Programa curso:

Exploración de reservorios de aguas profundas

Este curso ofrece una formación avanzada para geólogos y geofísicos de exploración centrada en comprender la sedimentación clástica en entornos de aguas profundas, con énfasis en su relación con diferentes contextos geomorfológicos y tectónicos. A lo largo de este curso, se revisarán y discutirán los modelos clásicos que han guiado la exploración de hidrocarburos en aguas profundas desde tiempos tempranos hasta las propuestas innovadoras más recientes. Se examinarán conceptos fundamentales (por ejemplo, Bouma, 1962; Mutti y Ricci Lucchi, 1973; Walker, 1978; Mutti, 1992; Posamentier y Kolla, 2003; Mutti et al., 2003; Posamentier y Walker, 2006; Zavala y Arcuri 2016; Mutti, 2024), complementados con ejemplos seleccionados de los Pirineos (España), la Cuenca Neuquina (Argentina), la Cuenca Austral (Argentina), la Cuenca Guárico (Venezuela) y la Cuenca de Campos (*offshore* de Brasil) para abordar el tema desde diferentes escalas de observación.

Si bien los modelos tradicionales han sido fundamentales para guiar la exploración de hidrocarburos durante las últimas cinco décadas, es esencial reconocer que la mayoría de los modelos se basan en estudios detallados de afloramientos ubicados en contextos colisionales. Aplicar estos conceptos a márgenes pasivos requiere un análisis cuidadoso, ya que la dinámica sedimentaria puede variar significativamente entre márgenes activos y pasivos. En los márgenes pasivos existen características únicas asociadas a taludes de bajo gradiente, como lo son la presencia de extensos deltas submarinos, cañones meandriformes profundamante incididos, *gullies*, *levees*, *transient fans* y lóbulos. Estos elementos muestran un control deposicional guiado por avulsiones del canal, presencia de MTCs (*mass-transport complexes*) y el crecimiento de diapiros, los cuales definen un entorno deposicional complejo. La importancia y la predicción de estos últimos elementos críticos serán revisadas a través de ejemplos seleccionados en sísmica, registros de pozos, núcleos y afloramientos.

Este curso comprende cinco días de clases teóricas virtuales inmersivas y actividades de campo en la isla de Tierra del Fuego (Figura 1). Durante esta excursión de campo, los participantes tendrán la oportunidad única de explorar los impresionantes afloramientos del Mioceno de la Cuenca Austral, enriqueciendo su comprensión con observaciones directas y discusiones centradas en comparar los modelos teóricos con las características observadas en las rocas.

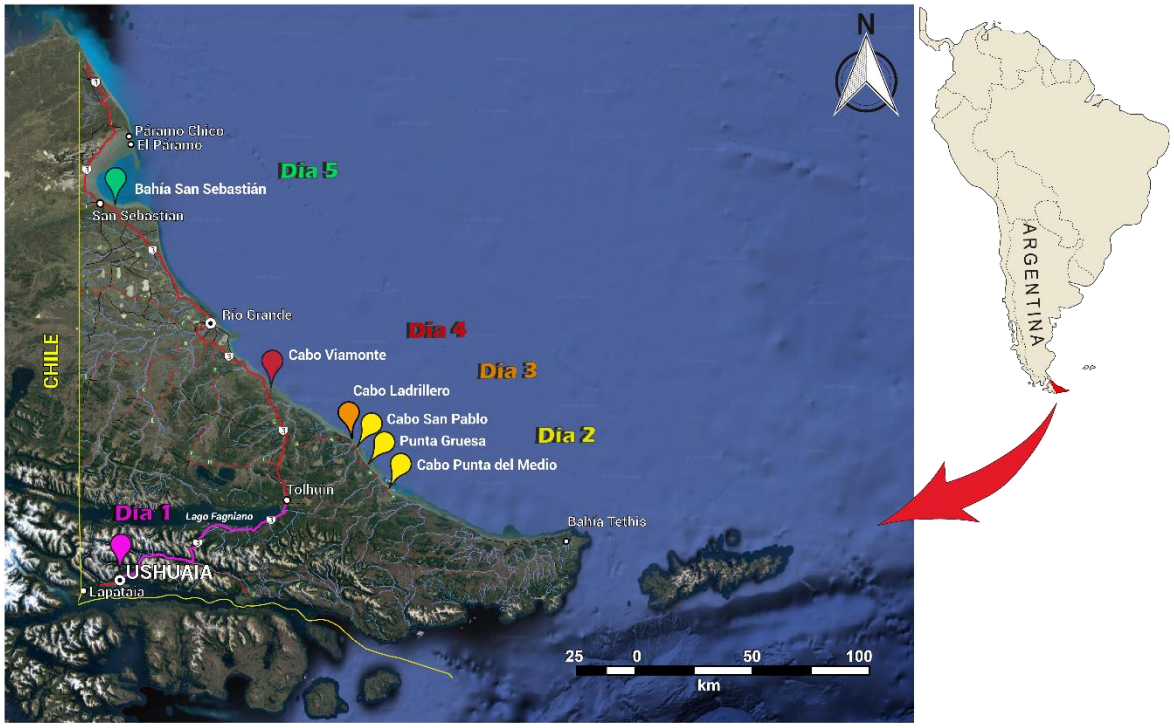


Fig. 1: Localización de las localidades de campo a visitar

Día 1: Introducción y Fundamentos Teóricos

- **Salida Ushuaia (10 am)**
- **Almuerzo de trabajo y clase introductoria**

Sesión 1: Introducción al curso y objetivos generales. Síntesis y evolución geológica de la Cuenca Austral. Estratigrafía y contexto estructural. Principales unidades geotectónicas y su evolución.

- **Recorrido Ushuaia – Tolhuin:**

  Conociendo la geología Regional de la Isla.

Ciudad de Ushuaia

- **Check in Hotel Tolhuin**

- **Sesión temática.**

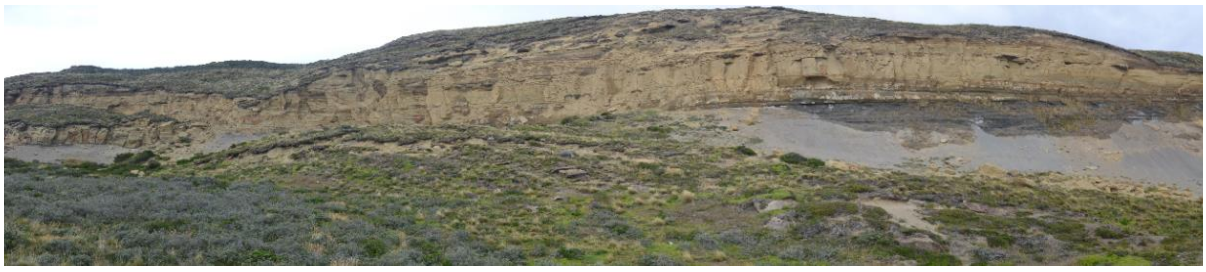
Sesión 2: Introducción al análisis de sistemas deposicionales fósiles y su importancia para el análisis de reservorios. Revisión histórica de conceptos fundamentales para comprender la sedimentología de aguas profundas. Evolución del análisis de facies y modelos depositacionales aplicados al entendimiento de reservorios.

Día 2: Modelos Clásicos y Avances Recientes

- **Lugar Tolhuin (Hotel) sesión temática**

Sesión 3: La sedimentación clástica y sus procesos en entornos de aguas profundas. Introducción al análisis de facies. Lectura de rocas. Facies. Secuencias y asociaciones de facies. Principales estructuras sedimentarias y su significado. Elementos arquitecturales. Cañones, canales, gullies, levees, mass transport complexes y lóbulos. Diapiros de arcilla y evaporitas.

- **Excursión de campo:** Visita a los afloramientos de Anticlinal Campo del Medio, Punta Gruesa y Cabo San Pablo.



Cabo San Pablo

Temas a discutir:

- Origen de las areniscas masivas y los depósitos asociados
- Facies y características de los lóbulos arenosos distales y en abanicos de talud (transient fans).
- Distinción entre depósitos axiales y laterales (levee).
- Predicción de la extensión de los depósitos arenosos a partir del análisis de facies
- Evolución de los modelos aplicados a la exploración de hidrocarburos.

- **Regreso a Tolhuin**

Día 3: Sistemas de canales y lóbulos

- **Lugar Tolhuin (Hotel) sesión temática**

Sesión 4: Tipos de flujos gravitativos en la naturaleza y sus depósitos. Reconocimiento en afloramientos, coronas e imágenes de pozo. Flujos cohesivos. Flujos hiperconcentrados. Flujos concentrados. Flujos turbulentos cargados de sedimentos. Flujos gravitativos. Flujos intracuencales y extracuencales (hiperpícnicos). Flujos episódicos y casi estacionarios. Fluctuaciones de flujo. Corrientes de contorno.

- **Excursión de campo:** Visita a los afloramientos en el área de Cabo Ladrillero

Temas a discutir:

- Transición canal – lóbulo en el talud
- Características de los depósitos de "*mass transport complexes* "
- Características y significado de las inyectitas clásticas.
- Origen y significado de las arenas masivas con hojas enteras.
- Estudio de caso en grupos pequeños sobre aplicaciones de modelos en diferentes contextos geológicos.

Cabo Ladrillero

- **Regreso a Tolhuin**

Día 4: Cañones, canales y gullies

- **Lugar Tolhuin (Hotel) sesiones temáticas**

Sesión 5: Turbiditas intracuencales y extracuencales. Facies características. Modelos depositacionales para turbiditas intracuencales. Procesos y facies. Turbiditas extracuencales. Modelos depositacionales y facies características asociadas a flujos hiperpícnicos. Turbiditas extracuencales y deltas.

Sesión 6: Sistemas turbidíticos en márgenes colisionales y márgenes pasivos. Modelos vigentes y su aplicación al análisis y predicción de reservorios. Exploración en cañones submarinos y áreas de talud. Transient fans. El modelo de fill and spill. Depocentros de turbiditas en minibasins.

- **Hotel check-out**
- **Excursión de campo:** Visita a los afloramientos de Cabo Viamonte

Cabo Viamonte

Temas a discutir:

- Observación y análisis de la complejidad interna en los rellenos de cañones
- Incisiones de canales múltiples
- Terrazas en canales submarinos
- Análisis de la transición de facies desde el canal al levee
- Análisis de datos sísmicos y registros de pozos para identificar características geológicas clave.

- **Llegada a Río Grande:**
- **Hotel check-in**

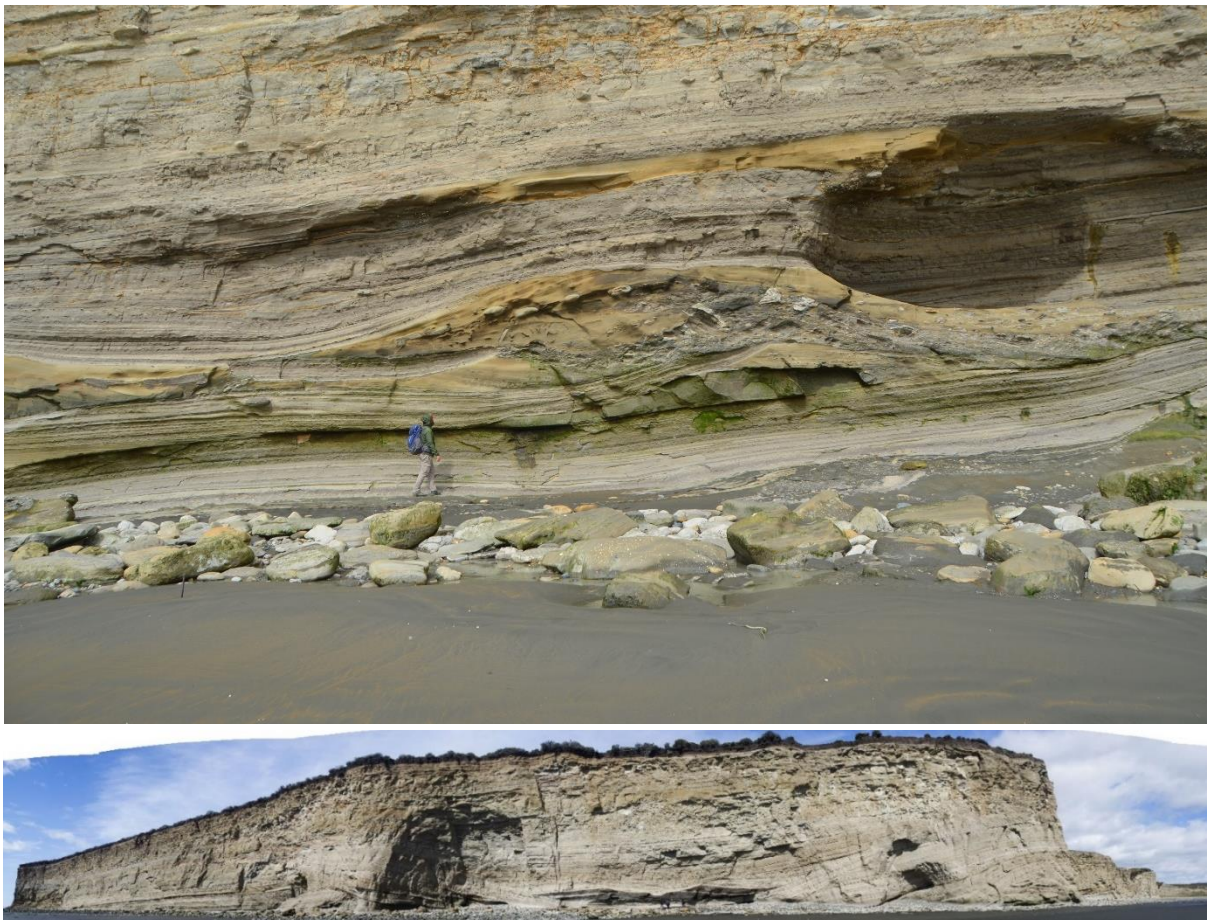
Día 5: Transecta a lo largo de un frente de talud

- **Sesión temática**

Sesión 7: Ejemplos mundiales de sistemas turbidíticos en márgenes colisionales y márgenes pasivos. Análisis y propuestas de modelos exploratorios utilizando atributos sísmicos complementados con análisis de coronas y registros eléctricos. Aplicación de machine learning y Computer Vision Techniques (CVT) para el análisis y predicción de reservorios. Generación de modelos estáticos robustos, predictivos y aplicados

- **Excursión de campo:**

Visita a los afloramientos de Cabo San Sebastián y Cabo Santo Domingo.



Cabo San Sebastián

Temas a discutir:

- Análisis de la transición desde el margen de la plataforma hasta la base del talud en un afloramiento excepcional y continuo.
- Facies y geometrías en clinoformas progradantes de talud.
- Múltiples superficies de corte y relleno (*gullies*).
- Rellenos de canal. Depósitos de acreción lateral en canales meandriformes.
- Interpretación de núcleos y comparación con modelos teóricos.

- **Llegada a Rio Grande:**
- **Cena de finalización y entrega de diplomas**

Día 6: Regreso a casa

- **Hotel check-out y transfer a Ushuaia (llegada al mediodía)**

Resumen de sesiones temáticas “Teoría”

Sesión 1: Introducción al curso y objetivos generales. Síntesis y evolución geológica de la Cuenca Austral. Estratigrafía y contexto estructural. Principales unidades geotectónicas y su evolución.

Sesión 2: Introducción al análisis de sistemas deposicionales fósiles y su importancia para el análisis de reservorios. Revisión histórica de conceptos fundamentales para comprender la sedimentología de aguas profundas. Evolución del análisis de facies y modelos depositacionales aplicados al entendimiento de reservorios.

Sesión 3: La sedimentación clástica y sus procesos en entornos de aguas profundas. Introducción al análisis de facies. Lectura de rocas. Facies. Secuencias y asociaciones de facies. Principales estructuras sedimentarias y su significado. Elementos arquitecturales. Cañones, canales, gullies, levees, mass transport complexes y lóbulos. Diapiros de arcilla y evaporitas.

Sesión 4: Tipos de flujos gravitativos en la naturaleza y sus depósitos. Reconocimiento en afloramientos, coronas e im’agenes de pozo. Flujos cohesivos. Flujos hiperconcentrados. Flujos concentrados. Flujos turbulentos cargados de sedimentos. Flujos gravitativos. Flujos intracuencales y extracuencales (hiperpícnicos). Flujos episodicos y casi estacionarios. Fluctuaciones de flujo. Corrientes de contorno.

Sesión 5: Turbiditas intracuencales y extracuencales. Facies características. Modelos depositacionales para turbiditas intracuencales. Procesos y facies. Turbiditas extracuencales. Modelos depositacionales y facies características asociadas a flujos hiperpícnicos. Turbiditas extracuencales y deltas.

Sesión 6: Sistemas turbidíticos en márgenes colisionales y márgenes pasivos. Modelos vigentes y su aplicación al análisis y predicción de reservorios. Exploración en cañones submarinos y áreas de talud. Transient fans. El modelo de fill and spill. Depocentros de turbiditas en minibasins.

Sesión 7: Ejemplos mundiales de sistemas turbidíticos en márgenes colisionales y márgenes pasivos. Análisis y propuestas de modelos exploratorios utilizando atributos sísmicos complementados con análisis de coronas y registros eléctricos. Aplicación de machine learning y Computer Vision Techniques (CVT) para el análisis y predicción de reservorios. Generación de modelos estáticos robustos, predictivos y aplicados.