía, que conduce a los estudiantes en sus procesos individuales y grupales del aprendizaje autónomo.

Esta función tutorial implica conocer, no solo el modo de aprendizaje de sus alumnos, sino el de aprender de los propios educadores, así como las tensiones y conflictos que acompañan a todo proceso de aprendizaje, donde siempre aparecen confrontaciones entre viejos y nuevos conocimientos, prácticas y teorías que ponen en cuestión las propias, diferencias entre generaciones ante los cambios tecnológicos y comunicacionales que dan acceso a la incorporación de información y construcción de conocimientos. Todo esto deviene en variados procesos individuales y subjetivos, arraigados en tramas culturales y sociales, convirtiéndose los procesos de enseñanza y aprendizaje en una producción social e histórica. En este sentido, Beresaluce *et al.* (2014) expresaron que enseñar es sobre todo guiar al alumno para que pueda aprender más y mejor, orientándolo en la realización de su trabajo y capacitándolo para que aprenda por sí mismo. Esto último, es una meta prioritaria de todo docente-tutor.

Estos cambios que demanda la enseñanza no serán posible sin una revisión completa de los planes de estudio con el fin de, entre otras cosas, identificar áreas donde son innecesariamente inflexibles y demasiado especializados, introducir elementos curriculares adicionales tales como el trabajo en equipo, destrezas comunicacionales, conciencia ambiental y potenciar el desarrollo de competencias específicas y transversales tales como la capacidad de gestionar información y la familiaridad con las tecnologías de la información y las comunicaciones. De esta forma, se debe romper con el “ (...) *habito de cambiar superficialmente el currículo, modificando nombres, denominaciones, incluyendo asignaturas, eliminando otras, reduciendo o dilatando intensidad horaria, alargando jornadas escolares, insertando disposiciones legales, todo ello sin sistematicidad, crítica, diálogo o simplemente, sin un pare en el camino para pensar el currículo...*” (Murcia Padilla, 2009, pág. 11) y propender a la conversión de las asignaturas por *espacios académicos* que no es sólo un cambio de nombre sino de fundamento

epistemológico e interdisciplinar, implicando que en cada espacio confluyan y se interrelacionen de manera compleja las diferentes disciplinas.

Por lo señalado, la modificación de los planes de estudio deberá permitir la posibilidad de una lectura compleja del conocimiento geológico que parte de la discusión sobre la superación del plan basado en asignaturas y resultados de aprendizaje a campos de pensamiento complejo. Ello implica una ruptura epistemológica de la fragmentación del conocimiento como información brindada por cada disciplina a un aprendizaje como proceso de formación integral, de corte reflexivo, sistémico y de permanente cambio sobre la experiencia multidimensional de los estudiantes y docentes en contextos complejos. Esta visión considera que las instituciones educativas ya no son los únicos lugares de aprendizaje del saber y las formas escolarizadas de aprender han sido desbordadas por las teorías desescolarizadas de acceso al conocimiento. Como ha señalado Morduchowicz "(...) *el desafío en este mundo saturado de textos, discursos y lenguajes es convertir la información en conocimiento y el conocimiento en capital cultural. La información forma parte del saber, pero el saber no se limita exclusivamente a la información. Este abordaje reflexivo es la gran urgencia y la gran asignatura pendiente en el siglo XXI*" (Morduchowicz, 2018, pag. 18-19).

En palabras de Tobón el currículo debe "(...) *reconocer que son un enfoque inacabado y en constante construcción, deconstrucción y reconstrucción requiriéndose constantemente un análisis crítico y la autorreflexión para comprenderlo y vivirlo*" (Tobón, 2007, pág. 46) o como señalaron Morin, Ciurana y Motta: "*La inteligencia parcelada, compartimentada, mecanicista, disyuntiva, reduccionista rompe lo complejo del mundo en fragmentos separados, fracciona los problemas, separa lo que está unido, unidimensionaliza lo multidimensional*" (Morin et al., 2002, pág. 134).

Este abordaje se aproximaba a la definición de un plan de estudios en función de la formación integral del alumno y basada en competencias dentro de un contexto complejo.

Se espera que, en este marco, los planes de estudio contribuyan a una formación integral no solamente de los estudiantes, sino a todos aquellos intervinientes de manera compleja y dinámica en la formación y educación para que logren resolver problemas desde su significación y comprensión en y

desde el contexto hasta la creación de estrategias y alternativas de solución identificando los efectos tanto del problema como de las posibles soluciones, desempeñándose con integridad consigo mismos y con los demás en el marco de las dimensiones ética, afectiva, cognitiva, comunicativa, tecnológica y ambiental entre otras. Como señaló Mockus (1997) una formación integral que abarca conocimientos (capacidad cognoscitiva), habilidades (capacidad sensorio-motriz), destrezas, actitudes y valores. En otras palabras: saber, saber hacer en la vida y para la vida, saber ser, saber emprender, sin dejar de lado saber vivir en comunidad y saber trabajar en equipo. Al debilitar las fronteras entre el conocimiento escolar y extraescolar, se reconoce el valor de múltiples fuentes de conocimiento, como la experiencia personal, los aprendizajes previos en los diferentes ámbitos de la vida de cada persona, la imaginación, el arte y la creatividad (Mockus, 1997).

Los planes de estudio deben facilitar y tener la flexibilidad necesaria para enfrentar los desafíos educativos en una sociedad basada en la información en la que los individuos dependen, sustancialmente, de la adquisición, uso, análisis, creación y comunicación de la información. Como ha señalado Pérez Gómez (2008), las demandas formativas de los ciudadanos contemporáneos son de tal desafío que exigen reinventar las instituciones educativas de modo que sean capaces de estimular el desarrollo de los conocimientos, habilidades, actitudes, valores y emociones, pues los ciudadanos cada vez más requieren convivir en contextos sociales heterogéneos, cambiantes, inciertos y saturados de información.

En este sentido, se requiere introducir cambios en la concepción, diseño y desarrollo de los planes de estudio, así como en las formas de enseñar y aprender. Esto implica nuevos ambientes de aprendizaje y nuevos modos de entender la evaluación de esos aprendizajes, así como nuevas formas de concebir la función docente.

OBJETIVOS DEL TALLER

-Presentar, analizar y discutir las tendencias pedagógicas y didácticas contemporáneas, rol docente, planes de estudio y características particulares de la enseñanza de la geología.

-Proporcionar un espacio y oportunidad para compartir experiencias pedagógicas y modelos de enseñanza-aprendizaje en el área de la geología.

METODOLOGÍA APLICADA EN EL TALLER

En el taller se abordarán tres ejes principales 1) estrategias de enseñanza aprendizaje, 2) evaluación y calificación y 3) planes de estudio y perfil profesional. Cada uno de estos ejes se iniciará con la exposición de un trabajo presentado a la RAS que luego permitirá el análisis y debate de los temas. Se espera abordar en el taller, entre otros temas, la importancia de la enseñanza-aprendizaje en contextos transdisciplinarios, las nuevas tecnologías en la enseñanza-aprendizaje de la geología, nuevas formas de evaluación y educación por competencias, críticas y ventajas.

BIBLIOGRAFÍA

- Beneitone, P., Esquetini, C., González, J., Maletá, M.M., Siufi, G. y Wagenaar, R. 2007. Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina. Informe final – Proyecto Tuning- América Latina 2004-2007. Universidad de Deusto.
- Fontcuberta, M. 2003. Medios de comunicación y gestión del conocimiento. Revista Iberoamericana de Educación - Número 32.
- Mockus, A. 1997. Epílogo. El debilitamiento de las fronteras de la escuela. En Las Fronteras de la Escuela. Cooperativa Editorial Magisterio, págs. 75-81. Bogotá.
- Morduchowicz, R. 2018. Ruidos en la web. Cómo se informan los adolescentes en la era digital. 185 pp. Ediciones B.
- Morin, E, Ciurana, E. y Motta R., 2002. Educar en la Era Planetaria. El pensamiento complejo como método de aprendizaje en el error y la incertidumbre humana.
- Murcia Padilla, J.C. 2009. Concepto de Currículo.
- Pérez Gómez, A., 2008. ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En: Sacristán, G. (comp.). Educar por competencias, ¿Qué hay de nuevo? Ed. Morata, 235 pp.
- Tobón, S. 2007. Formación basada en competencias, diseño curricular y didáctica. Ed. Ecoe Ediciones.