



Imágenes de Pozo: Principios de Adquisición y Aplicaciones Geológicas de Subsuelo.

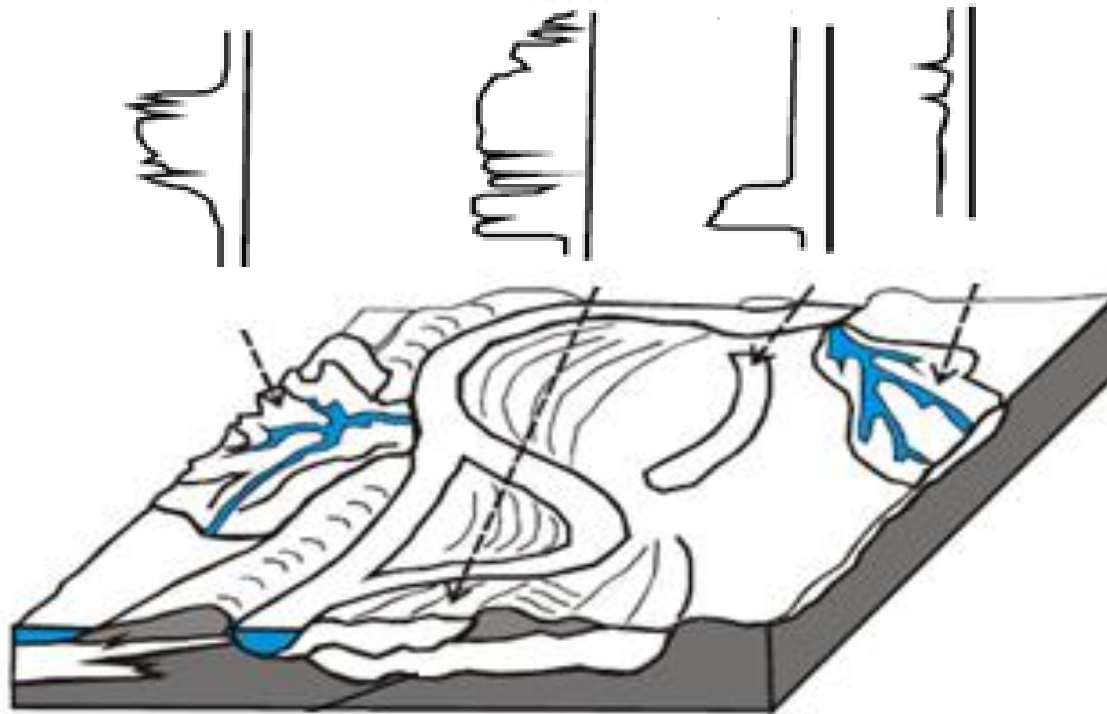
Aplicaciones sedimentológicas en reservorios clásticos fluviales

Néstor Acosta

Profesor Adjunto. Cátedra de Geofísica General y Sísmica
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

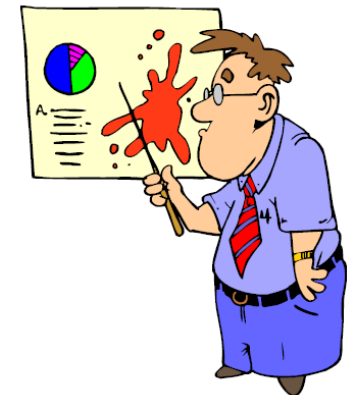
Ejercicio de Bienvenida

- Dibujar la forma de una hipotética curva de potencial espontáneo en la ubicación de cada elemento del sistema esquematizado.



Agenda día 5

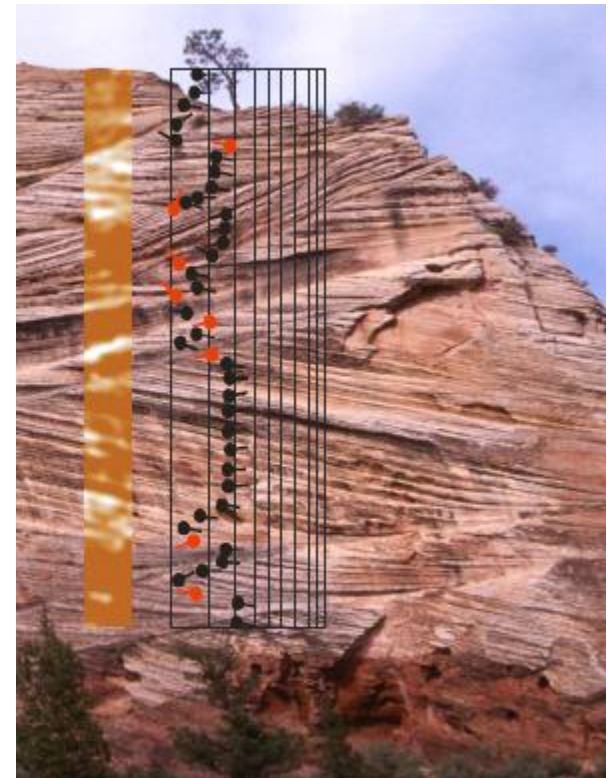
- Aplicaciones sedimentológicas en reservorios clásticos fluviales
 - **Técnicas de interpretación: picado y clasificación de elementos.**
 - Facies de imágenes de pozo: texturas, estructuras y artefactos.
 - Salidas y Presentaciones para interpretación: gráficos, presentaciones e integración de datos.



Objetivo

- Proveer una metodología para la interpretación de imágenes considerando:
 - Calidad de la imagen
 - Picado y clasificación de planos
 - Análisis de facies de imágenes
 - Calibración con testigo corona.

Una clase puede enseñar mucho pero es importante la practica y la experiencia



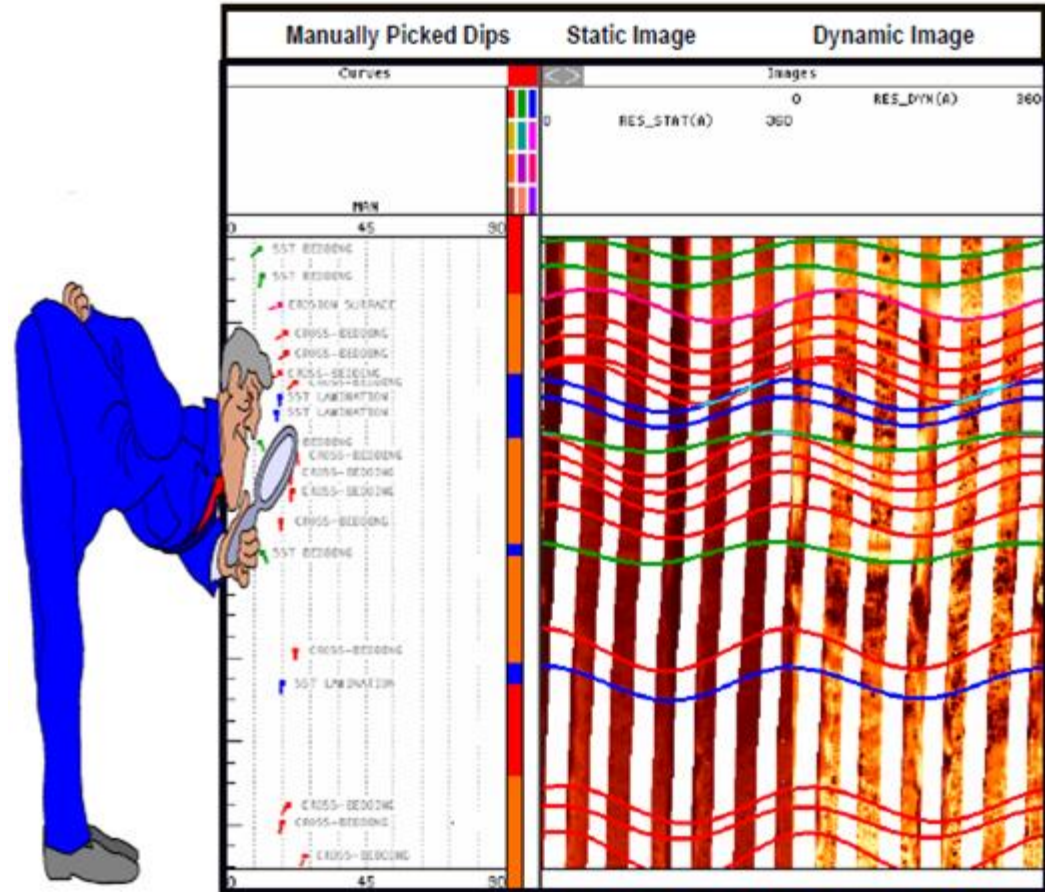
Navajo Sandstone Formation, Jurassic, Zion National Park, Utah. Photo: Simon Lomas

Análisis Sedimentológico

- Flujo de trabajo con imágenes
 1. **Picado interactivo de planos, identificación y clasificación de características sedimentarias.**
 2. **Generación de catalogo de características sedimentarias**
 3. **Determinación y extracción de buzamiento estructural**
 4. **Análisis de paleo-transporte y geometría de los cuerpos de areniscas.**
 5. **Integración convencional de testigo corona y generación de perfil sedimentológico**
 6. **Identificación de facies e interpretación de asociaciones.**
 7. **Definición de Modelo de Ambiente Depositional**

Picado interactivo y catalogo

- Misma técnica del análisis estructural
- Mayor densidad (se incorpora la mayor cantidad posible)
- Además de planos, se comienzan a clasificar las características sedimentarias que se reconozcan (intraclastos, bioturbación, nódulos, imbricación, etc.)



Catalogo para la clasificación de elementos

- Ejemplo

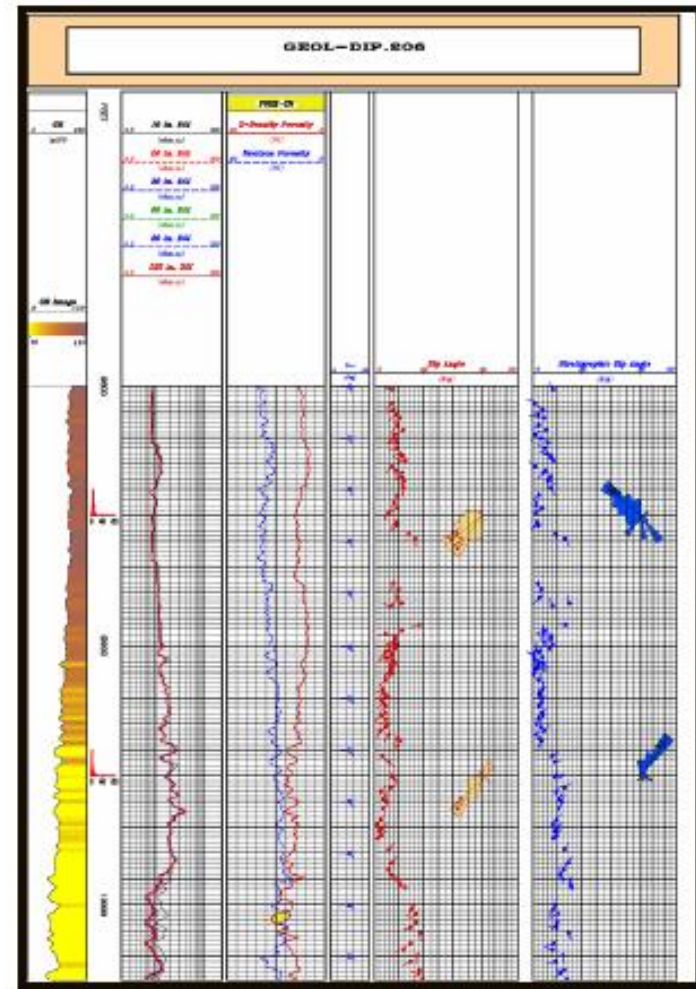
Fluvial

- Shale bedding
- Sandstone bedding
 - High-angle xstrat
 - Low-angle xstrat
 - Parallel lamination
- Erosion surface
- Reactivation surface
- Bounding surface

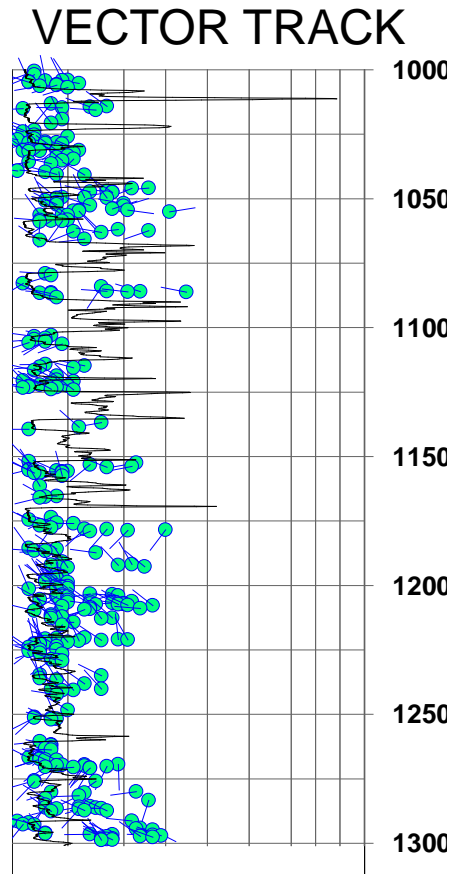
	Bed Boundaries	Boundaries between distinct image facies. Commonly corresponding to lithological and other interfaces. Bed tops and bases may be classified separately where there are significant differences in attitude (e.g. many deep marine environments).
	Shale Bedding	Mudrock bedding surfaces. These planar bedding traces are generally used to represent sediments deposited in a palaeohorizontal attitude. Locally however, these sediments have undergone steepening as the result of compaction etc., frequently in association with sandbodies.
	Carbonate Bedding	Undifferentiated planar, or near planar bedding within limestones and dolomitic beds. In some places these surfaces represent bedding-parallel stylolites. Where carbonate facies are more complex, differing dip categories can be chosen to suit.
	Sandstone Bedding	Undifferentiated planar bedding within sandbodies. Dips are generally less, or much less than 30 degrees after removal of structural dip. They frequently display consistent dip patterns.
	Heterolithic Bedding	Thinly interbedded sand and mudrock sequences. In many cases these sediments have been deposited in a palaeohorizontal attitude, but in some cases they may show marked variation from shale bedding.
	Oversteepened Bedding & Slumps	Steeply dipping (>30-35 degrees) bedding, generally in mudrock facies, commonly showing discordant dip azimuth. These steeply dipping bedding planes are indicative of significant deformation of the sediment fabric.
	Cross-Bedding	Sandstone bedding which often appears in packages with marked azimuth variations. Residual dips are commonly steep (>25 degrees) following removal of structural dip.
	Erosion Surfaces	Bedding surfaces at the base of sandbodies etc. where truncation of the underlying sediments is apparent.
	Structural Surfaces	Since formation structure is critical to the analysis and understanding of the sedimentology, the dip classification will always include faults and various fracture types etc. The categories for structural features may be slightly more simplistic than those used in a full structural analysis.

Buzamiento estructural

- Un análisis estructural sólido es esencial antes de poder realizar una interpretación estratigráfica detallada.
- El buzamiento estructural debe eliminarse antes de cualquier análisis de las características depositacionales.

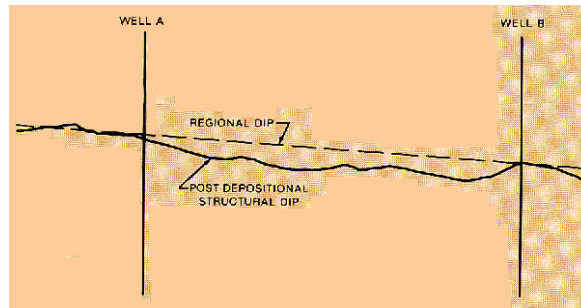


Análisis de buzamiento estructural

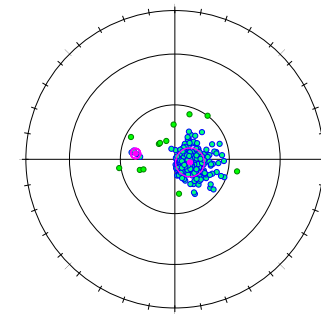


SAN JORGE BASIN NORTH FLANK

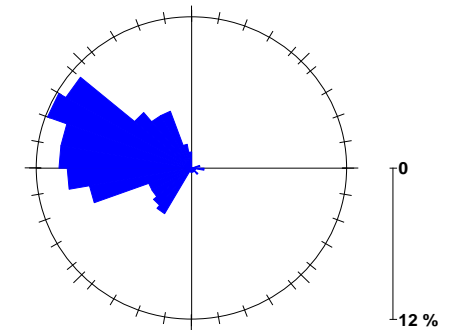
Data point:
312
8 @ 281



SCHMIDT PLOT



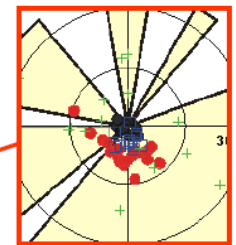
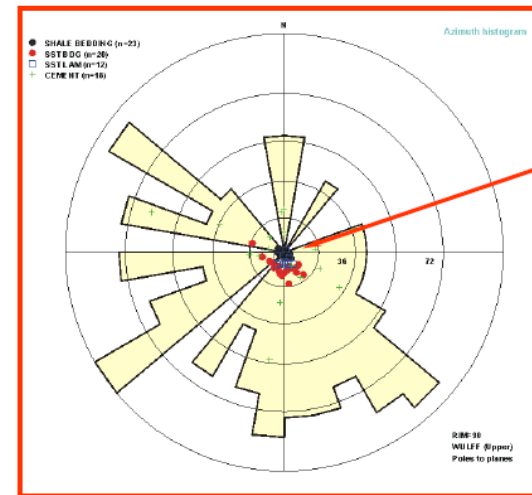
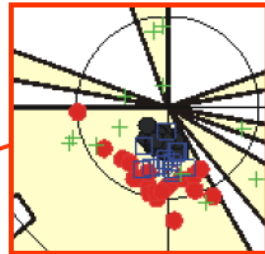
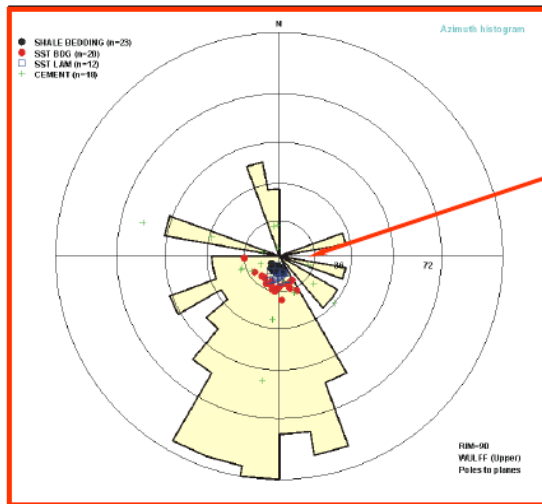
ROSE PLOT



Remoción del buzamiento estructural

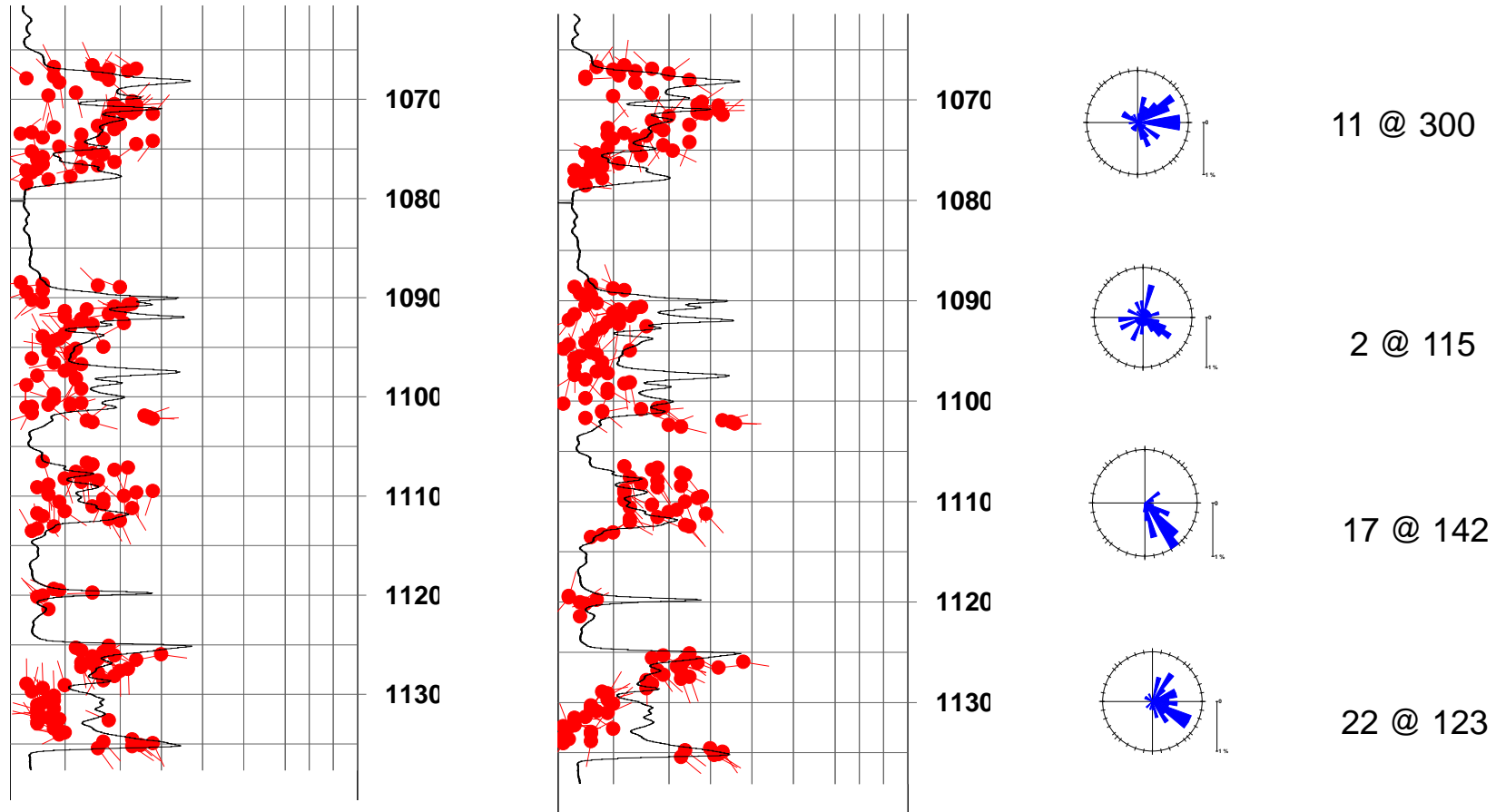
- Análisis estereográfico

Existe una amplia variedad de tipos de planos restantes



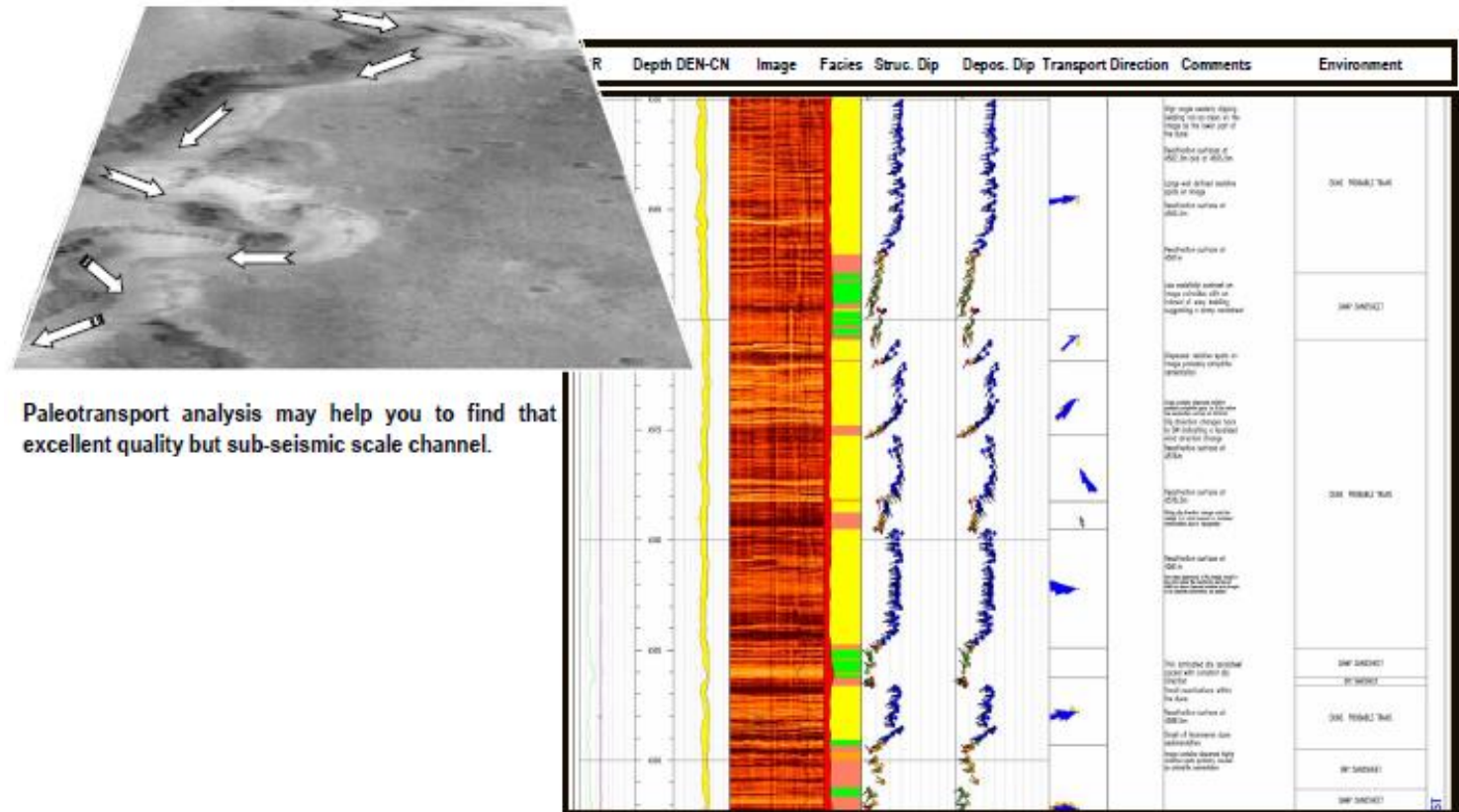
Remoción del buzamiento estructural

SAN JORGE BASIN
NORTH FLANK



Análisis de Paleotransporte

- Ejemplo



An example of paleotransport interpretation using borehole images.

From: *Methodology for Characterization of a Clastic Reservoir Based on Correlations between Electrofacies, NMR and Image Logs. A Case Study from the Gulf of San Jorge Basin.* coth. *Internacional Congress of the Brazilian Geophysical Society and EXPOGEF.* Rio de Janeiro. Brazil. November 2007.

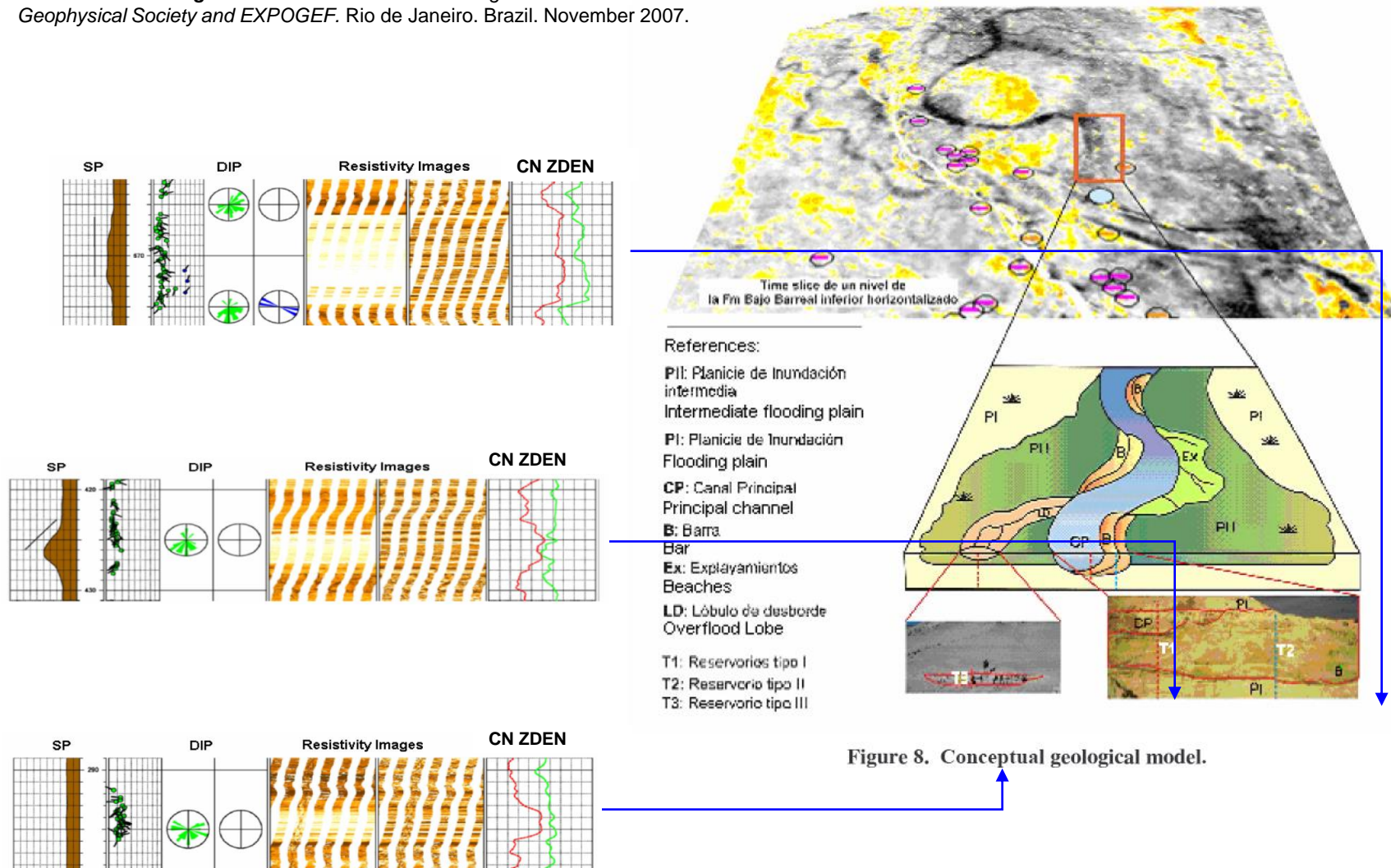
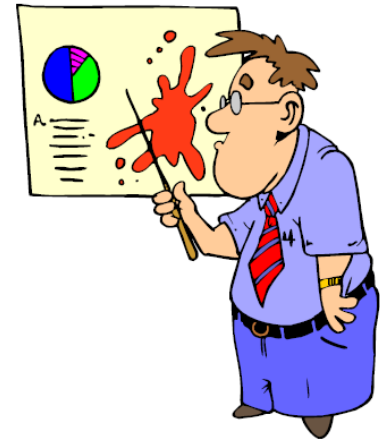


Figure 8. Conceptual geological model.

Agenda día 5

- Aplicaciones sedimentológicas en reservorios clásticos fluviales
 - Técnicas de interpretación: picado y clasificación de elementos.
 - **Facies de imágenes de pozo: texturas, fabrica y estructuras.**
 - Salidas y Presentaciones para interpretación: gráficos, presentaciones e integración de datos.



Identificación de Facies

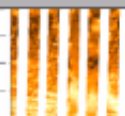

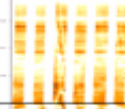



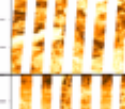

- Se basan en el carácter de la imagen y la respuesta asociada de otros registros de pozo abierto
- En lo posible se calibran con testigo corona para poder extrapolar interpretaciones en intervalos sin muestra de roca
- Forma la base para interpretar el ambiente y la historia deposicional

Determine el ajuste deposicional y la sucesión vertical

Definir unidades de depósito relacionadas genéticamente y su influencia sobre la arquitectura y distribución de los reservorios

Aporta dato sobre la conectividad del reservorio y la extensión lateral probable







Comprender la ubicación del pozo dentro del sistema deposicional y la distribución del reservorio lejos del pozo.

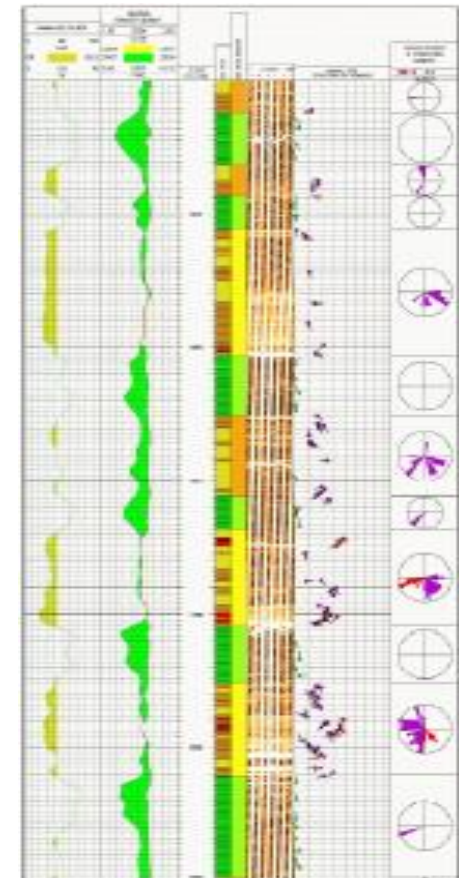
Image Facies	Image Example	Description and Interpretation
Structureless Sandstone (SS)		Structureless sandstones displaying variable resistivity response, mottled appearance represents possible mudcake build-up. Represents rapid deposition of sand within a channel environment, precluding the formation of bedding tabulae. Possibly representing depositional events during periods of flood and heavy river discharge.
Parallel Stratified Sandstone (SPS)		Resistivity response is variable, representing variations in mineralogy as a consequence of flow segregation. Stratified fabrics appear as conductive and resistive banding on a di-scale. May appear gently inclined indicating development of tabular bed forms. Deposition from unidirectional currents, in a moderate to high-energy environment under upper flow regime conditions.
Parallel Laminated Sandstone (SLAM)		Subtle resistivity banding on a di-scale observed as conductive and resistive horizons traceable around the borehole, and representing more and less argillaceous-rich horizons. Deposited within low-energy conditions, within the upper part of channel fill, under lower flow regime conditions. In some cases ripple laminated fabrics appear wavy, possibly indicating the development of ripples.
Cross-Bedded Sandstone (SXB)		Appearing as cm to di-scale resistivity banding on images representing flow-velocity segregation of minerals. Fabrics appear inclined up to 50° prior to structural dip removal. Representing deposition from moderate to strong currents forming planar and trough cross-stratified sandstones. Represents in-channel bedforms.
Dewatered Sandstone (SDW)		Variable image response depending on original character of dewatered sandstone. Flame structures are observed, which may terminate at overlying bed boundaries, possibly suggesting erosion or termination at bedding horizons.
Slumped Sandstone (SSLUMP)		Variable image response, appearing relative to conditions, with minor preservation of original bedding fabrics. Fabrics generally appear oversteep, and result from slumping of unstable depositional surfaces developing slump folds. May result from channel bank collapse due to undercutting.
Conglomerate (CCM)		Highly variable image response representing variations in clast types, which include mudstones and siltstones (observed in core). Variable bedding fabric orientations observed. Generally accreting towards the base of channels. The variability in the degree of clast rounding suggests variable transportation. Typically occurs at base of channelized units representing a channel lag deposit.
Mudstones (MDS)		Moderate to conductive image response, locally appearing resistive where oil content increases. Bedding tabulae occur as both cm-scale and di-scale fabrics which can be traced around the borehole. Minor conductive mottling suggests limited amounts of bioturbation. Deposition occurring within flood plain environments, distal channel mouth environments and as channel abandonment fills.

An example of image derived facies from continental US

Asociaciones de facies

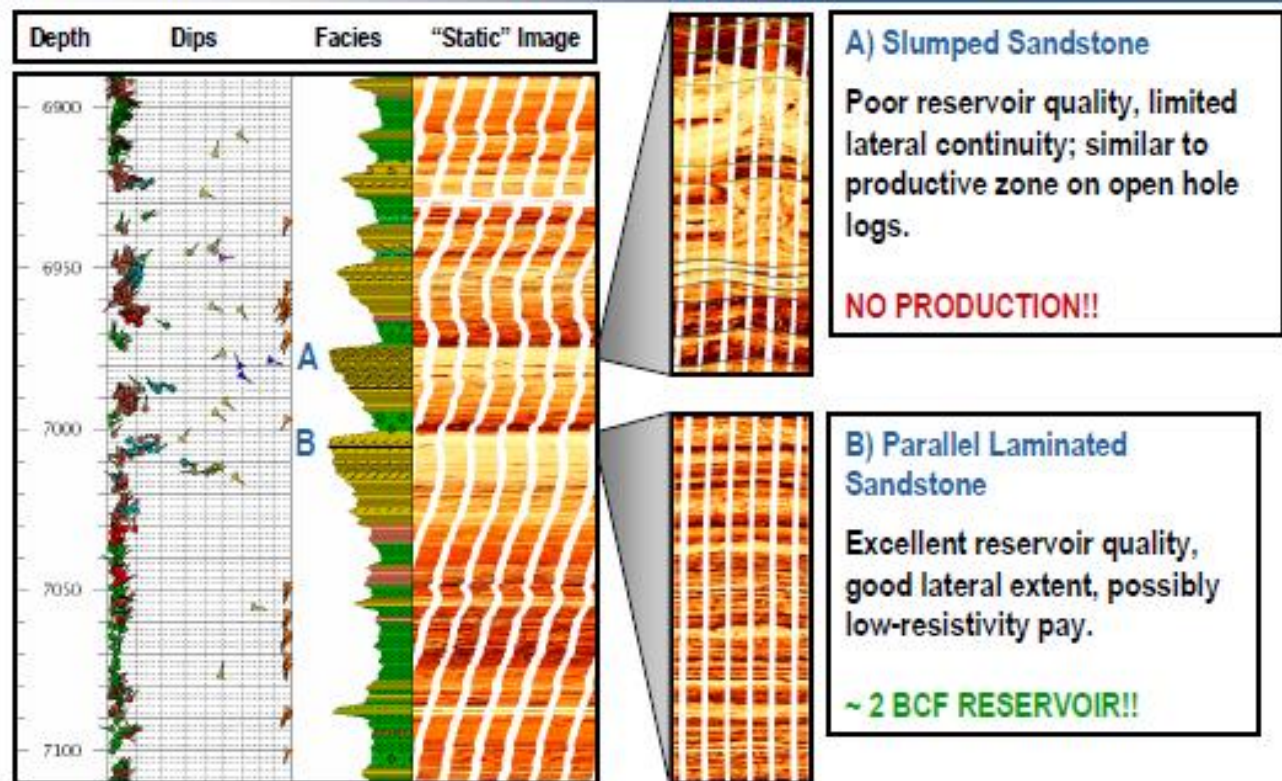
- Cada asociación representa un proceso o un ambiente deposicional

Facies association	Colour Code	Description	Principal facies	Interpretation
Shales		Undisturbed shales.	ML, MM, MC	Stable slope or basin floor.
Slumps		Thick slumps and slides.	MS, MM, MC, DF	Slumps and slides: Slope and basin floor
Background chaotics		Chaotic shales dominating with background shale deposition	MC, ML, MM	Dominated by muddy debris flows derived from the open slope.
Channel sands		Amalgamated and erosive sands. Non-parallel tops and bases, shale breaks not preserved	SS, SL, SI	Flow stripped, bypassing and erosive sands. Confined channel setting.
Flat bedded sands		Parallel bases and tops. Non-erosive. Fines preserved between coarser sands	SL, SS, Sz, SI, MM, ML	Sheet-like sands. Unconfined
Thinly interbedded sands and mud association.		Shales and thin bedded sands	ML, MM, SS, SL, Sz	Inter-channel and/or overbank sediments. Distal fan. Channel/fan abandonment
Cemented		Tight sands, limestones, cemented shales	CM	Hardgrounds, differential cementation

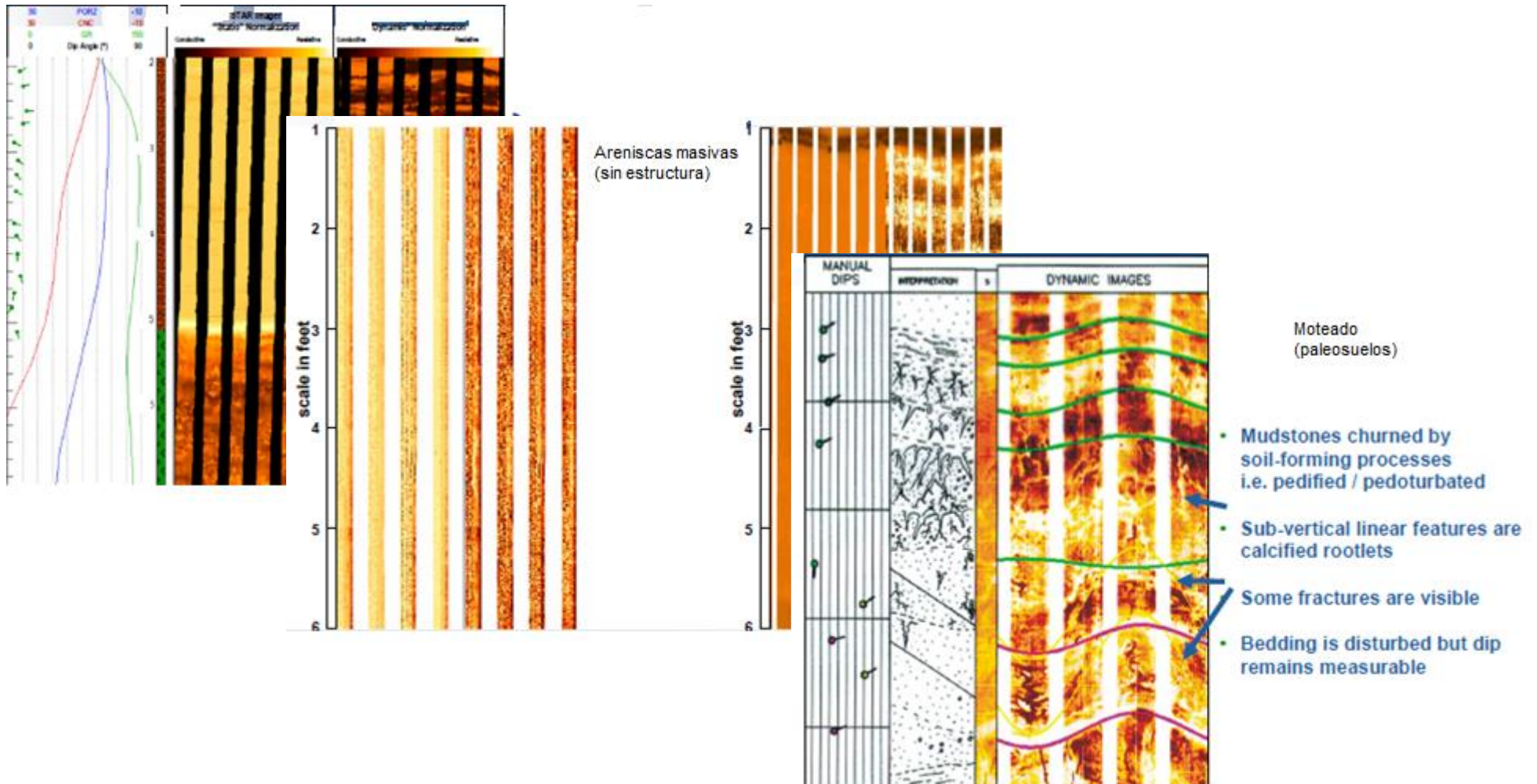


Facies y Asociaciones

- ¿Porque es importante reconocerlas?



Reconocimiento de Fabricas



Sistemas fluviales

- En general, estructuras unidireccionales con estratificación cruzada.
- Superficies delimitadas definidas.
- Canales de corte y relleno.
- Estructuras propias de abandono de canal.

Rio Senguerr. Chubut

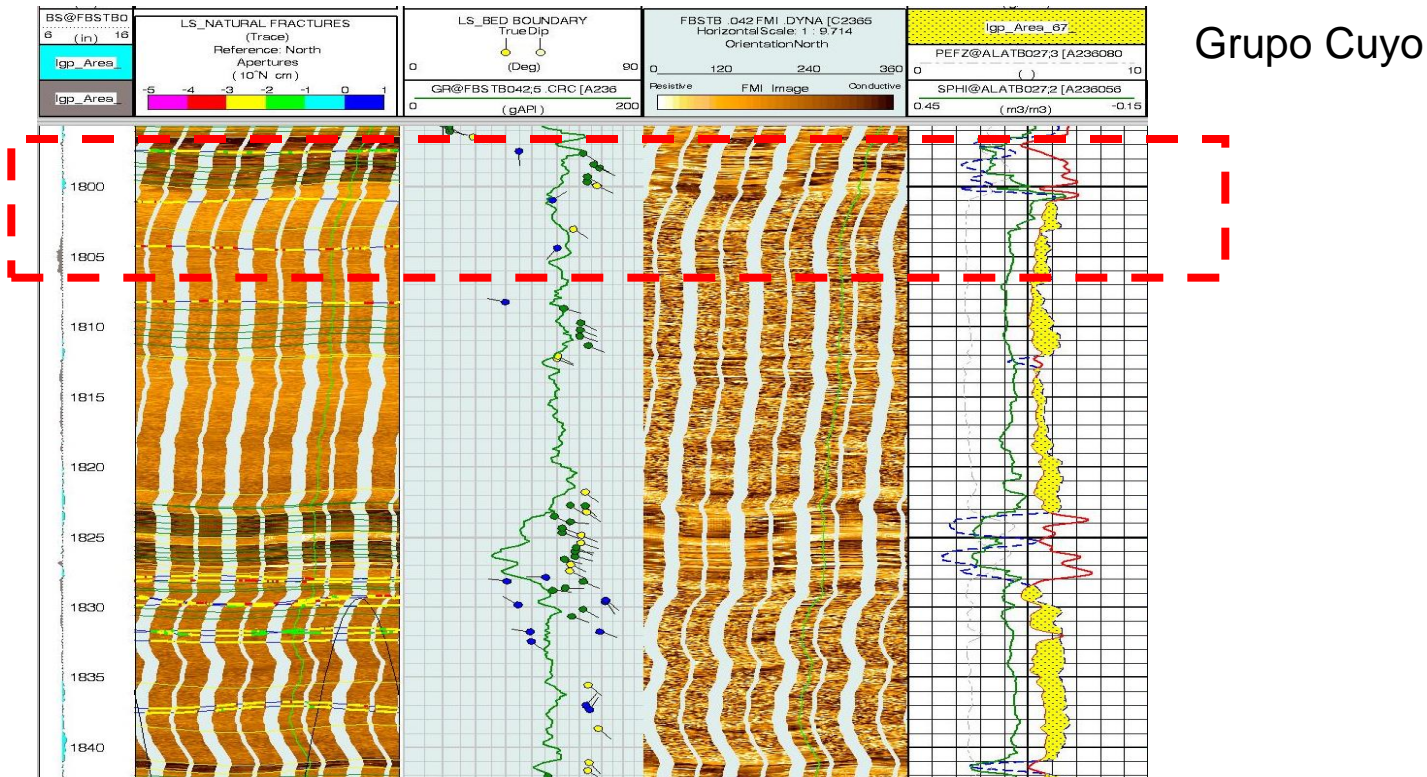


Cañadón Puerta del Diablo.. Chubut



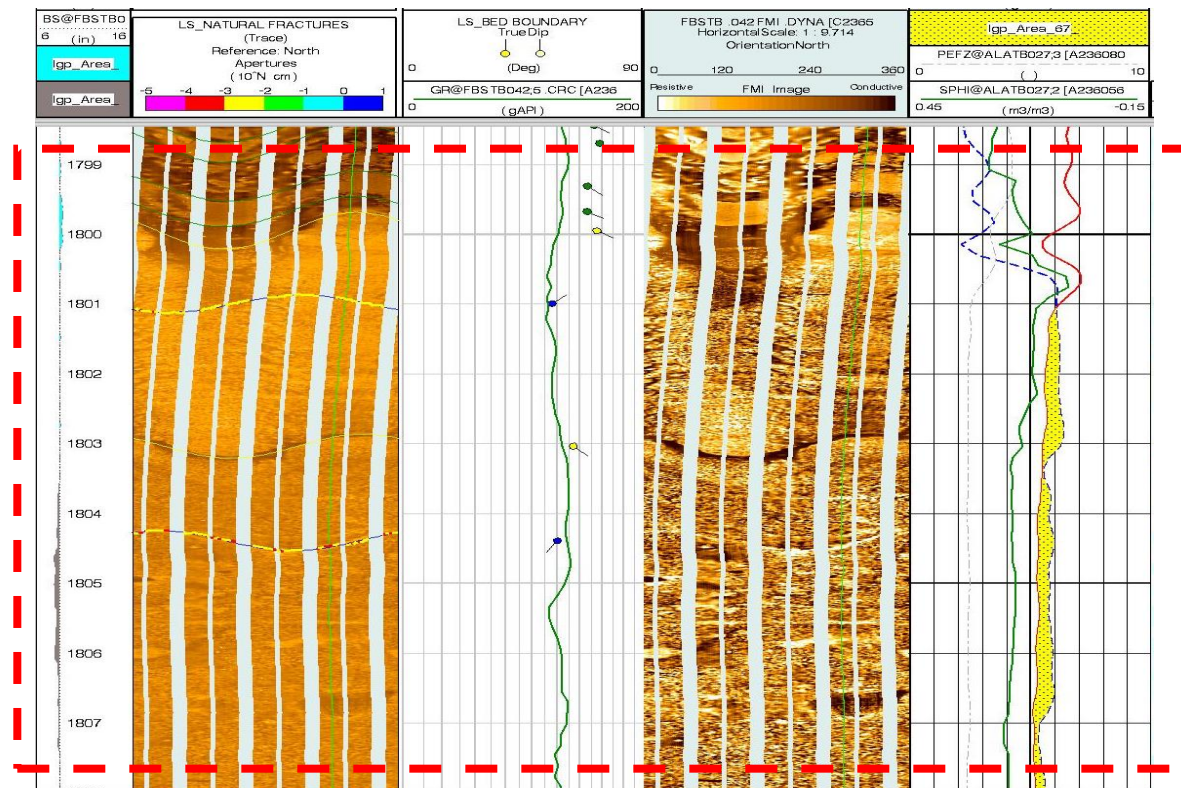
Litologías y estructuras sedimentarias

- Areniscas y Arcilitas (estructuras sedimentarias primarias)



Litologías y estructuras sedimentarias

- Areniscas y Arcilitas (estructuras sedimentarias primarias)

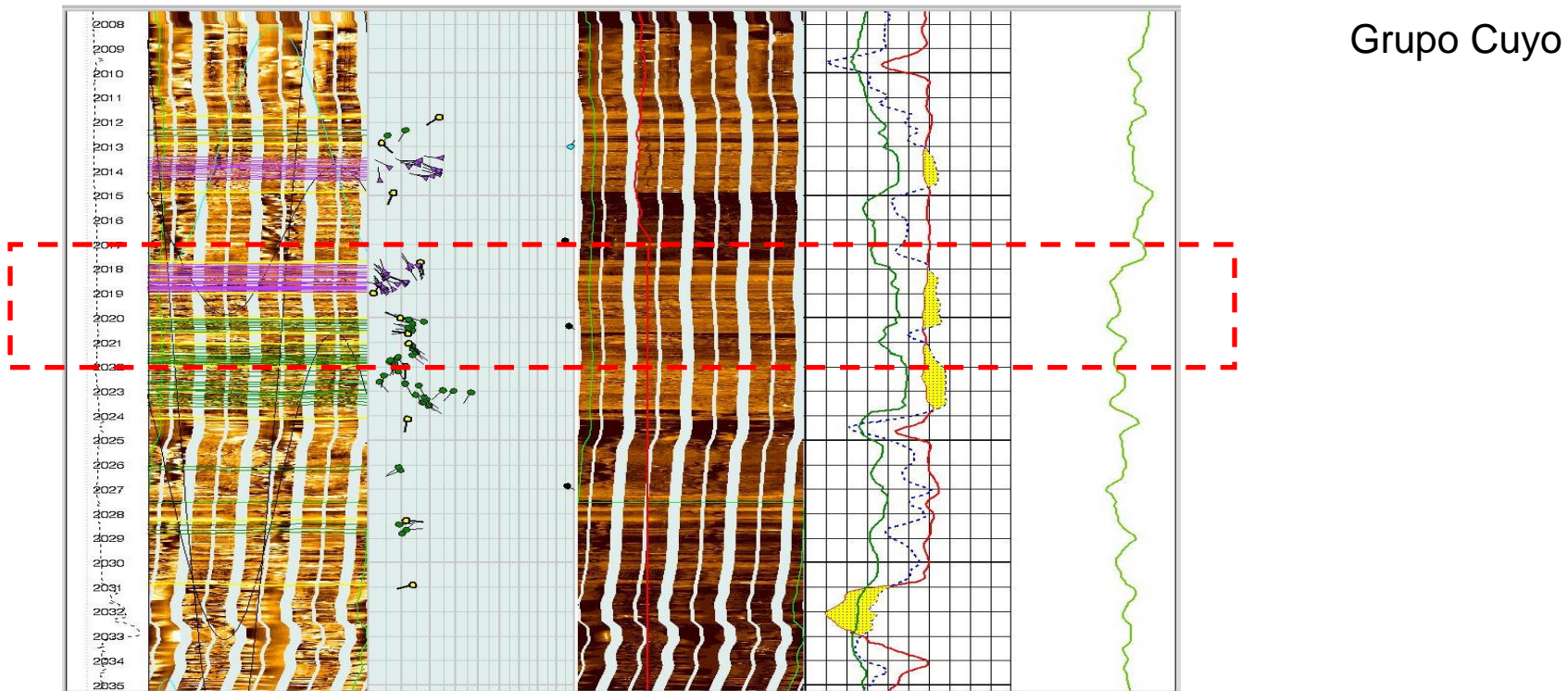


Grupo Cuyo

- Arcilitas con intercalaciones de areniscas finas
- Areniscas gruesas a conglomerádicas

Litologías y estructuras sedimentarias

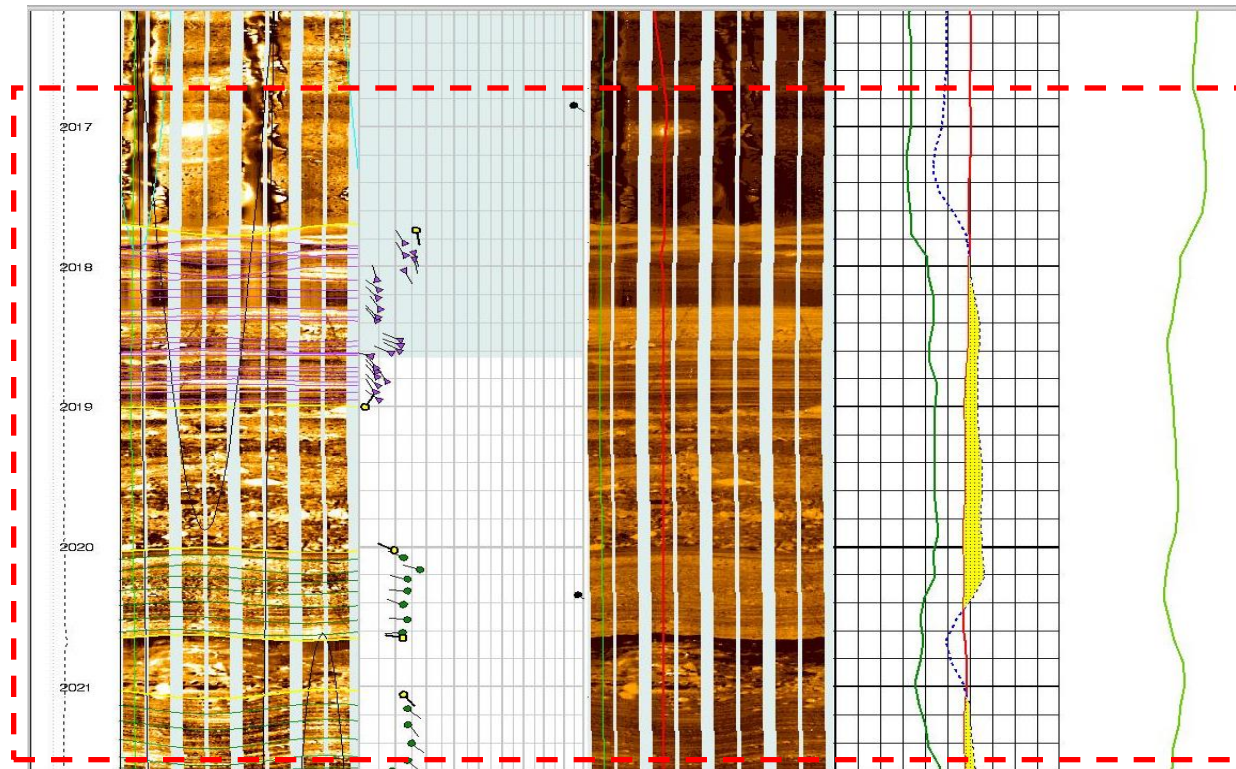
- Conglomerados – Areniscas - Arcilitas



Grupo Cuyo

Litologías y estructuras sedimentarias

- Conglomerados – Areniscas - Arcilitas

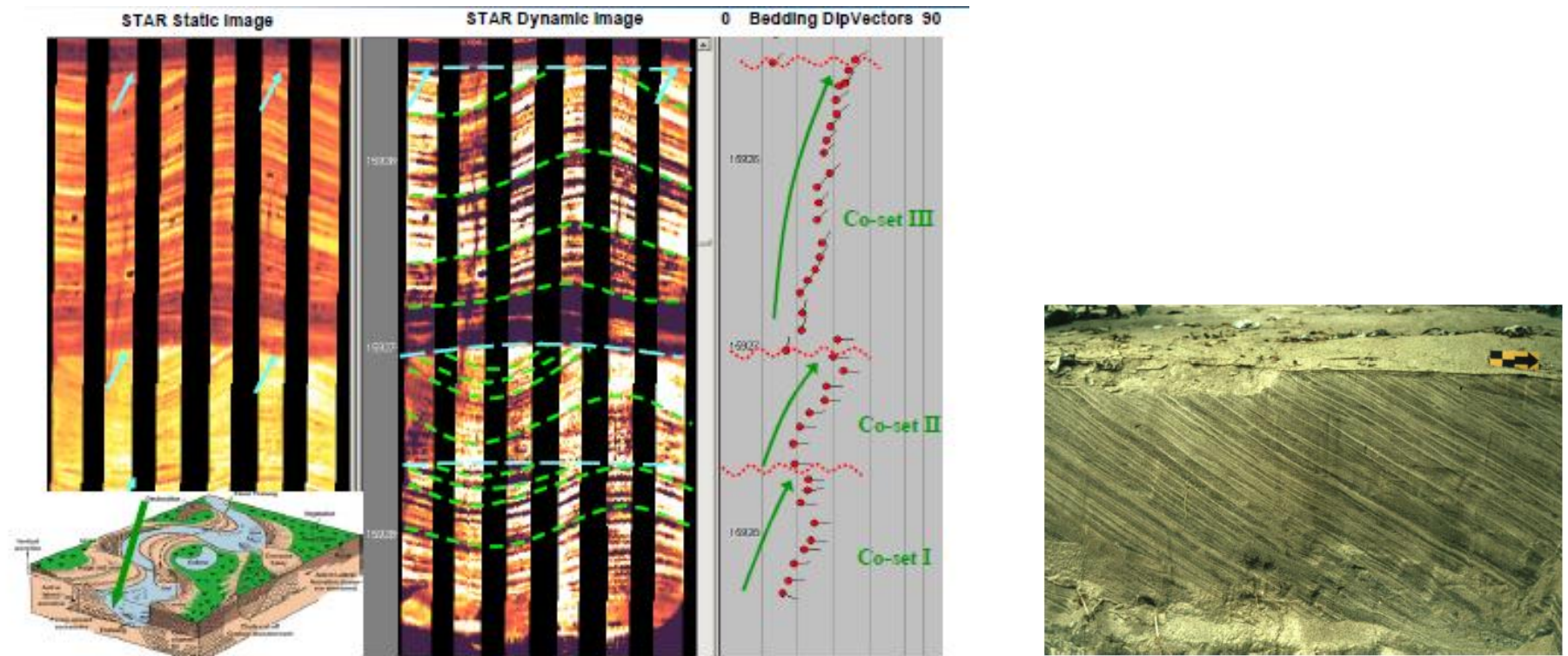


Grupo Cuyo

- D-N indica un cuerpo de posible arenisca
- Imagen muestra la variabilidad granulométrica

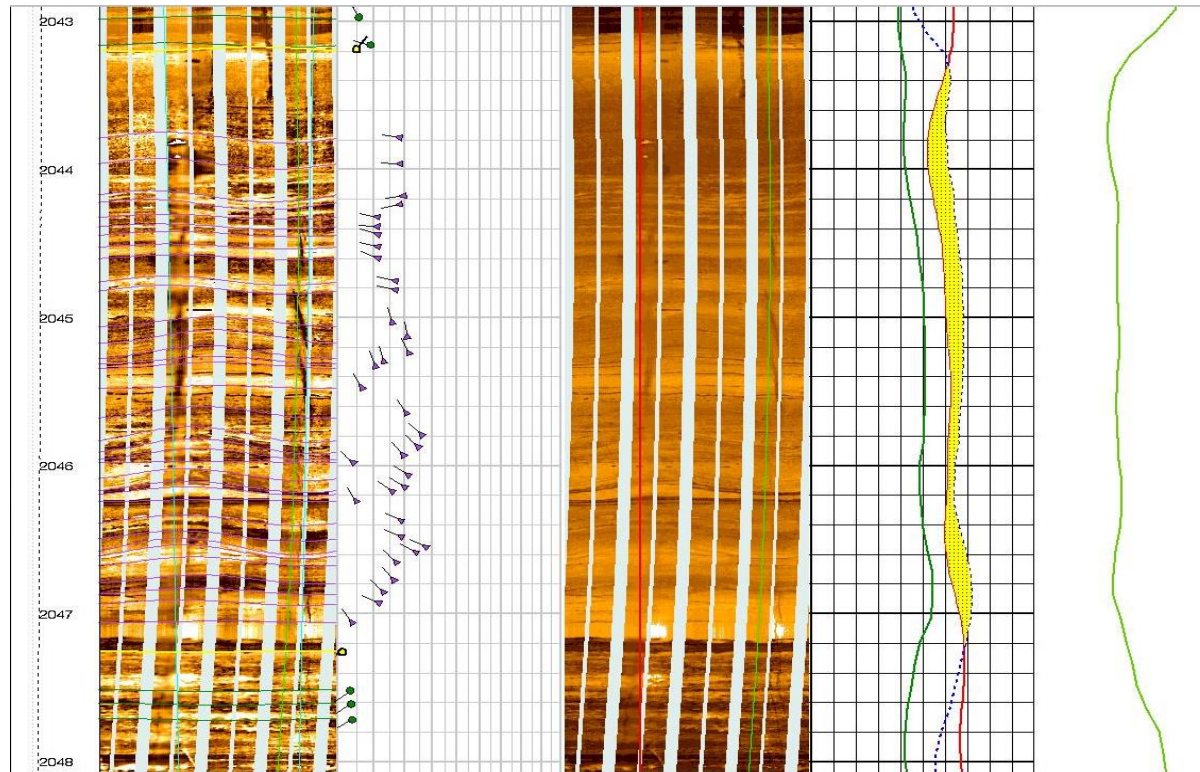
Estructuras entrecruzadas

- Reconocimiento de set y coset



Estructuras entrecruzadas

- Areniscas con estructura entrecruzada

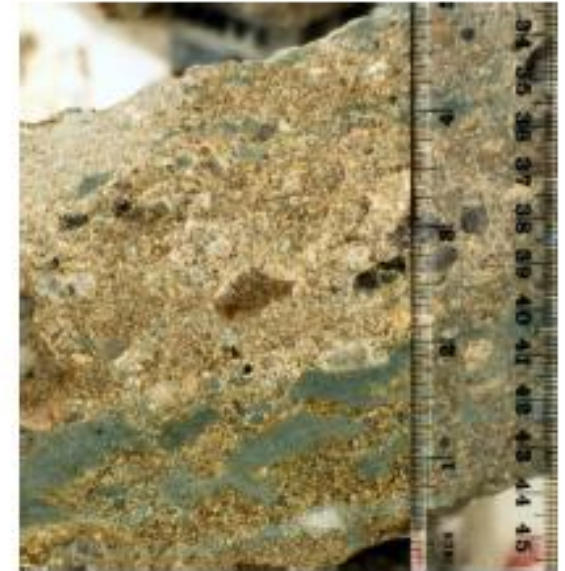
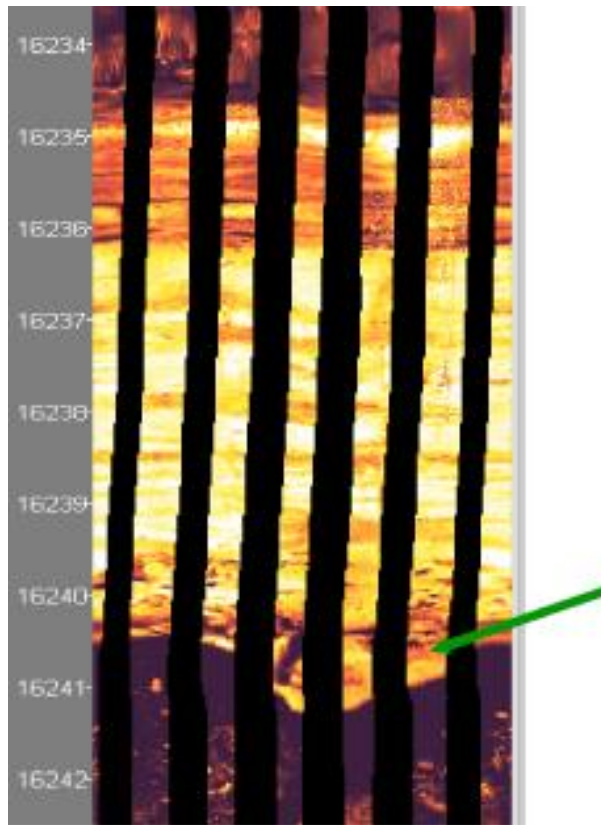


Grupo Cuyo

Areniscas con estructura entrecruzada con intercalaciones de arcilitas

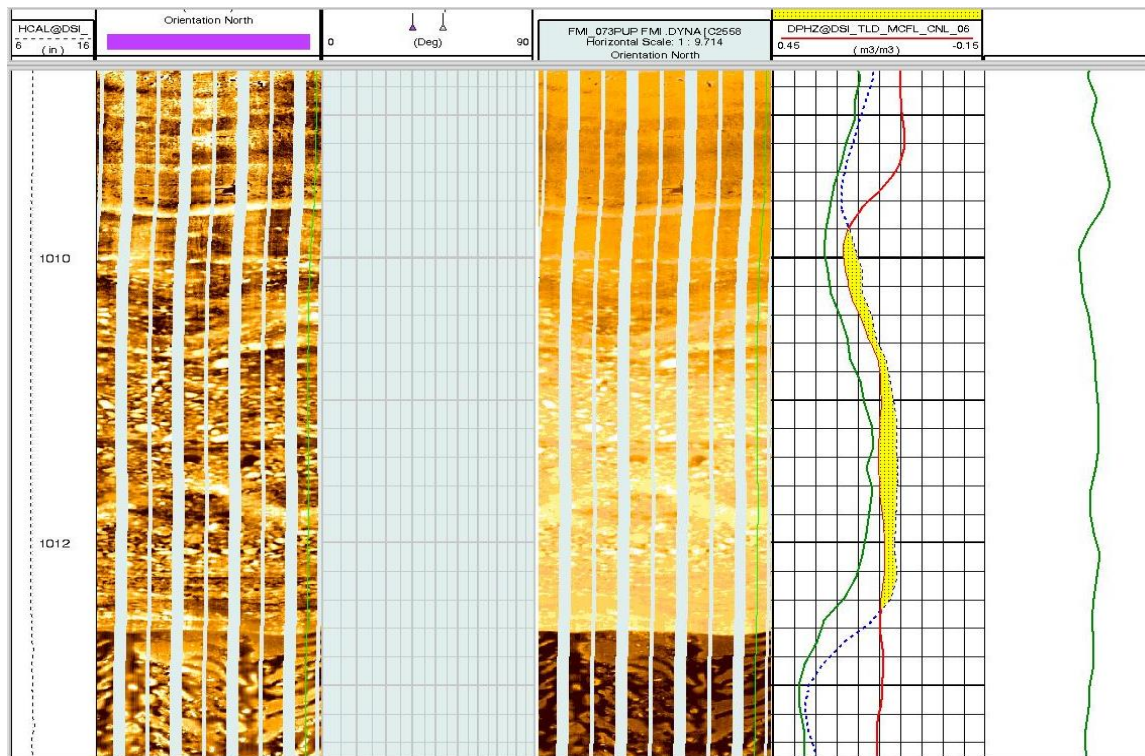
Base de canal

- Reconocimiento base erosiva y clastos.

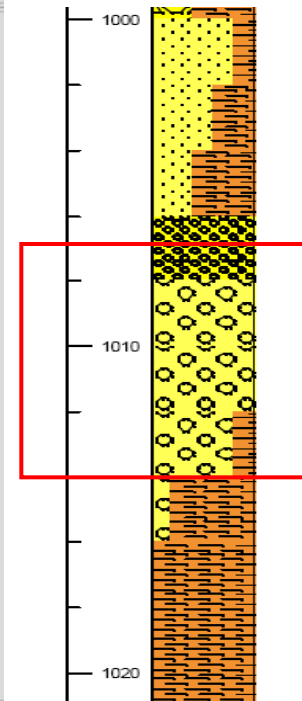


Litologías y estructuras sedimentarias

- Conglomerados y Areniscas



Grupo Neuquén



Agenda día 5

- Aplicaciones sedimentológicas en reservorios clásticos fluviales
 - Técnicas de interpretación: picado y clasificación de elementos.
 - Facies de imágenes de pozo: texturas, estructuras y artefactos.
 - **Salidas interpretadas: presentaciones, gráficos auxiliares e integración de otros datos.**

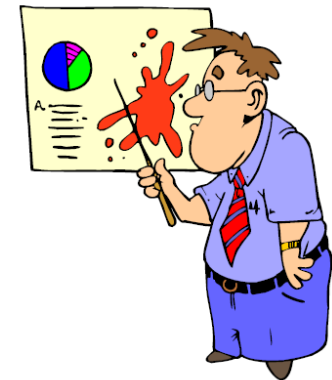
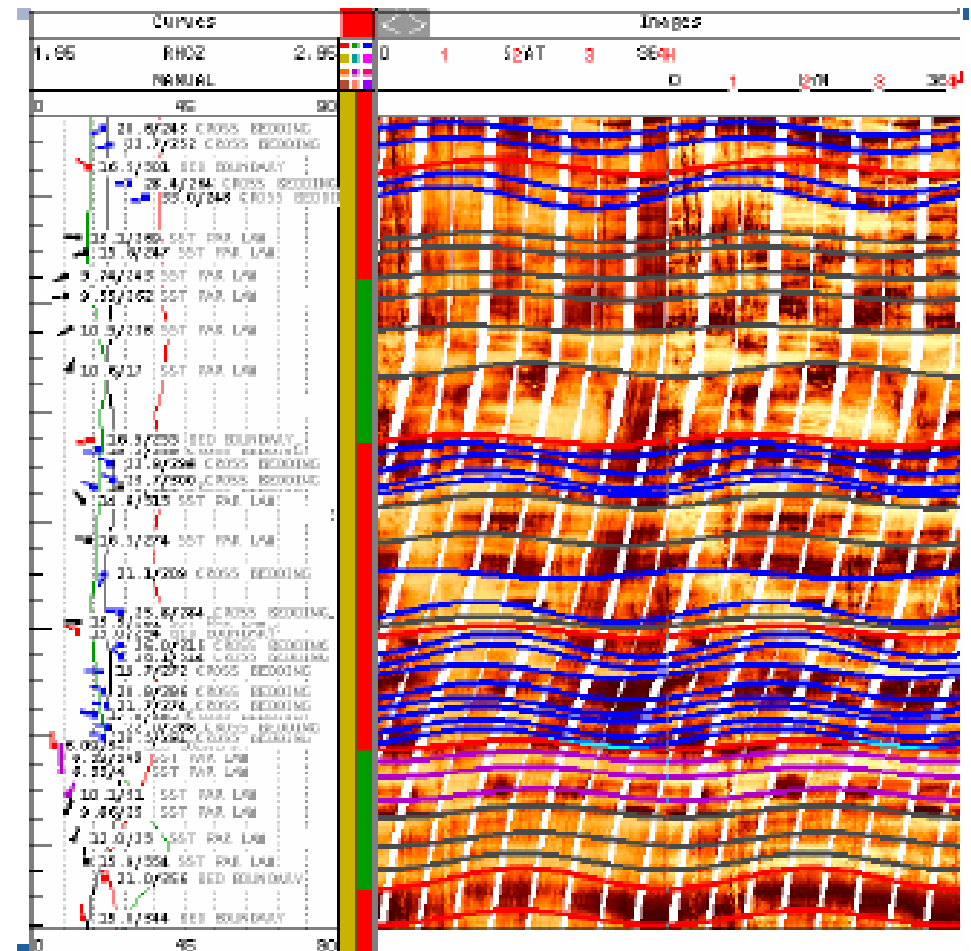


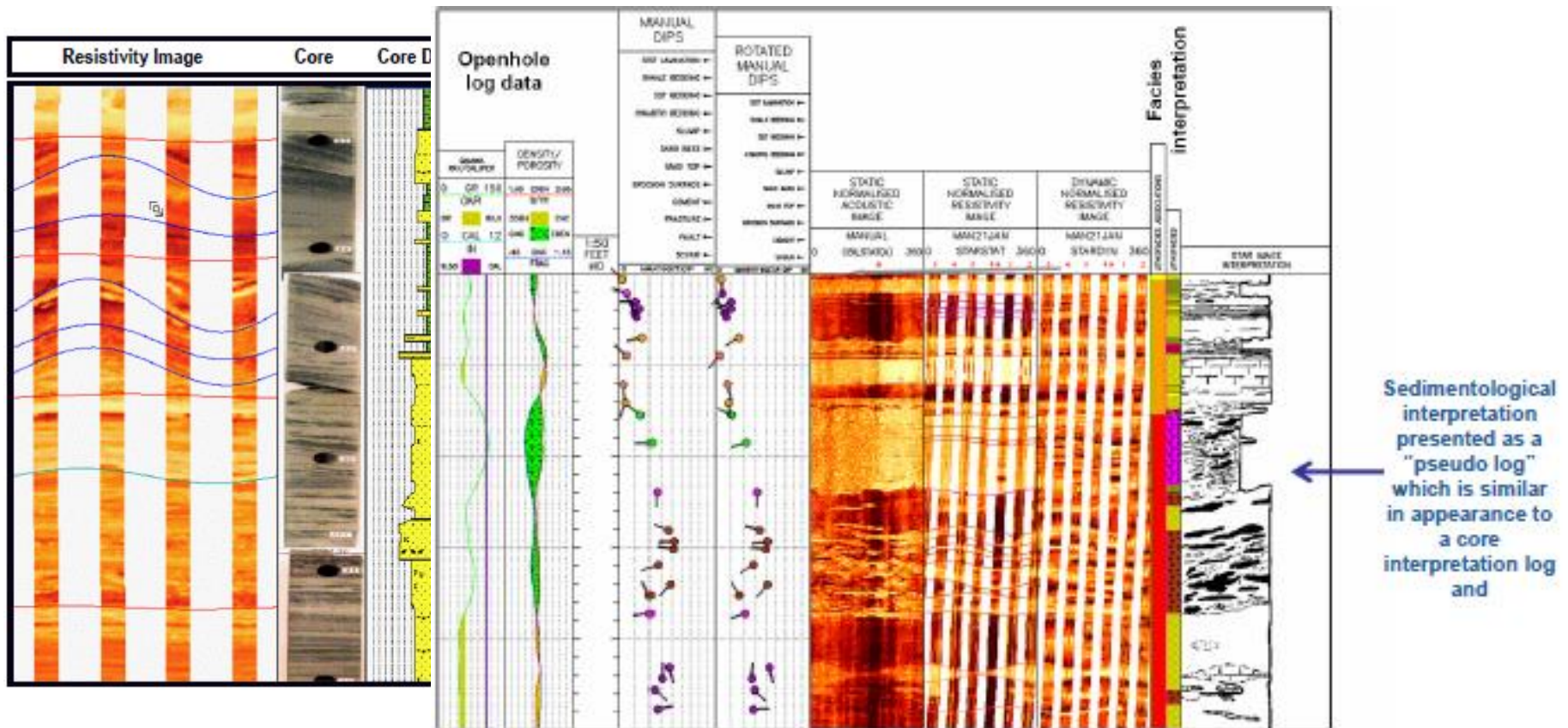
Imagen resistiva interpretada

- Se presenta el resultado del picado de los planos reconocidos en las imágenes estática y dinámica (orientación).
- Se muestra la clasificación utilizada para los planos reconocidos.
- Se identifican con colores las distintas facies basadas en texturas, elementos y fabricas reconocidas.
- Se relacionan las facies en la vertical y se reconocen las asociaciones presentes con códigos de colores.



Integración de testigos corona

- no es un testigo corona, pero puede acercarse bastante



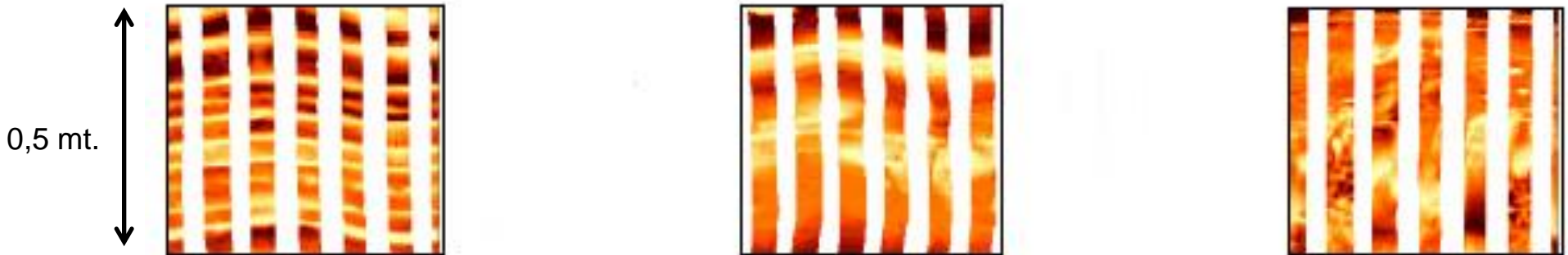
Preguntas ?????

- Ejercicio práctico

Ejercicio Practico

Las siguientes graficas corresponden a imágenes de intervalos de areniscas:

- Clasificarlas agregando el nombre de la facie y la estructura que se reconoce.
- Explicar el proceso que genera la estructura sedimentaria primaria





Preguntas frecuentes

- ¿Cuáles son los objetivos de la interpretación sedimentológica de una imagen de pozo?
- Mencione y describa el flujo de interpretación sedimentológica del registro
- ¿Por qué es importante la correcta determinación del buzamiento estructural para el análisis de las direcciones de paleocorrientes?
- Mencionar ventajas y desventajas en la comparación de imágenes de pozo y testigos corona.
- ¿Cuál es el criterio para la discriminación de facies y asociaciones de facies de imágenes de pozo?
- ¿Cuales estructuras sedimentarias primarias son las mas reconocidas en imagenes de pozo en ambientes fluviales?



Bibliografía y Referencias

- Acosta, N. (2017). Escuela de Campo de Geología: Relación Afloramientos-Subsuelo. Apuntes y Presentaciones inéditas. Fundación YPF. Programa Universidad e Industria.
- Lofts, J.C., Evans, M., Pavlovic, M., Dymmck, S. (2002). A new micro-resistivity imaging device for use in oil based mud. SPWLA Annual Conference, Oiso, Japan. Prensky, S.E. 1999. Advances in Borehole Imaging Technology and Applications. In: Lovell, M. A.
- Service Catalog. Baker Hughes Inc. (2008). 2.1 Version.
- Thompson, L. (2000). Atlas of borehole imagery. American Association Petroleum Geologists. Data Pages Discovery Series 4, Tulsa, Oklahoma, USA.